

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка автоматизированной системы управления беспилотными грузовыми транспортными средствами на основе V2X технологий
УДК 681.51-047.84:628.73-519

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Кремлев Иван Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А.В.	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Исаева Е.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	К.Т.Н.		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации автоматизированных систем, включая подсистемы управления и их программное обеспечение.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации автоматизированных систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных автоматизированных систем и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий машинного обучения, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации автоматизированных систем, устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации систем управления технологическим процессом и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в автоматизированных системах и знать области их применения, в том числе в составе безлюдного производства.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		

P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) _____
(Дата) Суходоев М.С.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8TM71	Кремлев Иван Андреевич

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы управления грузовыми беспилотными транспортными средствами на основе V2X технологий

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

28.05.2019

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Цель работы – разработка системы управления движением беспилотных транспортных средств на основе V2X технологии, а также моделирование транспортных потоков.

Результатом работы является разработанная концепция системы управления беспилотными транспортными средствами, которая может быть применима на реальном автомобиле.

Объектом разработки является система управления беспилотными транспортными средствами на основе V2X технологии.

Применение результатов данной работы позволит улучшить транспортную ситуацию на дорогах общего пользования и снизить аварийность. Прогнозом

	дальнейшего развития является улучшение и расширение разработанной системы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Обзор источников литературы по следующим тематикам: – история развития беспилотных транспортных средств; – интеллектуальные транспортные системы; – взаимодействие беспилотных транспортных средств с использованием V2X технологии. 2. Разработка концепции создания системы управления движением беспилотных транспортных средств; 3. Моделирование транспортных потоков; 4. Анализ полученных результатов.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема создания системы управления движением автономного транспортного средства
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Основная часть	Тырышкин Александр Васильевич, доцент ОАР ИШИТР, к.т.н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Исаева Елизавета Сергеевна, старший преподаватель ООД ШБИП
Раздел на иностранном языке	Пичугова Инна Леонидовна, старший преподаватель ОИЯ ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение	
Обзор источников литературы по тематике исследования	
Создание объектов инфраструктуры для организации движения беспилотных транспортных средств на основе V2X технологии	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.09.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАРИШИТР	Тырышкин А.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ71	Кремлев Иван Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8TM71	Кремлев Иван Андреевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– Тариф на электроэнергию – 5,257 руб./кВт·ч.; – Оклад студента – 2250 руб. в месяц; – Оклад руководителя проекта – 26500 руб. в месяц.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Годовая норма амортизации составляет 40 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, вводится пониженная ставка – 27,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования; – Потенциальные потребители результатов исследования; – SWOT-анализ; – Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– Контрольные события проекта; – План проекта.
3. Разработка устава научно-технического проекта	– Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты; – Специальное оборудование для научных работ; – Основная и дополнительная зарплата научно-производственного персонала; – Отчисления на социальные нужды; – Научные и производственные командировки; – Накладные расходы.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	– Оценка абсолютной эффективности исследования; – Оценка сравнительной эффективности исследования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.09.2018
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Кремлев Иван Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8TM71	Кремлев Иван Андреевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка автоматизированной системы управления грузовыми беспилотными транспортными средствами на основе V2X технологий

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Целью выполнения работы является разработка автоматизированной системы управления беспилотными транспортными средствами. Разработка будет использоваться на дорогах общего пользования.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Трудовой кодекс РФ; 2. Закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии; 3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
2. Профессиональная социальная безопасность:	1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения: – микроклимат; – шум; – освещение; – электромагнитное и электростатическое излучения.
3. Экологическая безопасность:	1. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	1. Дорожно-транспортные происшествия; 2. Возникновение пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.09.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Исаева Елизавета Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Кремлев Иван Андреевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность) 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования магистратура

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	28.05.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
20.05.19	Социальная ответственность	20
28.05.19	Основная часть	60

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А.В.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

беспилотный автомобиль: Транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека.

vehicle-to-everything (V2X): Система беспроводной связи, в которой выделяют несколько систем: автомобиль-автомобиль (vehicle-to-vehicle, V2V), автомобиль - инфраструктура (vehicle-to-infrastructure, V2I), автомобиль-пешеход (vehicle-to-pedestrian, V2P), автомобиль - электросеть (vehicle-to-grid, V2G), а также автомобиль - устройство (vehicle-to-device, V2D).

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.

интеллектуальная транспортная система: система, которая создается на основе интеграции методов автоматизации, управления и контроля транспортом, коммуникационных и информационных технологий, транспортных средств, ориентированных на повышение безопасности дорожного движения и эффективности транспортных потоков.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

DSRC – Dedicated Short Range Communication;

RDS-TMC Radio Data System – Traffic Message Channel (Канал автодорожных сообщений);

SAE – Society of Automotive Engineers;

V2X – Vehicle-to-everything;

ИТС – интеллектуальная транспортная система.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 150 страниц, 30 рисунков, 34 таблицы, 37 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: беспилотные автомобили, vehicle-to-everything, vehicle-to-vehicle, vehicle-to-infrastructure, интеллектуальная транспортная система, connection car.

Объектом исследования являются беспилотные транспортные средства.

Цель работы – разработка системы управления движением беспилотных транспортных средств на основе V2X технологии.

В процессе исследования проводилась разработка концепции системы управления беспилотными транспортными средствами, а также моделирование транспортных потоков.

В результате исследования была разработана концепция системы управления беспилотными транспортными средствами, которая может быть применима на реальном автомобиле.

Область применения: автомобильные дороги общего пользования.

Прогнозом дальнейшего развития является улучшение и расширение разработанной системы.

Содержание

Введение.....	15
1 Обзор источников литературы по тематике исследования	17
1.1 История развития беспилотных транспортных средств	17
1.2 Интеллектуальные транспортные системы.....	27
1.3 Взаимодействие беспилотных транспортных средств с использованием V2X технологий	32
2 Концепция создания системы управления движением беспилотных транспортных средств.....	36
2.1 Структура интеллектуальной транспортной системы	36
2.2 Концепция проектируемой системы управления движением беспилотного транспортного средства на основе V2X технологий	38
2.3 Архитектура сети и состав системы автономного вождения с использованием V2X технологии	45
3 Моделирование транспортных потоков.....	47
3.1 Выбор средства моделирования транспортных потоков	47
3.2 Процесс создания модели транспортных потоков	51
3.3 Анализ полученных результатов.....	64
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	75
4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	75
4.1.1 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	75
4.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования	76
4.1.3 SWOT-анализ	77
4.1.4 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	79
4.2 Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок.....	81
4.2.1 Контрольные события проекта.....	81
4.2.2 План проекта	82
4.2.3 Определение трудоемкости выполнения работ	83
4.2.4 Разработка графика проведения научного исследования.....	84

4.3	Разработка устава научно-технического проекта	88
4.3.1	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	88
4.3.2	Специальное оборудование для научных работ	90
4.3.3	Основная и дополнительная зарплата научно-производственного персонала	90
4.3.4	Отчисления на социальные нужды	93
4.3.5	Научные и производственные командировки.....	94
4.3.6	Накладные расходы	95
4.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	96
4.4	Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	97
4.4.1	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	97
4.4.2	Оценка абсолютной эффективности исследования	99
5	Социальная ответственность	105
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	106
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	106
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	108
5.2	Профессиональная социальная безопасность	109
5.2.1	Отклонение показателей микроклимата.....	110
5.2.2	Превышение уровня шума	112
5.2.3	Отсутствие или недостаток естественного света	113
5.2.4	Электромагнитное и электростатическое излучения.....	114
5.3	Экологическая безопасность.....	116
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	117
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	117
5.4.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	119
	Список публикаций.....	124
	Список использованных источников	125

Приложение А. Creation of infrastructure for autonomous vehicles based on V2X communication	130
---	-----

Введение

В настоящее время автомобильная индустрия претерпевает существенные изменения: ввиду развития техники и прогресса в сфере информационных технологий одной из наиболее актуальных задач является создание беспилотных транспортных средств, в том числе беспилотных автомобилей. Одной из ключевых систем беспилотного транспортного средства является автопилот – программно-аппаратный комплекс, позволяющий осуществлять перемещение транспортного средства по заданной траектории.

С каждым годом все больше компаний заявляют о разработках собственных автоматизированных транспортных средств. В настоящий момент автономные системы управления транспортом учитывают не только инфраструктурные данные (дороги, разметку, светофоры и пр.). Это огромные компьютеры, которые имеют множество камер, датчиков, сканеров, могут моментально обрабатывать информацию и принимать решение о маневрировании, исходя из конкретной обстановки на дороге. Конечно, чем лучше качество дорог и разметки, и чем более предсказуемы действия других водителей (имеется в виду движение с учетом ПДД), тем безопаснее будет движение беспилотного автомобиля.

В настоящей работе рассматривается создание автоматизированной системы управления грузовыми беспилотными автомобилями на основе V2X технологий. В первой главе проведен обзор источников литературы по автоматизированным транспортным средствам, а также V2X технологиям. Во второй главе описываются теоретические основы создания автоматизированных систем управления беспилотными автомобилями. В третьей главе описываются особенности реализации предложенных методов, а также проводится серия модельных экспериментов. В четвертой главе проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности. В пятой главе проведен анализ на выявление опасных и вредных факторов рабочего места

инженера, разработаны меры по снижению воздействия этих факторов на человека, а также рассмотрены вопросы по производственной санитарии, технике безопасности, пожарной безопасности, охране окружающей среды.

Целью работы является создание автоматизированной системы управления беспилотными автомобилями на основе V2X технологии. Научная и практическая новизна, а также значимость данной работы заключается в том, что такая система может быть полностью или частично применена в потенциально возможной экосистеме беспилотных автомобилей.

1 ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМАТИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 История развития беспилотных транспортных средств

Беспилотным называется транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, способное передвигаться без участия человека (пилота).

Беспилотные автомобили получили активное развитие в последние несколько лет. Но если погрузиться в историю вопросов автоматизации транспортных средств, то можно найти достаточное количество научных исследований и работ, в большинстве из которых рассматривались отдельные автоматизированные системы. В частности, в СССР теоретическими вопросами автоматизации транспортных средств занимались Ветлинский В.Н. и Осипов А.В.

В кандидатской диссертационной работе 1968 года Юрчевский А.А. упоминает термин «автоводитель» для обозначения системы автоматического управления движением автомобиля. Автор проводит натурный эксперимент для обеспечения автоматического движения автомобиля ГАЗ-21 «Волга» по заданной траектории на дорожном участке аэродрома.

В результате проведенных испытаний был сделан вывод о том, что транспортное средство не может быть использовано для движения по заданной траектории без участия человека [1]. Это было связано с трудностями определения положения автомобиля на дороге, невозможностью оптимизации скорости движения в зависимости от кривизны траектории и других причин. На тот момент уровень техники не позволял решать вышеперечисленные задачи.

В начале 1980-х годов Эрнст Дикманс, один из пионеров компьютерного зрения и беспилотных автомобильных технологий, оснастил фургон Mercedes-Benz телематикой. 5-тонный фургон был переконфигурирован таким образом, что рулем, дроссельной заслонкой и

тормозами можно было управлять с помощью компьютерных команд, основанных на оценке последовательности изображений в режиме реального времени. Было написано программное обеспечение, которое переводило данные датчиков в соответствующие управляющие команды. Из соображений безопасности, первые эксперименты проводились на улицах без движения.

В 1986 году автомобиль RobotCar «VaMoRs» смог ездить полностью автономно, а к 1987 году Дикмансу удалось разогнать его до 96 километров в час при управлении автопилотом.

Основной проблемой, вставшей перед Дикмансом и его командой, стал недостаток мощностей компьютеров. В то время компьютеры были не просто намного медленнее, чем сейчас: скорость обработки данных компьютеров 1980-х гг. составляла примерно 1% от 1% скоростей нынешней техники. Поэтому для реагирования в реальном времени необходимы были сложные стратегии компьютерного зрения. Команда Дикманса справилась с этой проблемой, разработав подход, при котором компьютеру не нужно было хранить предыдущие изображения для оценки всех трехмерных компонент положения, а также скорости.

В 1986-87 годах была запущена программа Прометей (PROMETHEUS, от Programme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety, «Программа для европейского трафика с высокой эффективностью и беспрецедентной безопасностью»). Первоначально инициаторы программы собирались использовать скрытые кабели, но Дикманс предложил машинное зрение. В проекте приняли участие большинство крупных автомобильных компаний. В следующие 7 лет был достигнут значительный прогресс: роботы Дикманса научились ездить в разных условиях, водители, контролировавшие машины с автопилотом, убедились, что робот не может выйти из-под контроля и стать опасным, а с 1992 года автопилот стали испытывать на общественном транспорте.

В 1994 году состоялась заключительная презентация проекта, на которой переоборудованные Дикмансом из Mercedes-Benz S-Class автомобили Daimler-Benz (VITA-2) и UnBwM (VaMP) проехали более 1000 километров с гостями на борту по трехполосному шоссе со скоростью до 130 км/ч при стандартном трафике. Автомобили маневрировали и совершали обгоны, но все маневры утверждались присутствовавшим на борту страховым водителем.

Год спустя Mercedes проехал 1758 километров, достигнув на шоссе скорости свыше 175 км/ч. Не весь путь автомобиль проехал без вмешательства пилота, самый длинный полностью автономный отрезок пути составил 158 километров (и это в 1995 году!). Особенно впечатляет, что в системе использовались черно-белые видеокамеры, и автомобиль не мог распознать, например, желтую разметку по цвету. 95% дороги автомобиль двигался полностью автономно [2].

Существенным стимулом для развития рассматриваемого направления за рубежом послужила серия соревнований автомобилей-роботов – DARPA Grand Challenge, финансируемая агентством передовых оборонных исследовательских проектов правительства США DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), целью которых являлось создание полностью автономных автотранспортных средств [3].

Первым финишировал автомобиль Junior Стэнфордского университета, однако, он допустил ряд ошибок при выполнении заданий и занял лишь второе место – первое место по очкам было присуждено роботу Boss, созданному на базе внедорожника «Chevrolet Tahoe» исследователями из университета Карнеги-Меллон при участии корпораций General Motors, Caterpillar и Continental.

Ввиду того, что кампания Google являлась спонсором и участником команды Стэнфордского университета, выступавшего на соревнованиях DARPA Grand Challenge 2007 с автономным ATC Junior (рисунок 1) и занявшего второе место, то дальнейшее развитие технологий автономных

АТС в США сконцентрировалось вокруг коммерческого проекта кампании Google, в рамках которого была создана отдельная лаборатория Google[x] с задачей разработать технологию полностью автономного автомобиля (GoogleSelf-DrivingCar).



Рисунок 1 – Автомобиль Junior на DARPA Grand Challenge

Концепция проекта Google сводится к разработке технологии автопилота для последующей продажи автопроизводителям.

В феврале 2008 года был запущен проект HAVEit (Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport — Высокоавтоматизированные автомобили для интеллектуального транспорта). В июне 2011 года на итоговой презентации проекта концерн Volkswagen представил систему автопилота для автомобилей TAP – Temporary Auto Pilot [4]. Автомобили, оборудованные TAP (рисунок 2), способны перемещаться по автомагистралям со скоростью до 130 км/ч без участия человека.

При этом автомобиль соблюдает безопасную дистанцию до впереди идущего автомобиля, поддерживает заданную скорость и корректирует ее в случае необходимости, а также соблюдает рядность движения и

самостоятельно останавливается, начинает движение в пробках, а также осуществляет адаптивный круиз-контроль.



Рисунок 2 – Автомобиль проекта HAVEit от Volkswagen

Система может распознавать знаки ограничения скорости и запрещения обгона. Водитель может отключить систему и взять на себя управление автомобилем в случае необходимости. Авторы проекта предполагают, что использование ТАР позволит не только уменьшить степень участия человека в управлении транспортным средством, но и снизить число аварий и ущерб, наносимый окружающей среде.

Разработкой беспилотных автомобилей занимается также компания Ford Motor Company, которая предполагает наладить серийный выпуск продукции к 2021 году. На текущий момент беспилотные автомобили компании имеют возможность перемещаться в темное время суток и при падении снега. Тестирование автомобилей будет проходить в специальных испытательных центрах в Великобритании и Германии, возможно также проведение испытаний на дорогах общего пользования [5].

Тот же срок создания беспилотных автомобилей обозначили компании BMW, Intel и Mobileye, занимающиеся разработкой собственного проекта. Toyota Motor Company планирует завершить разработку системы, позволяющей автомобилю автономно передвигаться по дорогам общего

пользования к 2020 году. В России разработкой беспилотных автомобилей занимаются компания Яндекс. АВТОВАЗ также не исключает возможности внедрения технологий беспилотного управления в выпускаемую продукцию.

Ещё в 2014 году всемирное сообщество автомобильных инженеров в ходе разработки стандарта SAE обнародовало определение «уровень автономного управления транспортным средством». Эта градация подразумевала шестиуровневую систему эволюции беспилотных движущихся систем в будущем. В 2016 году сообщество NHTSA усовершенствовало, приняло и опубликовало уровни автономности беспилотных автомобилей по стандарту SAE, которые принято считать на сегодня официальной градацией.

Современная градация подразумевает деление беспилотных автомобилей на шесть категорий, которые маркируются цифрами от 0 до 5, с ранжированием по критерию вмешательства человека в систему управления транспортным средством. Рассмотрим подробно каждый из уровней.

Стандартные автомобили, которыми управляет современный человек, встречаемые на автотрассах, почти в стопроцентном объёме относятся к нулевому уровню автономности. Согласно стандарту, этот уровень имеет название «отсутствие автоматизации», так как практически все действия по управлению машиной осуществляются непосредственно человеком, даже если автомобиль оборудован современными системами предупреждения об опасности или конструкцией непредвиденного торможения.

Первый уровень автоматизации градуирует транспортные средства, модифицированные современными системами, которые помогают водителю при парковке, имеют функцию круиз-контроля и тому подобное. В этом случае автовладелец действительно в некоторых ситуациях может положиться на компьютеризованное самоуправление машины, однако, регулировка скорости, ускорения или торможения остаётся прерогативой водителя.

Второй уровень, или «фрагментарная автоматизация» – это ранг самоуправляемости машины, который до недавнего времени был фантастикой, однако, сегодня уже является реальным достижением инженеров и технологов автомобилестроения. Ко второму уровню относится автотранспорт, модифицированный ультрасовременными режимами, при которых в определённых ситуациях машина может взять функцию управления на себя, включительно с педалями и рулём, однако, контроль над функционированием должен осуществлять человек. Частичное самоуправление автомобиля компьютеризированными системами позволяет водителю отвлечься на непродолжительное время от непосредственного управления машиной. Именно машины этого уровня сейчас соревнуются за звание «лучшего самоуправляемого автотранспорта».

К третьему уровню предусматривается причисление автотранспорта, который способен реагировать самостоятельно на динамические изменения на автотрассе, поменять полосу движения, прореагировать на препятствие, при этом автовладелец в любое мгновение сможет принять процесс управления на себя. Выход автотранспорта этой категории в эксплуатацию возможен примерно через пять лет, однако, учитывая его высокую опасность, производители пытаются пропустить этот ранг, переходя сразу на четвёртую ступень автоматизирования.

Автономность масштабного или четвёртого уровня самоуправления автотранспорта предусматривает выпуск машин, которые способны самостоятельно передвигаться по шоссейным дорогам, не требуя помощи водителя, при этом человек в любой момент, как и в предыдущих случаях, может взять управление на себя. Несмотря на высокий уровень автономности, машины этого ранга могут требовать помощи водителя в ситуациях, когда сталкиваются с чем-либо «неизвестным» или «нераспознанным», а также на участках дороги сложной категории. Автомобили четвёртого уровня на сегодня относятся к машинам будущего, а

их выход в свет планируется не ранее, чем через восемь лет, хотя некоторые разработчики прогнозируют их появление уже в 2021 году.

Беспилотные машины – это транспорт, который подразумевает автоматический перевод водителя в категорию пассажира. Тестовые, абсолютно беспилотные модели должны, по прогнозам, появиться примерно в 2030 году. Предусматривается, что такой автотранспорт абсолютно не будет нуждаться в человеческом интеллекте, а модели смогут даже выпускаться без наличия руля. В нынешнее время пока такой автотранспорт остаётся пределом мечтаний, однако, мировые автопроизводители уверенно стремятся добиться фантастических результатов. Главным требованием автопроизводителей к машинам такого уровня является не только возможность транспорта передвигаться по определённому маршруту, но и гарантировать безопасность участникам движения [6].

Совокупность технического зрения, системы управления и навигации определяет способность автомобиля к самоуправлению. Современные беспилотные авто имеют на своем борту такое количество техники, что создается эффект полного присутствия человека и его участия в принятии решений о скорости, маршруте и действиях в экстренных ситуациях.

Интегрированные навигационные системы позволяют определить локацию авто и оптимальный маршрут до точки назначения. При этом учитываются информация о пробках (через Интернет), ограничения по скорости на различных участках дороги и т.д.

Высокочувствительные датчики отвечают за распознавание транспортных средств, идущих впереди. Данные поступают в бортовой компьютер, и беспилотник моментально реагирует на любые изменения на пути (резкое торможение передней машины, выскочивший на проезжую часть пешеход и т.д.)

Оптический дальномер LIDAR устанавливается на крыше автомобиля и вращаясь сканирует пространство в радиусе до 100 м. Полученная информация обрабатывается и вместе с данными из навигационной системы

трансформируется в трехмерную карту, которая используется для составления маршрута следования.

Внутренние камеры монтируются на ветровом стекле и помогают распознавать цветовые сигналы светофоров, объекты, которые приближаются на потенциально опасное расстояние. Причем их зрение не страдает в темное время суток.

Все эти встроенные сенсоры, камеры, радары и системы спутниковой связи помогают автомобилям передвигаться полностью самостоятельно, в соответствии с правилами дорожной безопасности.

К преимуществам беспилотных транспортных средств относится:

- сведение к минимуму количества ДТП и минимизация человеческих жертв на дорогах;
- значительная экономия на оплате труда водителей, которые перевозят грузы и пассажиров;
- эффективная эксплуатация дорог благодаря централизованному управлению потоком транспорта;
- снижение количества частных автомобилей за счет систем в формате каршеринга;
- расширение возможностей передвижения для людей, не имеющих водительских прав, инвалидов, несовершеннолетних;
- экономия времени, возможность отдыхать или выполнять работу в транспорте во время поездки;
- полное исключение человеческого фактора при перевозке особо опасных грузов, выполнении заданий в местах боевых действий и катастроф.

Автономные транспортные средства в будущем повлияют на многие индустрии. Военные смогут применять автономные транспортные средства для перевозки грузов в опасных зонах. Отсутствие водителя позволяет избежать рисков для жизни солдат в местах, где возможны вражеские обстрелы и диверсионная деятельность.

За счёт использования беспилотных тракторов и другой сельскохозяйственной техники фермеры повысят эффективность бизнеса. Один оператор (вместо водителя) будет контролировать работу сразу нескольких тракторов или комбайнов, что ускорит процесс сбора урожая и другие сельскохозяйственные работы.

Правоохранительные органы смогут использовать автомобили без водителя для патрулирования. Например, в Дубае уже планируют использовать беспилотные полицейские машины, оснащённые камерами, средствами машинного обучения и 3D-технологиями наблюдения для патрулирования улиц города.

Одно из преимуществ автономных автомобилей заключается в том, что они помогут сократить число дорожно-транспортных происшествий и несчастных случаев. Это влечёт за собой и снижение количества выплат страховых премий. Вообще, страховая отрасль сильно пострадает из-за уменьшения количества рабочих мест, связанных с вождением автомобиля. Речь идёт о таких профессиях как водители автобусов, троллейбусов, трамваев и такси.

Автономные транспортные средства окажут очень большое влияние на индустрию логистики, поскольку снизят количество ДТП и повысят продуктивность водителей. Последние, которых уже следует называть операторами, а не водителями, во время поездки смогут работать над другими задачами. Эффективность расхода топлива также повысится, ведь автономные транспортные средства способны выбирать наиболее оптимальные маршруты и скорость движения.

Одной из сложностей перехода на автономные автомобили является стандартизация. Поскольку разные производители используют различные технологии беспилотного вождения, необходимы общепринятые стандарты. В целом, стандартизация транспортных средств с целью их безопасного применения имеет первостепенное значение.

В целом, технологии беспилотного вождения быстро развиваются. Однако противоречивые правила в отношении выработки стандартов и законодательного регулирования могут замедлить прогресс. Конфликты между законами и стандартами различных стран являются тем препятствием, которое необходимо устранить, лишь тогда новые технологии будут совместимы не только локально, но и глобально. В настоящее время эта проблема не решена.

1.2 Интеллектуальные транспортные системы

С развитием технологий современные транспортные средства все реже являются одиночными автомобилями и все чаще интегрируются в интеллектуальную транспортную среду.

Системы, которые создаются на основе интеграции методов автоматизации, управления и контроля транспортом, коммуникационных и информационных технологий, транспортных средств, ориентированных на повышение безопасности дорожного движения и эффективности транспортных потоков, называются интеллектуальными транспортными системами (ИТС) [7].

Интеллектуальность данных транспортных систем заключается в возможности получения оперативных решений в максимально сжатые сроки, в течение которых человек не может выработать решение, и в возможности решения комплексных задач, которые не могут быть решены человеком ввиду их сложности.

Первые интеллектуальные транспортные системы появились в начале 1980-х годов в Японии и США, а в 1990-х годах и в европейских странах, когда Еврокомиссия приняла концепцию развития ИТС [8]. Таким образом, в мире было образовано три крупнейших центра развития ИТС: Азиатско-Тихоокеанский регион, где наибольшее развитие проходило в Японии, Южной Корее, Китае, Австралии, Новой Зеландии и Малайзии; европейская часть (Германия, Нидерланды, Швеция) и американская часть (США,

Канада). Глобальный рынок интеллектуальных транспортных систем формируется именно в данных мировых регионах.

Международной организацией стандартизации ISO осуществляется международная стандартизация технологий ИТС на общем уровне (мировой уровень - основная часть процессов, функций, интерфейсов, протоколов обмена данными, требований к оборудованию и другим аспектам ИТС). Технический комитет ISO / TC 204 отвечает за общемировые вопросы и инфраструктурные аспекты внедрения ИТС, а также за координацию общей программы работы ISO в этой области, включая график разработки стандартов, с учетом работы существующих международных органов по стандартизации.

Япония в 50-70 годах прошлого века из среднеразвитой азиатской страны с хозяйством, разрушенным после войны, постепенно превратилась в индустриальную державу, для которой остро встал вопрос инновационного развития транспортной инфраструктуры. В результате проведенного анализа текущей на тот момент экономической ситуации в мире, в Японии был выбран избирательный подход, в соответствии с которым были выбраны приоритетные направления научно-технического развития транспортной инфраструктуры. Данными приоритетными направлениями были выбраны железнодорожный и автомобильный транспорт, которые в последствии и получили приоритетные направления развития. Данный избирательный подход позволил сконцентрировать интеллектуальный потенциал нации, ее ресурсы и финансы на выбранных направлениях. По некоторым данным первые исследования в Японии в области ИТС и реализация комплексной системы управления автомобильным транспортом начались уже в 1973 г. В начале 80-х началась работа по проекту развития дорожно-автомобильной коммуникационной системы (Road Automobile Communication System), которая положена в основу современной системы автомобильной навигации.

В 1994 г. было создано Общество гражданской авиации, дорожного движения (ДД) и движения (VERTIS), пользующееся полной поддержкой

Национального полицейского агентства, Министерства международной торговли и промышленности, Министерства транспорта, Министерства сообщений и телекоммуникаций и Министерства строительства. Основные задачи VERTIS: дальнейшие исследования и разработки в широком спектре областей, связанных с ИТС, и развертывание ИТС для обмена информацией с Европой и Северной Америкой в целях содействия обсуждению потенциальных возможностей ИТС и организации Всемирного конгресса ИТС - форума для развития международного сотрудничества и представления последних исследований по ИТС.

Это достигалось при помощи специальных встраиваемых в автомобили устройств (Vehicle Information and Communication System). В 1996 году система начала активно применяться, а в 2003 году она функционировала уже на всей территории Японии [9].

Например, в Токио в рамках ИТС действует система контроля транспортных потоков [10]. В режиме реального времени транспортный центр управляет более чем 15 тысячами светофоров, за счет чего в городе практически полностью отсутствуют пробки и заторы [11].

В Китае развитие интеллектуальных транспортных систем осуществляется под тотальным контролем государства на плановой основе. В 1997 году Министерство коммуникаций приступило к созданию ИТС с создания Национального центра инжиниринга и технологий интеллектуальных транспортных систем. В данном центре работают исследователи и 40 крупнейших китайских институтов и ВУЗов [12].

Первый этап развития ИТС в СССР начался в 1981 году, когда по заданию МВД СССР сотрудники Омского политехнического университета проводили НИР под названием «Ориентир». В 1983 году исследователи Ленинградского научно-исследовательского радиотехнического института и Московского научно-исследовательского института автоматической аппаратуры приступили к разработке автоматизированной системы

управления движением милицейских расчетов с использованием системы «Патруль» [13].

На сегодняшний день в России, несмотря на отсутствие единой интеллектуальной транспортной системы имеется достаточно много примеров создания локальных элементов и систем. К ним можно отнести созданные в конце 1990-х годов системы контроля и управления перевозками пассажиров и грузов, системы продажи билетов и другие информационно-управляющие комплексы.

В настоящее время в Российской Федерации ведутся активные разработки отдельных элементов интеллектуальной транспортной системы, что, к сожалению, не является долговременной стратегией. При этом можно проследить четыре основных тенденции:

- разработка собственных моделей интеллектуальной транспортной системы отдельными организациями и предприятиями;
- адаптация зарубежной радиоэлектронной аппаратуры для решения отдельных задач;
- предоставление локальных услуг (например, дистанционной охраны автотранспорта) на основе иностранных разработок;
- широко распространенная практика продажи бортовых компьютеров для сухопутной навигации.

Одним из наиболее показательных примеров по созданию интеллектуальной транспортной системы является «Интеллектуальная автомагистраль». Основную нагрузку по сбору информации и передачи ее водителю принимает на себя дорожная инфраструктура. Несомненным плюсом данной модели является то, что каждый автомобиль не требуется оборудовать дополнительными комплектующими, при этом имеется возможность односторонней связи с автомобилем с помощью RDS-TMC или информирующего дисплея [15].

Автомагистраль покрыта телекоммуникационной средой, которая позволяет собирать информацию о метеорологических условиях,

транспортной обстановке и после обработки в центре управления дорожным движением передавать их водителям. Телекоммуникационная среда может быть как беспроводной, так и образованной сетями LAN или WAN. Для реализации подобной системы необходимо создать дорожную инфраструктуру и организовать следующие мероприятия:

1. Осуществить мониторинг состояния дорожных условий, транспортного потока и возможных дорожно-транспортных происшествий.
2. Провести обработку информации в центре управления дорожным движением.
3. Передать информацию отдельному автомобилю или всему транспортному потоку.
4. Скорректировать стратегию движения транспортного средства.

Информацию о нестандартных условиях движения получают путем измерения или с помощью видеонаблюдения и передают в центр управления движением. Немаловажной является и звуковая информация от полиции или сервисных организаций.

Единая инфраструктура транспортного комплекса очень актуальна для России, которая расположена в 11 часовых поясах и активно использует все виды транспорта. В Российской Федерации функционирует более 2 тысяч экспедиторских фирм и около 2,5 тысяч автопредприятий. Автобусный транспорт общего пользования обслуживает почти тысячу городов и поселков городского типа, а также более 60 тысяч сел и деревень [13].

Телематика касается не только вопросов наиболее эффективной перевозки пассажиров и грузов, но в большой степени и аспектов обеспечения безопасности движения на дорогах. Понятие безопасности очень широкое. Например, в секторе городского пассажирского общественного транспорта (ГПОТ) речь идет, кроме прочего, о системах контроля, основанных на использовании видеокамер, расположенных не только в транспортных средствах ГПОТ, но и на остановках. Эти системы дают возможность быстро реагировать в случае опасности для пассажиров или

экипажа транспортных средств. «Интеллектуальные» перекрестки предупреждают водителя о движении автомобиля в опасном направлении, проезжающего на красный сигнал. Хорошо проработанные системы используются для повышения безопасности слепых пассажиров, которые пользуются различного рода связью с устройствами управления светофорами или единицами ГПОТ [16].

С точки зрения безопасности не менее важным моментом является своевременное обнаружение пробок и заторов. Проблема заключается в том, что предупредить их можно лишь с помощью глобального регулирования транспортного потока.

Проблемой дорожно-транспортных происшествий активно занимается Европейский Союз, который опубликовал документ «Towards Fair and Efficient Pricing in Transport» – «Зеленую книгу» [17].

Транспортные заторы являются причиной потерь, которые в мировом масштабе составляют миллиарды долларов. Речь идет не только об экономических потерях, вызванных неравномерным движением, но и о потерях человеческих жизней.

1.3 Взаимодействие беспилотных транспортных средств с использованием V2X технологий

Развивающиеся мобильные технологии существенно меняют окружающую среду: в настоящее время ученые активно развивают концепцию Connected Car. Connected Car – это «подключенный» инновационный автомобиль с сетевыми возможностями. Они оснащены средствами навигации и ориентации, связью с Интернетом и т.д. Стандарт пятого поколения 5G только усилит тенденцию внедрения Connected Car [18].

«Умный» автомобиль через сеть взаимодействует с окружающей средой и объектами, поэтому в нем выделяют несколько систем: автомобиль-автомобиль (vehicle-to-vehicle, V2V), автомобиль - инфраструктура (vehicle-

to-infrastructure, V2X) и автомобиль-пешеход (vehicle-to-pedestrian, V2P), а также автомобиль - электросеть (vehicle-to-grid, V2G) и автомобиль - устройство (vehicle-to-device, V2D).

Инженеры GM продемонстрировали преимущества новой технологии на нескольких практических примерах [21].

1. Впереди находится неподвижный автомобиль. Система предупреждает водителя, если автомобиль остановился на обочине дороги, например, из-за поломки. Таким образом, водитель заранее будет знать о потенциально опасной ситуации.

2. Предупреждение об экстренном торможении (например, при приближении к «хвосту» дорожной пробки).

3. Теперь появилась возможность более эффективного предупреждения благодаря системе V2V, которая быстро сообщает водителям, следующим сзади, об опасной ситуации, что позволяет им снизить скорость.

4. Предупреждение о приближении автомобиля экстренной службы.

5. Предупреждение об опасности столкновения на перекрестке.

Трудности этой системы состоят в различиях допустимых частот для каналов связи V2V. Например, в Америке правительство зарезервировало для автомобильного радиообмена нужный диапазон шириной 75 МГц вокруг основной частоты 5,9 ГГц, а в Европе нужен канал в 30 МГц [22].

Система следит за ситуацией на перекрестках и информирует водителя (с помощью световых и звуковых сигналов), если выполнение поворота может быть опасно из-за каких-либо препятствий на дороге. Сигналы передаются сразу после нажатия водителем на педаль тормоза и остановки автомобиля. Система ITS Connect также включает световые и звуковые сигналы, если автомобиль приближается к перекрестку с горящим красным светом светофора, а водитель не снижает скорость.

Системы V2X тестируются и на другой стороне океана — в Соединенных Штатах Америки (США). В марте и апреле 2015 года автомобиль с автоматическим управлением Delphi пересек всю территорию

США от Сан-Франциско на западном побережье до Нью-Йорка на востоке страны. За 9 дней тот автомобиль проехал 5 500 километров (пересек 15 штатов). 99 % времени автомобиль управлялся автоматически. У Delphi не возникло никаких проблем на дорогах, перекрестках с круговым движением, в туннелях, на мостах и в местах, где условия дорожного движения были осложнены из-за проводимых дорожных работ.

Разработчики автомобиля Delphi собрали более чем 3 ТБ данных, которые будут использоваться для дальнейшего развития проекта. В данном автомобиле также были установлены системы V2V и V2I, которые позволили с помощью беспроводной связи общаться с другими транспортными средствами и компонентами придорожной инфраструктуры, и сделали возможным использовать радар, камеры и другие системы, эффективно оказывающие помощь водителю.

В нашей стране концепция Connected Car только начинает формироваться. Сейчас развивается система «ЭРА-ГЛОНАСС», предназначенная для экстренного реагирования при авариях. Она же будет положена в основу интеллектуальной транспортной системы России в целом.

На ее базе реализован коммерческий сервис «ЭРА Транспорт», применяющийся в логистике. Он призван контролировать сохранность груза и обеспечивать передвижение транспорта по верному маршруту. В планах специалистов внедрить сервис «ЭРА Помощь на дороге», который будет оказывать техническую поддержку автомобилистам, осуществлять для них технические и юридические консультации и пр [23].

Кроме того, в настоящее время в России создается пилотная зона, предназначенная для проведения испытаний автомобильных сервисов, использующих технологии связи IEEE 802.11p (DSRC) и Cellular-V2xRel-14/15/16 (C-V2X). Пилотная зона создается для экспериментальной проверки и подготовки к внедрению сервисов, предназначенных для повышения безопасности дорожного движения, повышения эффективности управления дорожным движением и повышения эффективности перевозок.

Для реализации создания пилотной зоны организован проектный консорциум компаний, заинтересованных в тестировании технологий V2X, анализе результатов опытной эксплуатации созданных технологических решений V2X, оценке эффективности внедрения автомобильных сервисов на базе технологий DSRC и V2X, а также участии в разработке рекомендаций по коммерциализации созданных решений.

В состав проектного консорциума входят компании, владеющие дорожно-транспортной инфраструктурой, как автомобильных дорог федерального значения, так и городских участков дорог и (или) полигонов, автопроизводители, разработчики автомобильного бортового оборудования, вендоры, компании, предоставляющие ГИС-сервисы. Для обеспечения тестирования технологий Cellular-V2x в проектный консорциум входят операторы мобильной связи, на базе которых создается опытный участок технологии Cellular-V2x Rel-14/15/16 на стороне сети мобильной связи во взаимодействии с выбранными поставщиками технологических решений.

В России, как и в мире, развитие интеллектуальных дорог замедляет несогласованность проектов. Закрытые платформы и решения несовместимы между собой, что не позволяет объединить заинтересованных участников рынка и сформировать единую эффективную систему мультимодальных грузовых и пассажирских перевозок. Такая инфраструктура позволит снизить стоимость перевозок, при этом улучшив их качество.

2 КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

2.1 Структура интеллектуальной транспортной системы

С учетом развития технологий интеллектуальной транспортной системы современный автомобиль все сильнее интегрируется в информационную транспортную среду и перестает быть одиночным транспортным колесным средством.

Роль водителя при применении технологий беспилотных автомобилей изменяется. При этом и сама интеллектуальная транспортная система трансформируется в более сложную и приобретает новые связи (рисунок 3).



Рисунок 3 – Схема современной интеллектуальной транспортной системы

Здесь под «транспортной средой» понимается совокупность светофоров, дорожных знаков, автомобильных дорог, систем управления парковочными пространствами, электронных динамических табло, диспетчерских систем вокзалов, систем управления железнодорожными

переездами, а также систем управления транспортными потоками (управления дорожным движением).

Автомобиль – колесное транспортное средство с любым уровнем автоматизации согласно классификации SAE [24].

Передача информации от автомобиля к водителю обычно представляет собой аудиовизуальный канал связи, позволяющий водителю принимать информацию (например, со щитка приборной панели). Передача информации от водителя к автомобилю также осуществляется с помощью аудиовизуального канала связи. Наиболее показательным примером может служить управление мультимедийными возможностями автомобиля с помощью голосовых команд или жестов рук.

Если рассмотреть вариант подобной системы с использованием беспилотных транспортных средств, то в таком случае исчезнут каналы взаимодействия между водителем и окружающей средой, а также между автомобилем и водителем. При этом информационное взаимодействие между автомобилем и водителем будет осуществляться с помощью цифрового канала связи (например, посредством сетей 4G/5G).

На рисунке 4 представлены каналы обмена данными в системе с использованием беспилотных транспортных средств, а также указаны технологии межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных систем «Vehicle-to-Person» (V2P), «Vehicle-to-Vehicle» (V2V), «Vehicle-to-Infrastructure» (V2I).

Ключевая особенность интеллектуальной транспортной системы с использованием беспилотных транспортных средств заключается в том, что сети DSRC/ITS-G5 (которые обычно используются в подобных системах) не требуют какой-либо авторизации при подключении к сети. Информация транслируется вне зависимости от того, принимает ее кто-то или нет.

Каждый участник интеллектуальной транспортной системы передает и принимает данные, в том числе и те, которые не предназначены для него в настоящий момент времени.

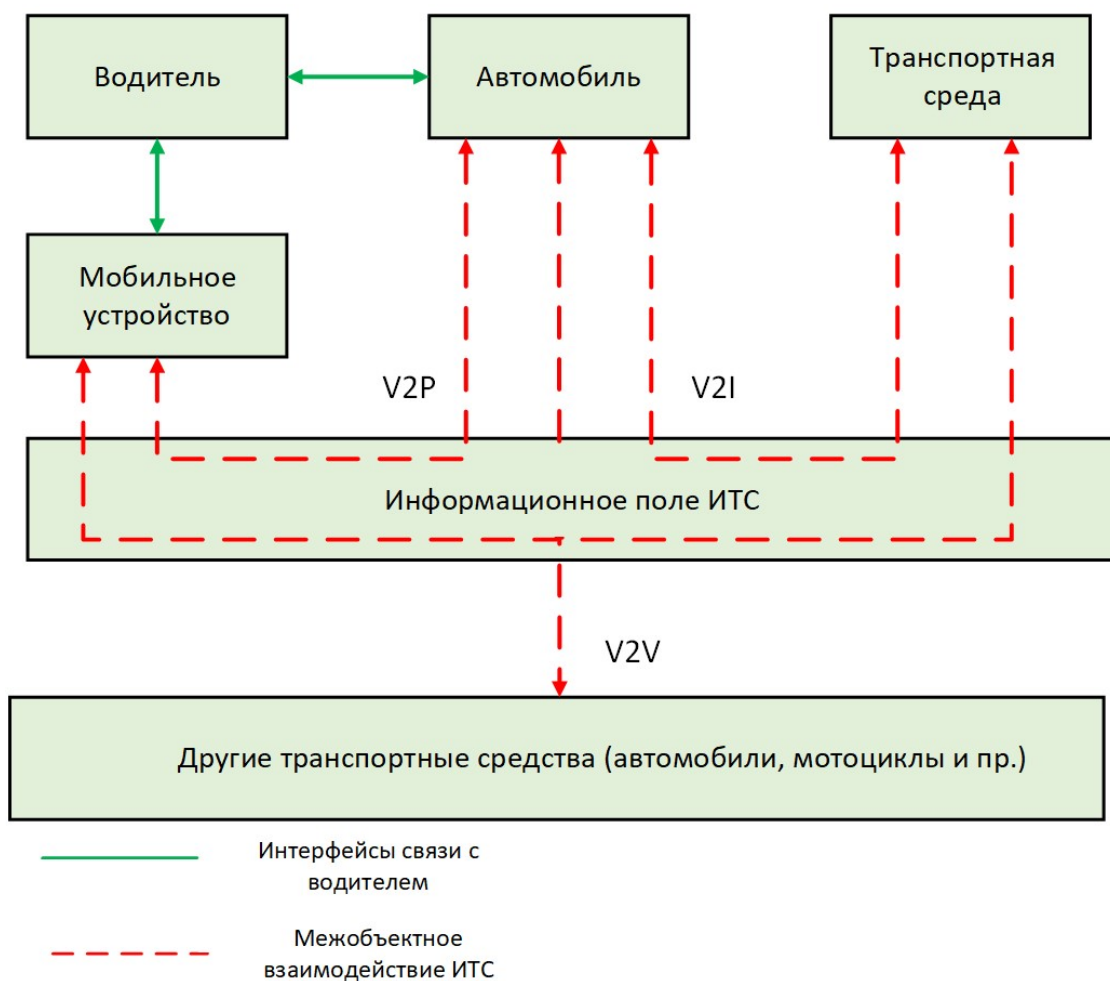


Рисунок 4 – Информационный обмен данными

Радиус действия сигнала зависит от погодных условий, выбранной частоты, климатических особенностей и многих других факторов и может составлять от 50 до 300 метров. При наличии достаточного количества беспилотных автомобилей, связанных в единую сеть, интеллектуальная транспортная система может функционировать и без наличия стационарных объектов дорожной инфраструктуры.

2.2 Концепция проектируемой системы управления движением беспилотного транспортного средства на основе V2X технологий

Поскольку на текущий момент еще не разработаны автомобили 5 уровня автоматизации по классификации SAE, лучше всего с управлением транспортным средством справляется человек. Поэтому воспользуемся

подходами биомимикрии (науки о подражании природе при решении инженерных задач) и проанализируем процесс управления автомобилем.

Общая схема данного процесса представлена на рисунке 5.

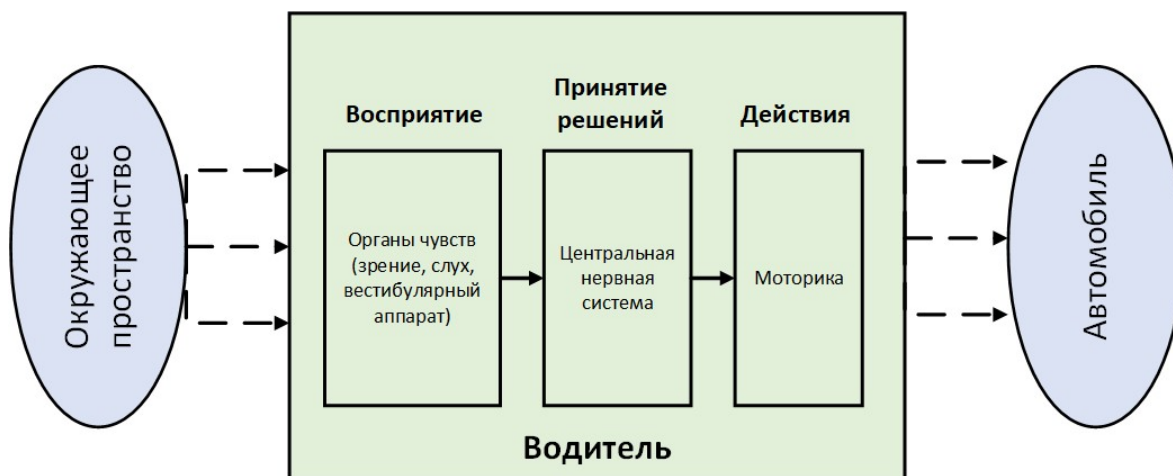


Рисунок 5 – Обобщенная схема процесса управления автомобилем водителем

В ходе управления автомобилем человек воспринимает информацию, анализирует ее и выполняет определенные действия. Построим аналогичную схему управления автомобилем, но для системы с беспилотными транспортными средствами.

В интеллектуальной транспортной системе с использованием беспилотных транспортных средств органы чувств человека трансформируются в техническую систему восприятия, центральная нервная система в модуль автономного вождения, а моторика человека в систему управления автомобиля (рисунок 6).

Рассмотрим более подробно основные функции, которые выполняются в процессе управления автомобилем.

Для восприятия окружающего пространства человеком может использоваться зрение, слух, осязание, обоняние и вестибулярный аппарат.

К основным задачам функции восприятия в процессе управления транспортным средством можно отнести распознавание дорожных знаков, дорожной разметки, сигналов регулировщиков дорожного движения/семафоров/светофоров, границ дорожного полотна, других участников дорожного движения, погодных условий и т.д.

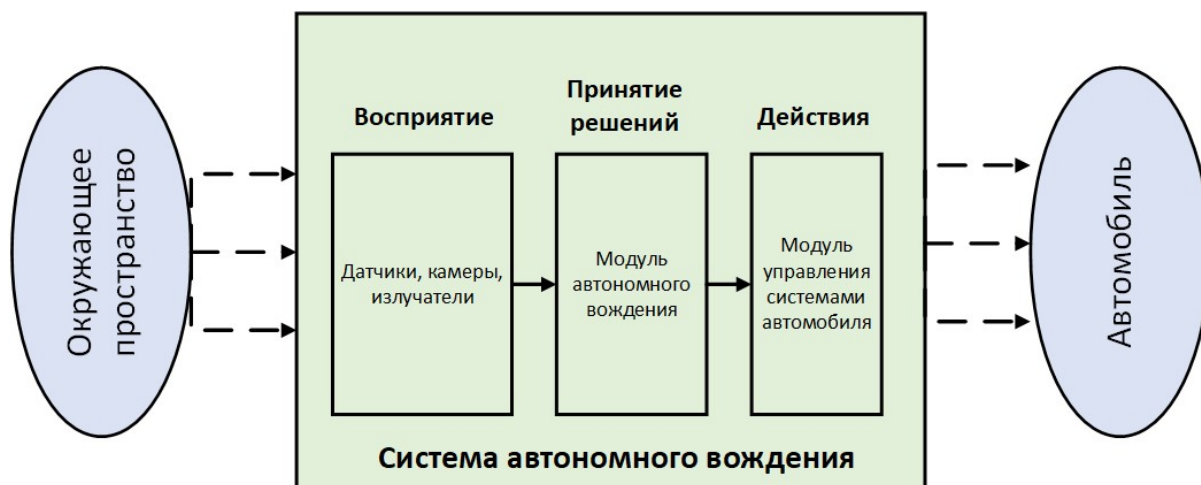


Рисунок 6 – Обобщенная схема процесса управления автомобилем системой автономного вождения

В теории минимальный состав системы технического зрения может быть сведен к двум видеокамерам, вычислительному блоку (обработка информации) и системе зеркал.

На текущий момент системы технического зрения пока не способны выполнять данные задачи из-за нехватки вычислительных мощностей и для осуществления требуемых функций ее дополняют радарами, сканирующими лидарами, ультразвуковыми датчиками, дополнительными видеокамерами для определенных зон.

Для реализации вышеописанных функций требуются огромные вычислительные мощности. При этом их можно значительно снизить путем создания технической системы бионического зрения, т.к. при управлении автомобилем водитель сканирует не все окружающее пространство, а только выделяет определенные зоны.

Отметим здесь также и существенное преимущество технической системы восприятия по сравнению с человеческой, а именно осуществление связи с интеллектуальной транспортной средой посредством реализации V2X технологий. За счет данной технологии можно на порядок повысить безопасность дорожного движения.

Рассмотрим в таблице 1 задачи, которые необходимо решать на сегодняшний день беспилотному автомобилю и которые снимутся в случае установки на дорогах общего пользования данной системы.

Таблица 1 – Задачи беспилотного автомобиля

Задачи	Беспилотный автомобиль	Регулировщик
Выбор траектории движения беспилотного транспортного средства		+
Поддержание безопасной дистанции до впереди идущих транспортных средств	+	
Поддержание выбранной полосы дорожного движения	+	
Отслеживание динамических помех	+	
Помощь при проезде перекрестков		+
Помощь при повороте налево		+
Взаимодействие с другими транспортными средствами		+
Расчет маршрута движения транспортного средства		+
Определение приоритетов движения транспортных средств		+
Информирование о дорожно-транспортном происшествии		+
Предупреждение о плохих погодных условиях		+

Ряд из указанных задач уже решены в современных автомобилях с помощью видеокамеры и радара, например в системах экстренного торможения, помощи при перестроении, распознавания дорожных знаков. Но технические возможности предлагаемой системы значительно шире, например, ни одна из имеющихся систем не может заглянуть за угол.

С технической точки зрения взаимодействия беспилотного автомобиля с интеллектуальной транспортной системой осуществляется при помощи технологий DSRC, ITS-G5 (пиринговые динамические сети) [25].

Исходные данные для анализа модуль автономного вождения автомобиля получает либо от оператора (человека), либо от системы более высокого уровня. Фактически транспортному средству сообщается маршрут поездки, промежуточные точки, время начала и другие условия.

Таким образом, можно сформулировать функциональные требования к модулю автономного вождения следующим образом:

- наличие интерфейса связи с водителем и/или внешней системой управления;
- возможность построения маршрута движения;
- получение данных от системы технического восприятия;
- формирование и отправка команд в модуль управления системами автомобиля;
- обеспечение безопасности движения;
- возможность передачи управления автомобилем.

В общем случае, водитель посредством моторики конечностей осуществляет управление автомобилем, тем самым изменяя режимы работы агрегатов транспортного средства. Поскольку автономным автомобилем может управлять не только сама система, но и человек, необходимо обеспечить преимущество действий водителя: при этом безопасность данных действий должна отслеживать система автономного управления автомобилем.

Принципиальная схема управления агрегатами и узлами автономного транспортного средства представлена на рисунке 7.

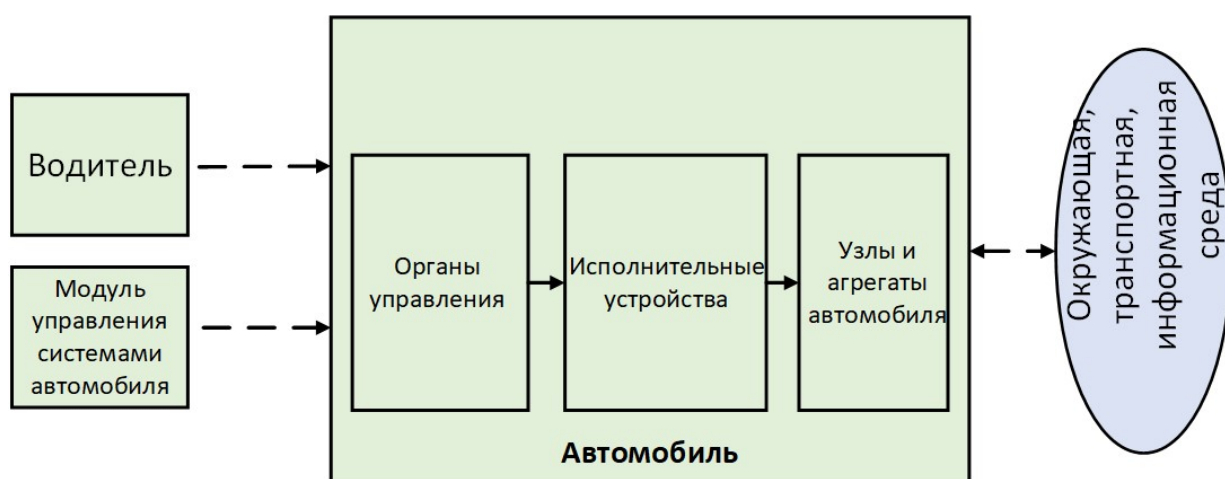


Рисунок 7 – Схема управления агрегатами и узлами автомобиля

Для реализации автономного автомобиля имеется 2 основных варианта:
производство и разработка нового транспортного средства (уровень

автопроизводителей) или дооснащение стандартного автомобиля. В обоих случаях необходимо решать задачи управления следующими автомобильными системами:

- рулевым управлением;
- трансмиссией;
- тормозной системой;
- силовой установкой;
- электрооборудованием.

Обобщенная схема создания системы управления движением автономного транспортного средства представлена на рисунке 8.

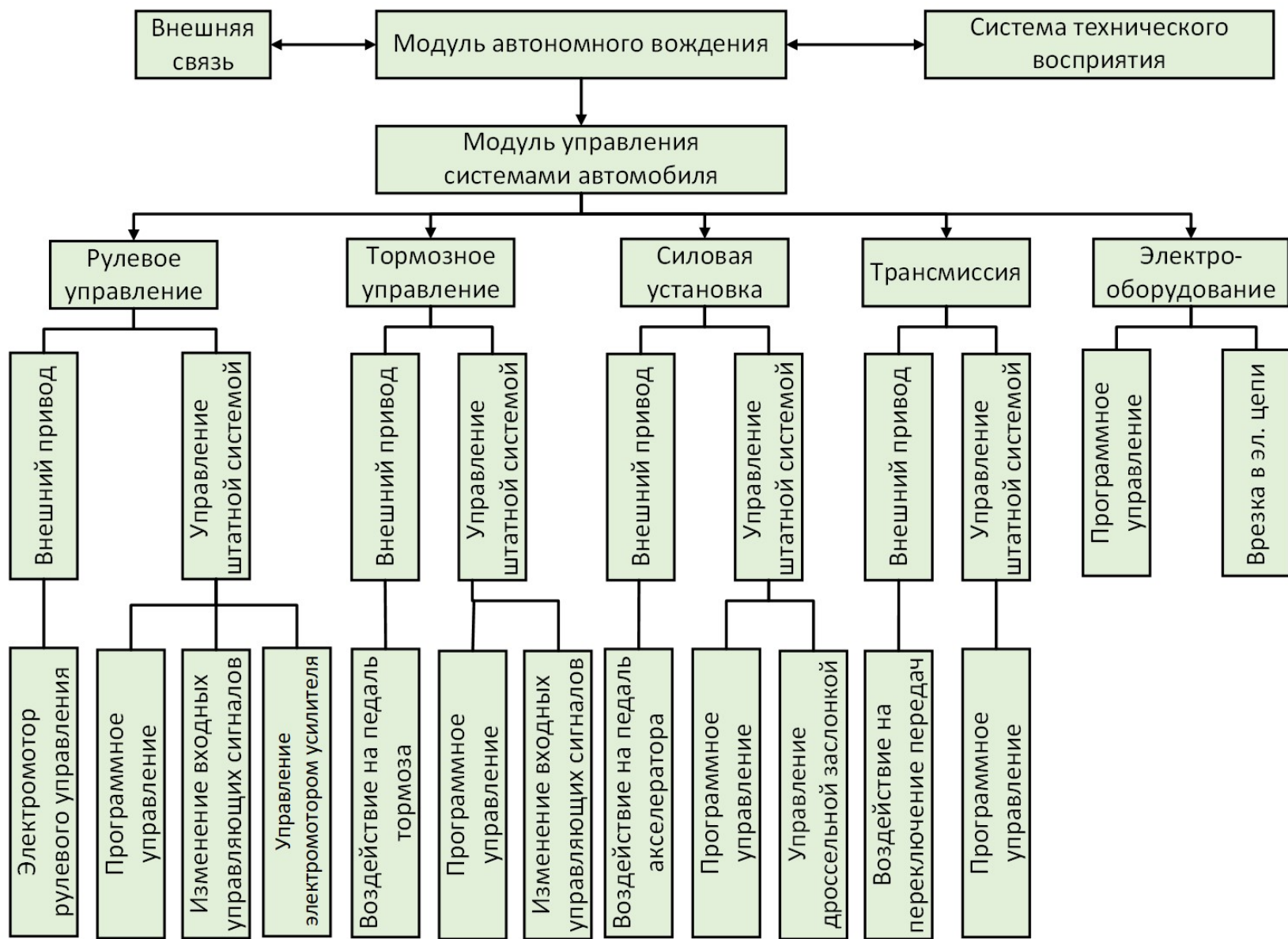


Рисунок 8 – Схема создания системы управления движением автономного транспортного средства

2.3 Архитектура сети и состав системы автономного вождения с использованием V2X технологии

Используя концепцию создания системы управления движением беспилотных транспортных средств, а также проведенного анализа по V2X технологиям и интеллектуальным транспортным системам, была разработана архитектура сети и состав системы автономного вождения с использованием V2X технологии. Схема представлена на рисунке 9.

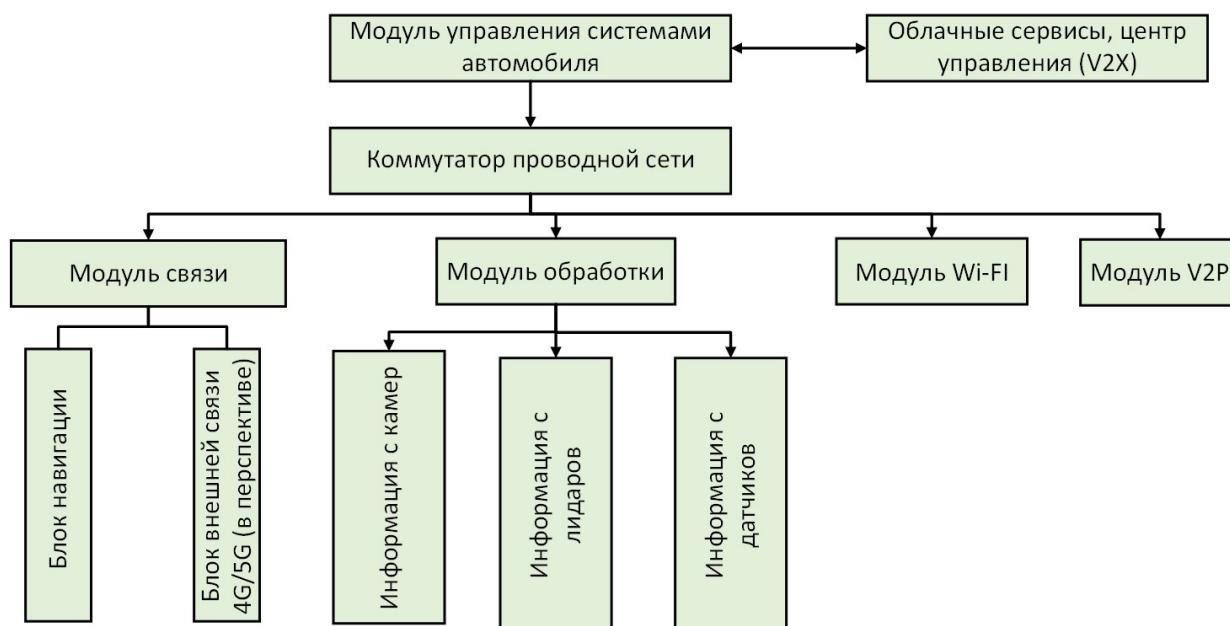


Рисунок 9 – Схема архитектуры сети и состав системы автономного вождения с использованием V2X технологии

Остановимся более подробно на особенностях данной системы. Под технологией V2P (Vehicle-to-Person) подразумевается взаимодействие между устройством водителя (например, смартфоном или планшетом) и бортовыми системами автомобиля. Wi-Fi модуль обеспечивает управление системами автомобилями при помощи V2P технологии и служит для организации дистанционного управления автомобилем на коротких расстояниях.

Результаты японского проекта JARI позволяют сделать вывод о том, что для удержания транспортного средства на высоких скоростях в полосе движения лучшим вариантом является контроль дорожной разметки с помощью боковых камер, которые расположены под зеркалами заднего вида.

Для снижения вычислительной нагрузки с модуля автономного вождения и снижения требований к пропускной способности проводного сегмента сети используются модули первичной обработки.

Модуль автономного вождения служит для получения обработанной информации от системы технического зрения и формирования динамической цифровой карты окружающего пространства. Затем на основе расчетной или заданной траектории движения формируются управляющие сигналы и отслеживаются отклонения фактической траектории от расчетной, тем самым вводятся поправки в модель управления.

Центр управления – пункт, из которого осуществляется управление дорожным движением, позволяющий обеспечить управление автономным автомобилем на стратегическом уровне с выбором маршрута движения и учетом светофорного регулирования и загруженности дорог. За счет того, что в данной системе используются V2V технологии, имеется возможность прогнозировать маршруты других участников дорожного движения.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

3.1 Выбор средства моделирования транспортных потоков

Для того, чтобы смоделировать транспортные потоки используются программы имитационного моделирования улично-дорожных сетей. Они имеют возможность поддержки различных математических транспортных моделей, в том числе детерминированных, с устойчивой причинно-следственной связью между состояниями транспортного потока, и стохастических, использующих аппарат теории вероятностей. По признаку дискретности времени выделяют статические модели, усредняющие параметры транспортных потоков за временные интервалы, и динамические, работающие в онлайн-режиме.

На рынке представлено огромное количество программ имитационного моделирования транспортных сетей. Для сравнения пакетов между собой выделим несколько групп критериев:

- показатели, характеризующие возможности транспортной телематики;
- особенности моделирования транспортной сети;
- перечень измеряемых показателей.

Для того, чтобы выбрать наиболее оптимальную программу имитационного моделирования необходимо провести сравнительный анализ. Воспользовавшись вышеприведенными критериями, проведем сравнительный анализ некоторых из существующих пакетов. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Программное обеспечение также отличается между собой особенностями учета некоторых деталей транспортной сети. В таблице 3 приведен сравнительный анализ этих возможностей. Исходя из полученных данных, можно заметить, что лидером по степени детализации является программный пакет VISSIM.

Таблица 2 – Анализ возможностей транспортной телематики

	Сигналы светофора «зеленая волна»	Приоритет общественного транспорта	Въезд на магистрали	Контроль трафика на автостраде	Управление инцидентами	Статистическая маршрутизация	Информация об общественном транспорте	Поддержка пешеходов и велосипедистов	Датчики автомобилей	Детекторы автомобилей
AIMSUN										
PARAMICS										
VISSIM										

Нереализованным в данном средстве моделирования остался только учет погодных условий и поиск парковки. Также пакеты предоставляют разные возможности фиксации показателей транспортной сети (таблица 3, 4). Здесь VISSIM также предоставляет самые широкие возможности в сборе информации о транспортной сети и окружающей ее среде.

Таблица 3 – Моделирование особенностей транспортной сети

	Погодные условия	Коммерческие транспортные средства	Велосипеды/мотоциклы	Общественный транспорт	Блокировка очереди в конце (в случае пробки)	Разветвления	Круговые дорожные развязки
AIMSUN							
PARAMICS							
VISSIM							

Таблица 4 – Характеристики транспортной сети, фиксируемые в ходе моделирования

	Время поездки	Разброс времени поездки	Скорость	Затор	Регулярность общественного транспорта	Безопасность магистралей	Взаимодействие с пешеходами	Выхлопные газы	Уровень зашумления	Расход топлива
AIMSUN										
PARAMICS										
VISSIM										

Таким образом, для моделирования транспортных потоков с применением беспилотных транспортных средств наиболее рационально применить пакет PTVVISSIM. Данная программа представляет собой полнофункциональный комплекс инструментов, предназначенных для моделирования перекрестков, регулируемых правилами приоритета или светофорами, транспортных развязок разных уровней сложности с целью анализа пропускной способности транспортных сетей (например, сети автомагистралей или городской улично-дорожной сети), оценки влияния типа пересечения дорог на пропускную способность (нерегулируемый перекресток, регулируемый перекресток, круговое движение, железнодорожный переезд, развязка в разных уровнях), анализа предложенных нововведений в дорожно-транспортной сети.

В программе реализованы функции фиксации времени проезда маршрута, образования заторов, определения длины очереди, расхода топлива, выхлопов вредных веществ. PTV VISSIM позволяет учесть

процентное распределение различных видов и типов ТС в общем потоке, а также движение пешеходов. В базовом модуле программы предусмотрены 2D/3D визуализации, что позволяет создавать презентации и видеоролики о проделанной работе [26].

Также возможности программного обеспечения включают в себя:

- оценку влияния типа пересечения дорог на пропускную способность (нерегулируемый перекрёсток, регулируемый перекрёсток, круговое движение, ж/д переезд, развязка в разных уровнях);
- проектирование, тестирование и оценку влияния режима работы светофора на характер транспортного потока;
- оценку транспортной эффективности предложенных мероприятий;
- анализ управления дорожным движением на автострадах и городских улицах, контроль за направлениями движения как на отдельных полосах, так и на всей проезжей части дороги;
- анализ возможности предоставления приоритета общественному транспорту и мероприятия, направленные на приоритетный пропуск трамваев;
- анализ влияния управления движением на ситуацию в транспортной сети (регулирование притока транспорта, изменение расстояния между вынужденными остановками транспорта, проверка подъездов, организация одностороннего движения и полос для движения общественного транспорта);
- анализ пропускной способности больших транспортных сетей (например, сети автомагистралей или городской улично-дорожной сети) при динамическом перераспределении транспортных потоков (это необходимо, например, при планировании перехватывающих парковок);
- анализ мер по регулированию движения в железнодорожном транспорте и при организации стоянок ожидания (например, таможенных пунктов);
- детальную имитацию движения каждого участника движения;

- моделирование остановок общественного транспорта и станций метрополитена, причём учитывается их взаимное влияние;

- расчет аналитических показателей (более 50 различных оценок и аналитических коэффициентов), построение графики графики (в Microsoft Excel) временной загрузки сети и т.п.

Задачи, которые необходимо выполнить с помощью программы PTV VISSIM, составляют общую методику анализа. К ним относятся рассмотренные ниже.

1. Моделирование дорожного полотна на фоне топографической карты объекта исследования с созданием соответствующих направлений движения.

2. Нанесение на дорожное полотно пешеходных переходов и трамвайных путей.

3. Рассмотрение конфликтных зон с расстановкой приоритета движения согласно правилам дорожного движения.

4. Задача интенсивностей и состава транспортных и пешеходных потоков на входящих участках УДС.

5. Ввод в создаваемую модель возможных маршрутов ТС и отдельно общественного транспорта с расписанием интервалов их движения.

6. Ввод конкретных направлений пешеходных потоков с определенными интенсивностями.

7. Моделирование остановок общественного транспорта.

8. Пробная имитация модели для проверки ее адекватности.

9. Формирование списка результатов из необходимых для анализа параметров.

3.2 Процесс создания модели транспортных потоков

Структура выполнения проекта в PTVVissim включает следующие пункты (рисунок 10):



Рисунок 10 – Структура выполнения проекта

Кроме возможности создания моделей транспортных потоков, транспортного планирования и оптимизации общественного транспорта, данный пакет обладает широкими анимационными возможностями, которые не требуют знаний программирования. Это позволяет посредством 2D и 3D элементов получать на выходе наглядные модели (рисунок 11, 12), имитирующие реальную дорожную ситуацию и позволяющие анализировать транспортные процессы. Кроме того, существует возможность получения и анализа числовых результатов, полученных при оценке параметров движения каждого отдельного транспортного средства или всего потока [27]. Исходными данными для создания модели перекрестка являются:

- подробная схема моделируемого участка;
- количество полос в каждом направлении движения;
- ширина полос движения;
- направление движения по каждой полосе;
- технические и геометрические характеристики всех типов транспортных средств;
- интенсивность движения;

- направления движения;
- состав входящих потоков транспортных средств и пешеходов;
- расположение и ширина тротуаров;
- приоритетность проезда в конфликтных точках [28].

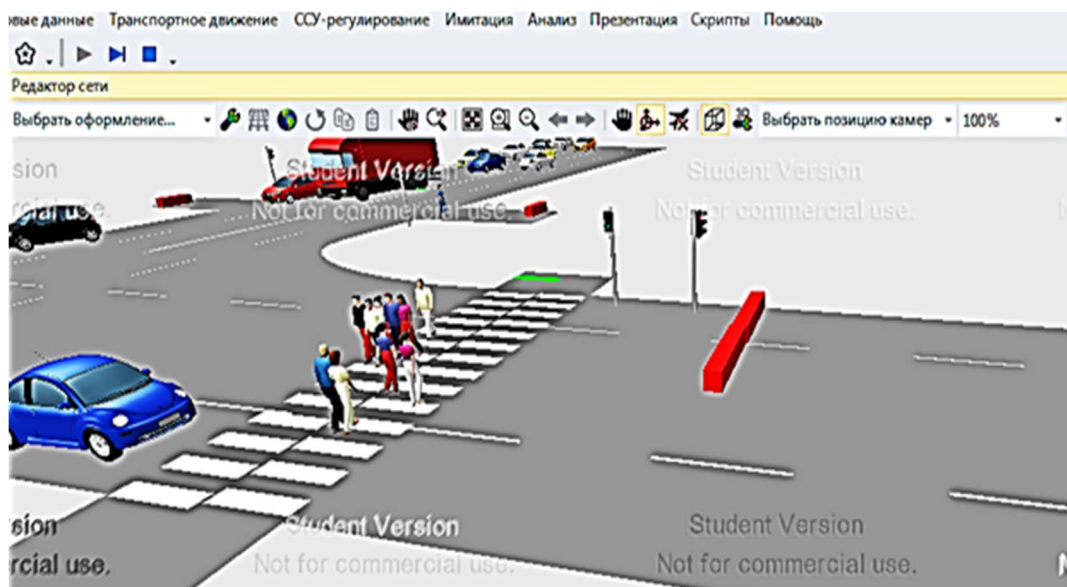


Рисунок 11 – 3D модель движения пешеходов в PTV Vissim



Рисунок 12 – Пример проектирования сложного перекрестка в PTV Vissim

Рассмотрим более подробно этапы проектирования перекрестка. Итак, первым этапом является задание параметров имитации, которая представляет собой визуальное отображение процессов моделирования и анализа, выполняемых в Vissim. Запустить имитацию – означает запустить решение систем уравнений, которое определяет, каким образом будут взаимодействовать между собой все участники дорожного движения. На данном этапе представляется возможным определять, как часто заново рассчитываются позиции транспортных средств за одну секунду имитации, а также скорость имитации по отношению к реальному времени [29].

Для создания детальной модели сети Vissim необходимо использовать строго масштабируемую карту в качестве растровой основы, а также иметь максимально точные данные о транспортных потоках, наличии светофоров, дорожных знаков и т.п. Количество транспортных средств на каждом направлении представлено в таблице 5. Для наглядности нумерация перекрестков представлена на рисунке 13.

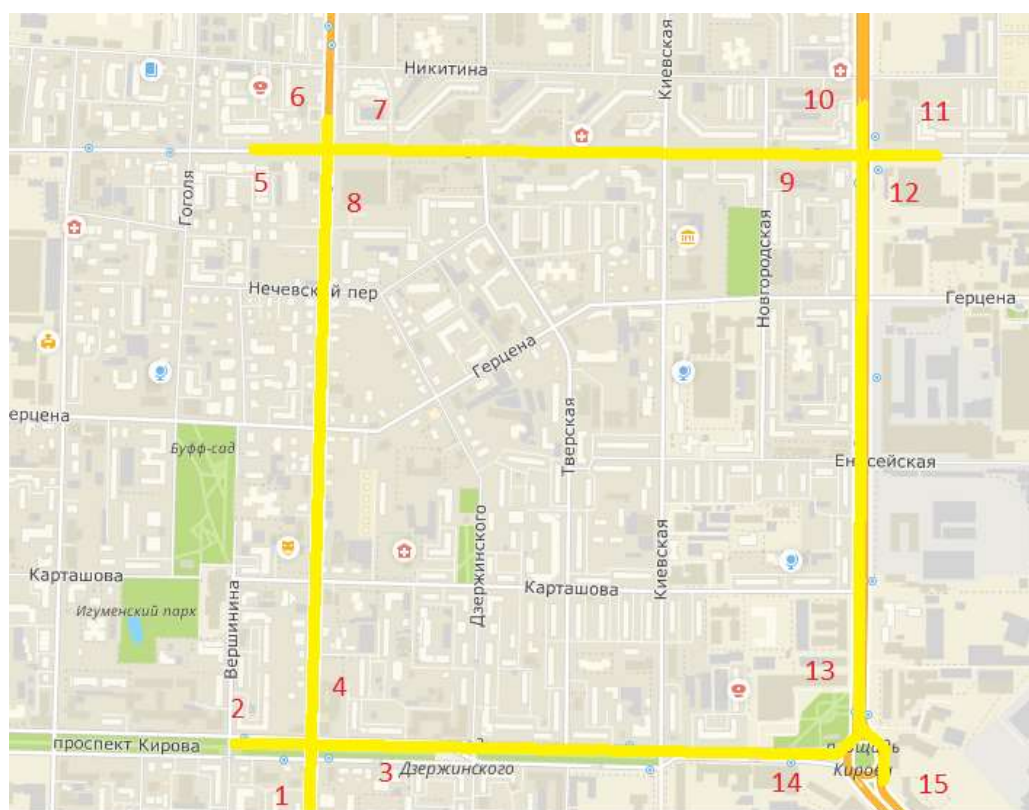


Рисунок 13 – Карта транспортных потоков

Таблица 5 – Количество транспортных средств

Номер	Направление движения	Количество транспортных средств в час
1	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Кирова (со стороны пл. Южной)	815
2	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Кирова (со стороны пр. Ленина)	577
3	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Кирова (со стороны пл. Кирова)	951
4	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Кирова (со стороны пр. Фрунзе)	1053
5	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Фрунзе (со стороны пр. Ленина)	760
6	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Фрунзе (со стороны ул. Сибирской)	1100
7	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Фрунзе (со стороны пр. Комсомольского)	820
8	Перекресток ул. Красноармейской и пр. Фрунзе (со стороны пр. Кирова)	840
9	Перекресток пр. Комсомольского и пр. Фрунзе (со стороны ул. Красноармейской)	655
10	Перекресток пр. Комсомольского и пр. Фрунзе (со стороны ул. Сибирской)	1125
11	Перекресток пр. Комсомольского и пр. Фрунзе (со стороны Областного рынка)	880
12	Перекресток пр. Комсомольского и пр. Фрунзе (со стороны пл. Кирова)	1362
13	Транспортное кольцо на пл. Кирова (со стороны пр. Фрунзе)	920
14	Транспортное кольцо на пл. Кирова (со стороны пр. Кирова)	380
15	Транспортное кольцо на пл. Кирова (со стороны вокзала Томск-1)	880

Главным действием здесь выступает масштабирование растровой основы, поскольку чем точнее оно будет произведено, тем точнее будет и моделирование. Таким образом, после загрузки растровой основы сеть подготовлена к вводу базовых данных:

- тип изображений – это параметры изображений отрезков и основных конструктивных элементов модели, которые представляют собой графическое отображение и не влияют на ход имитации;

- манера езды – параметры, которые описывают манеру езды водителей и их поведение при движении за впереди идущим автомобилем,

при смене полосы, боковое поведение, реакцию на смену сигналов светофора (рисунок 14, 15);

– типы манеры езды отрезков – некоторые предварительно заданные типы манеры езды, позволяющие присвоить каждому из классов транспортных средств тип манеры езды на указанном отрезке [30].

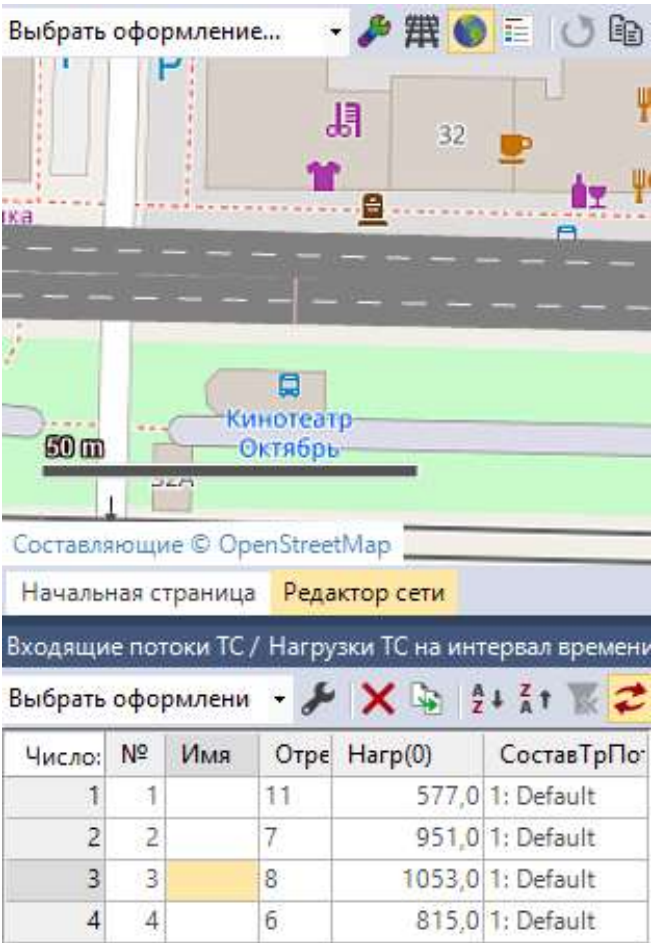


Рисунок 14 – Задание количества транспортных средств на каждом дорожном направлении

Число:	№	Имя	NumInteractObj	ДистОстФикс	ДистОст	ТипМодПослТС	W74bxAdd	W74bxMult	ПоведСмГД	ГрамПерс	ЖелПоперПо
1	1	Urban (motorized)	1	☐	0,50	Видеман 74	2,00	3,00	Свободный выбо	☒	Середина пол
2	2	Right-side rule (motorized)	5	☐	0,50	Видеман 99	2,00	3,00	Правостороннее	☒	Середина пол
3	3	Freeway (free lane selection)	0	☐	0,50	Видеман 99	2,00	3,00	Свободный выбо	☒	Середина пол
4	4	Footpath (no interaction)	3	☐	0,50	Без взаимодействия	2,00	3,00	Свободный выбо	☒	Любое
5	5	Cycle-Track (free overtaking)	0	☐	0,50	Видеман 99	2,00	3,00	Свободный выбо	☒	Любое
6	101	AV cautious (CoEXist)	0	☐	0,50	Видеман 99	2,00	3,00	Свободный выбо	☒	Любое
7	102	AV normal (CoEXist)	10	☐	0,50	Видеман 99	2,00	3,00	Свободный выбо	☒	Любое
8	103	AV aggressive (CoEXist)	0	☐	0,50	Видеман 99	2,00	3,00	Свободный выбо	☒	Середина пол

Рисунок 15 – Параметры манеры езды

После того, как отмасштабирован план перекрёстка и указаны базовые параметры, следует определить отрезки для создания модели перекрёстка.

Отрезок является основным элементом дорожно-транспортной сети Vissim и представлен одной или несколькими полосами движения. Отрезки задаются не только для осуществления транспортного движения, но и в качестве пешеходных переходов.

Однако, недостаточно ввести лишь основные отрезки для того, чтобы транспортные средства смогли осуществить движение. Между ними нужно вставить соединяющие отрезки, которые обеспечивают переход транспортного потока от одного отрезка к другому и позволяют моделировать поворотное движение на перекрестке.

Следующий этап – создание необходимых распределений: желаемых скоростей, цветов, моделей транспортных средств и пешеходов. Особенно важным параметром, влияющим на пропускную способность отрезка, является функция распределения желаемых скоростей. При этом желаемая скорость представляет собой скорость, с которой бы двигалось транспортное средство, если бы ему не препятствовали другие транспортные средства или элементы сети, например, светосигнальные устройства или стоп-знаки (рисунок 16). Таким образом, транспортное средство, желаемая скорость которого выше актуальной скорости, "проверяет", существует ли возможность обгона без помех другим транспортным средствам. Чем больше диапазон желаемых скоростей, тем быстрее образуются группы транспортных средств на дороге [31]. Для того, чтобы установить правила приоритета при проезде перекрестков воспользуемся соответствующей командой.

Правила приоритета состоят из:

- одной стоп линии;
- одного или нескольких, так называемых, «конфликтных маркеров», которые связаны со стоп линией.

Соединяющий отрезок ? X

№: 10008 Имя:

Тип манеры езды: 1: Urban (motorized) ▼

Тип отображения: 1: Road gray ▼

Из отрезка:

№: 6
При: 111.118 m

Полоса 1
Полоса 2

В отрезок:

№: 10
При: 1.203 m

Полоса 1
Полоса 2

Длина: 17.116 m

Промеж. точки:

☐ Имеет полосу для обгона

Смена полосы Мезо Отображение Дин. распред Прочие

Число: 1	Индекс	ЗаблКласс	ТипОтобр	БезСмПДЛ	БезСмПДП	БезСменП _л	БезСменП _д
1	1			☐	☐		

Маршрут

Вынужд. ост: m До

Перестроиться: m До ☐ На полосу

Желаемое направление

☒ Все

☐ Направо

☐ Налеву

Рисунок 16 – Создание соединяющих отрезков

В зависимости от определенных условий, указанных для «конфликтного маркера», стоп линия разрешает или не разрешает проезд транспортным средствам (рисунок 17). Для «конфликтного маркера» задаются два важных параметра:

- минимальный промежуток времени конфликта (конфликтное время);
- минимальный интервал движения (дистанция) или конфликтное расстояние.

При свободном потоке движения по главной дороге наиболее существенным параметром для «конфликтного маркера» является минимальный промежуток времени конфликта. При медленной скорости потока движения или при заторах на главной дороге, наиболее существенным параметром для «конфликтного маркера» становится минимальный интервал движения [32].

Правила приоритета ? X

№: Имя:

Стоп-линия _____

☐ Отрезок (все полосы движения): ▾

☒ Отрезок - Полоса: ▾

При:

Затронутое направление движения: ▾

Классы ТС _____

☒ Все типы ТС

- ☐ 10: Car
- ☐ 20: HGV
- ☐ 30: Bus
- ☐ 40: Tram
- ☐ 50: Pedestrian
- ☐ 60: Bike
- ☐ 70

ССУ-условие _____

Группа сигналов: ▾

Вид Сиг: ▾

☒ Показать надпись

Сечение на отрезке с приоритетом (зеленая)

☐ Отрезок (все полосы движения): ▾

☒ Отрезок - Полоса: ▾

При:

Действенное направление движения: ▾

Классы ТС _____

☒ Все типы ТС

- ☐ 10: Car
- ☐ 20: HGV
- ☐ 30: Bus
- ☐ 40: Tram
- ☐ 50: Pedestrian
- ☐ 60: Bike
- ☐ 70

Конф. время:

Конф. расст:

Макс. скор.:

☐ Также после красных сигналов

Рисунок 17 – Установление проезда перекрёстков

В Vissim каждый светофор представлен индивидуальным номером и набором групп сигналов (рисунок 18). В зависимости от выбранной логики управления, Vissim может моделировать до 125 групп сигналов для светофора. В Vissim также есть различия между группами сигналов и сигнальными устройствами.

Сигнальное устройство (ССУ) – это фактическое устройство, которое показывает на экране актуальное состояние группы сигналов. Для каждой полосы движения применяется индивидуальное закодированное сигнальное устройство. Транспортные средства останавливаются примерно за 0.5 м перед сигнальным устройством, если оно показывает красный цвет. Транспортные средства, приближающиеся к желтому сигналу устройства, проезжают его в случае, если не могут обеспечить безопасное торможение перед сигнальным устройством [33].

Существует также распределение цветов. Данное распределение имеет значение только для графического отображения и применяется вместо одного цвета для типа транспортных средств или пешеходов, не оказывая никакого влияния на результаты имитации.

Распределение моделей определяет различные размеры, цвета и текстуры, релевантные для графического отображения типов транспортных средств и пешеходов. Например, для легкового транспорта, вместо одной модели кузова может отображаться до десяти различных моделей, имеющих различные геометрические характеристики [34].

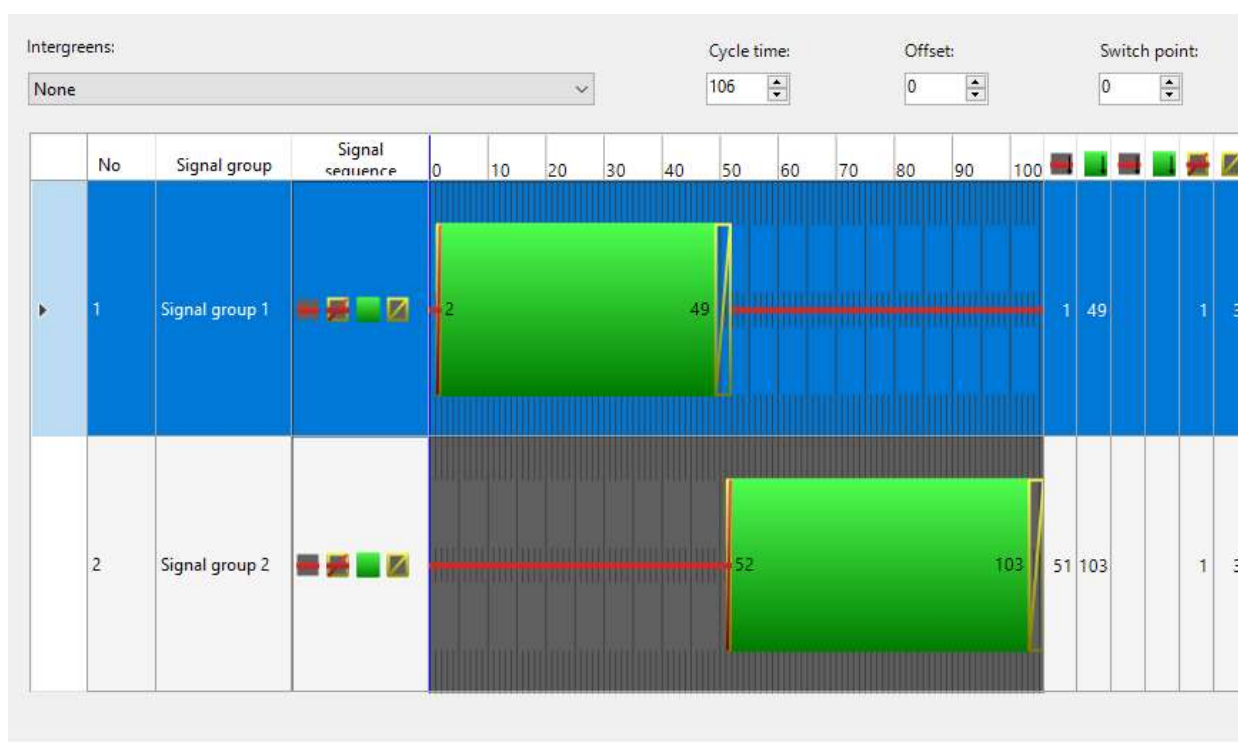


Рисунок 18 – Задание светофорных циклов

В Vissim существует полноценная концепция различия типов и классов транспортных средств. Тип транспортных средств, представляет собой их группу, которая описывается определёнными техническими характеристиками. Например, такими группами являются: легковой транспорт, грузовой транспорт, автобус, трамвай, вело транспорт и

мототранспорт, а также пешеходы, как особый тип транспортного средства (рисунок 19).

Число: 8	№	Имя	Категория	Распр2D3DМод	РаспрЦвет1	РаспрЗаполн	ПропСнос
1	100	Car	ЛГКТР	10: Car	1: Default	1: Single Occupancy	0
2	200	HGV	ГРУЗТР	20: HGV	1: Default		0
3	300	Bus	Автобус	30: Bus	1: Default	1: Single Occupancy	110
4	400	Tram	Трамвай	40: Tram	1: Default	1: Single Occupancy	215
5	510	Man	Пешеходы	100: Man	101: Shirt Man		0
6	520	Woman	Пешеходы	200: Woman	201: Shirt Woman		0
7	610	Bike Man	Велосипед	61: Bike Man	101: Shirt Man		0
8	620	Bike Woman	Велосипед	62: Bike Woman	201: Shirt Woman		0

Рисунок 19 – Задание типов транспортных средств

Поскольку наша работа связана с моделированием беспилотных автомобилей, то стоит отметить наличие такой возможности в программном обеспечении PTVVISSIM. Представляется возможным объединять любые типы транспортных средств и создавать, таким образом, новый класс транспортных средств, который служит, например, для их цветового различия во время имитации.

Отдельное внимание стоит уделить использованию моделей беспилотных автомобилей в PTVVISSIM. Для подготовки переходного этапа, во время которого на дорогах городов будут сосуществовать автономные и обычные транспортные средства, в рамках европейского проекта CoEXist были созданы модели беспилотных транспортных средств. Всего существует 4 основных модели движения автономных транспортных средств: безопасная (Rail Safe), осторожная (Cautious), обычная (Normal), с прогнозирующими способностями (All-knowing).

Модель Rail Safe используется на закрытых контролируемых площадках, например, на заводах или фабриках. Данная модель характеризуется наличием физически отдельных полос или больших боковых расстояний, а также заранее определенным маршрутом, по которому следуют транспортные средства, без смены полосы движения и перекрестков.

В модели Cautious транспортное средство всегда соблюдает правила дорожного движения и придерживается безопасного поведения. Смена полосы движения возможна, но транспортное средство будет поддерживать достаточно большую дистанцию.

При использовании модели Normal транспортное средство ведет себя как человек-водитель с дополнительной возможностью измерения дистанции до окружающих автомобилей и их скоростей.

В модели All-knowing транспортное средство обладает глубоким пониманием и прогнозирующими способностями, что приводит к максимально возможному просчету маневров, тем самым достигается своего рода кооперативное поведение. Данный вариант является реализацией V2V взаимодействия.

После того, как заданы типы и классы транспортных средств, создаются транспортные потоки. Состав транспортного потока состоит из списка транспортных средств, каждому из которых присвоена относительная нагрузка, то есть доля определённого типа транспортных средств в общем потоке, а также распределение желаемых скоростей.

Для организации поворотного движения на перекрёстке необходимо задать маршруты и их решения. Маршрут является фиксированной последовательностью основных и соединяющих отрезков. Он проходит между решением маршрута и местом цели. От одного места решения маршруты ведут, как правило, к нескольким местам цели. Также были установлены отдельные решения маршрутов для транспортных средств, желающих воспользоваться стоянкой на обочине дороги.

Целевым пунктом моделирования является анализ, то есть получение количественных данных о взаимодействии транспортных средств и пешеходов в конкретно заданных условиях. Vissim позволяет в процессе моделирования проводить следующие виды анализа:

- анализ управления дорожным движением на автомагистралях и городских улицах, контроль за направлением движения как на отдельных полосах, так и на всей проезжей части;
- анализ возможности предоставления приоритета общественному транспорту;
- анализ изменения расстояния между принудительными остановками транспорта, проверка подъездов, организация одностороннего движения общественного транспорта;
- анализ пропускной способности транспортной сети либо её отдельных узлов

Одним из основных видов вывода анализов является вывод данных в окно. Вывод данных в окно возможно осуществлять для одного или нескольких транспортных средств или пешеходов. Следует отметить, что в трехмерном режиме имитации позиция камеры автоматически переходит в положение водителя или пешехода, движение которого в данный момент анализируется (рисунок 20).

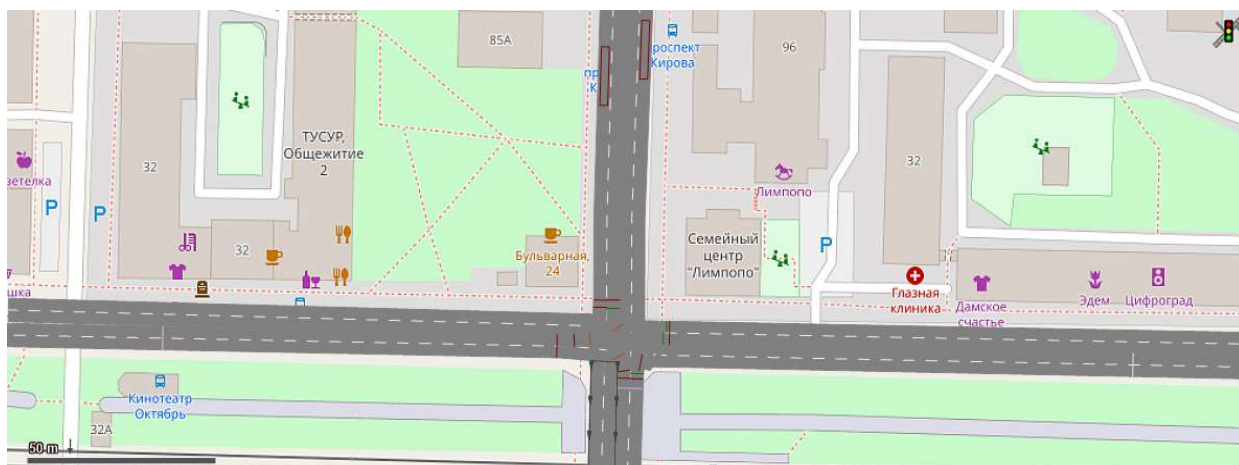


Рисунок 20 – Разработанная модель транспортных потоков на примере перекрестка ул. Красноармейской и пр. Кирова

Для того, чтобы сохранить имитацию и иметь возможность качественно оценить результаты моделирования, Vissim может сохранить её как видеофайл, который выступает в качестве презентационного материала и

иллюстрирует результат моделирования дорожного движения на данном объекте исследования.

3.3 Анализ полученных результатов

Для того, чтобы оценить последствия внедрения технологии V2X в инфраструктуру города, был проведен ряд экспериментов. Производилось сравнение следующих параметров:

- средняя длина затора на перекрестке;
- максимальная длина затора на перекрестке;
- количество заторов;
- среднее время проезда перекрестков;
- средняя скорость дорожного потока;
- средний расход топлива грузовых ТС;
- среднее количество углекислого газа, выделяемого автомобилем за поездку.

Сравнение проводилось для трех типов транспортных средств: с водителем, беспилотных, а также автономных с использованием V2X технологии. Во всех экспериментах моделирование осуществлялось на протяжении одного часа. При этом на графиках по оси абсцисс откладывается время наблюдения.

Понятие «дорожный затор», или «автомобильная пробка», определяется как скопление на дороге транспортных средств, движущихся со средней скоростью, значительно меньшей, чем нормальная скорость для данного участка дороги. При этом в п. 13.2 Правил дорожного движения косвенно указывается на один из признаков затора при проезде перекрестка – ситуацию, когда водитель вынужден остановиться на перекрестке, «создав препятствие для движения транспортных средств в поперечном направлении» [35].

Беспилотные транспортные средства в будущем должны помочь снизить количество заторов на дорогах общего пользования. В связи с этим было проведено исследование средней и максимальной длины затора, а также их количество. Данные экспериментов представлены в таблицах 6-8, а также на рисунках 21-23.

Таблица 6 – Средняя длина затора, м

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
10	20,03	18,51	16,22
20	25,11	17,91	16,57
30	25,03	17,48	17,22
40	41,89	24,85	16,83
50	34,53	28,46	22,07
60	39,36	22,26	17,99
Среднее	30,99	21,58	17,82



Рисунок 21 – Средняя длина затора, м

Средняя длина затора в моделируемом эксперименте составила 30,99 м для транспортных средств с водителем, 21,58 м для беспилотных

транспортных средств и 17,82 м при использовании V2X технологии. Таким образом, внедрение инфраструктуры для обмена данными между автономными транспортными средствами позволит сократить заторы на дорогах на 42,5 % по сравнению с обычными водителями и на 17,5 % по сравнению с беспилотными транспортными средствами.

Таблица 7 – Максимальная длина затора, м

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
10	29,21	28,06	24,49
20	35,07	27,28	25,57
30	35,28	29,36	29,04
40	49,62	34,15	26,06
50	42,43	40,47	33,38
60	45,06	32,98	28,63
Среднее	39,44	32,05	27,86

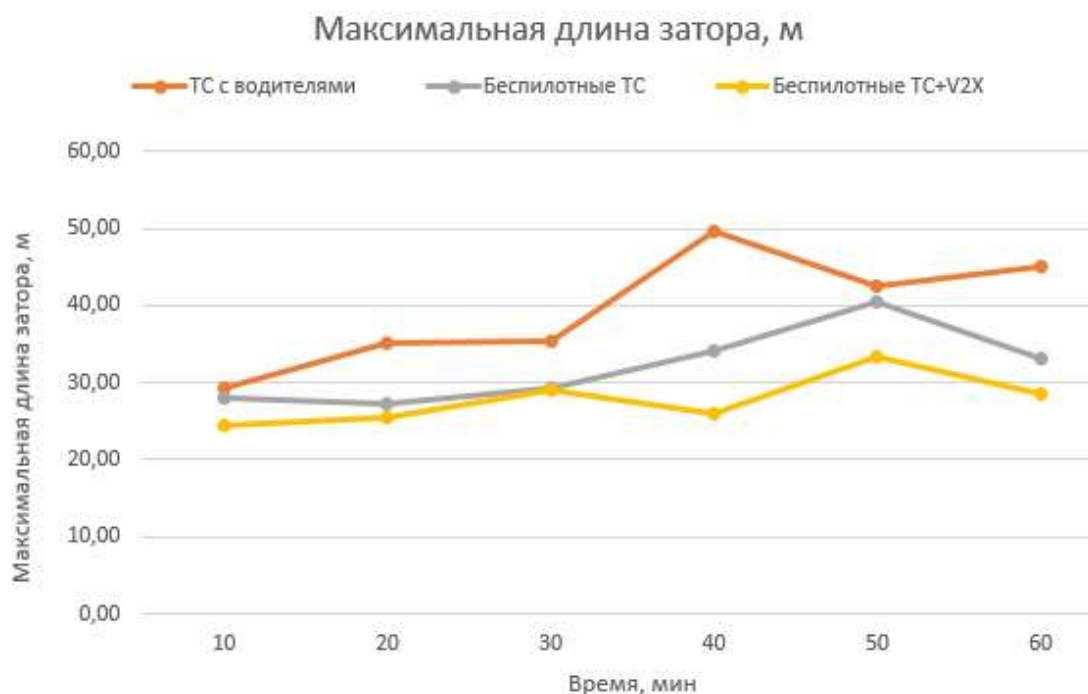


Рисунок 22 – Максимальная длина затора, м

Максимальная длина затора в моделируемом эксперименте составила 49,62 м для транспортных средств с водителем, 40,47 м для беспилотных

транспортных средств и 33,38 м при использовании V2X технологии. Таким образом, внедрение инфраструктуры для обмена данными между автономными транспортными средствами позволит сократить максимальные заторы на дорогах на 32,7 % по сравнению с обычными водителями.

Таблица 8 – Количество заторов

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
10	3	2	2
20	7	6	5
30	7	7	6
40	14	8	4
50	11	10	10
60	12	8	7
Общее	54	41	38

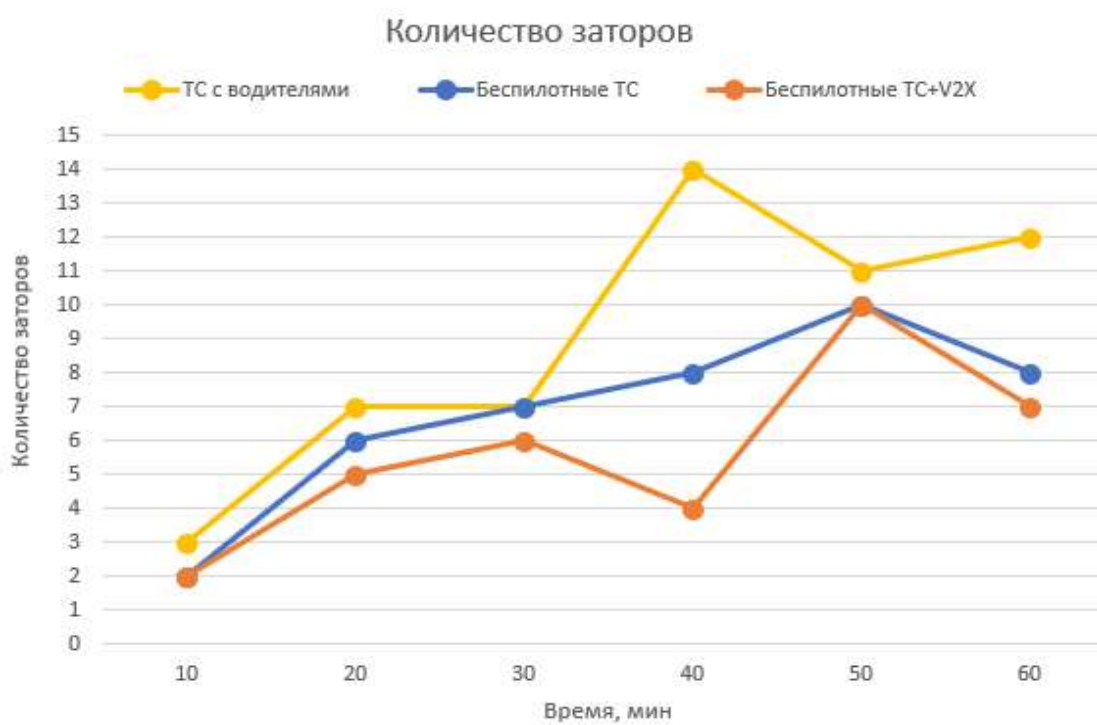


Рисунок 24 – Количество заторов

Общее количество заторов за час в моделируемом эксперименте составило 54 для транспортных средств с водителем, 41 для беспилотных

транспортных средств и 38 при использовании V2X технологии. Таким образом, внедрение инфраструктуры для обмена данными между автономными транспортными средствами позволит сократить количество заторов на дорогах на 29,6 % по сравнению с обычными водителями.

Проезд перекрестков является одним из затруднительных моментов для движения беспилотных транспортных средств. Это связано с тем, что на дорогах кроме автономного автомобиля движутся обычные водители и имеет место «человеческий фактор». В пункте 2.2 данной работы были описаны решения, благодаря которым использование V2X технологии позволяет упростить проезд перекрестков беспилотным автомобилям. Данные экспериментов представлены в таблице 9, а также на рисунке 25.

Таблица 9 – Среднее время проезда перекрестка, с

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
10	21,93	18,30	14,87
20	21,66	18,04	15,29
30	22,27	20,56	15,27
40	38,00	24,85	18,76
50	43,07	26,92	22,53
60	34,75	20,04	15,52
Среднее	30,28	21,45	17,04

Среднее время проезда перекрестка в моделируемом эксперименте составило 30,28 с для транспортных средств с водителем, 21,45 с для беспилотных транспортных средств и 17,04 с при использовании V2X технологии. Таким образом, внедрение инфраструктуры для обмена данными между автономными транспортными средствами позволит сократить время проезда перекрестка на 13,14 с (43,7 %) по сравнению с обычными

водителями и на 4,41 с (20,6 %) по сравнению с беспилотными транспортными средствами.

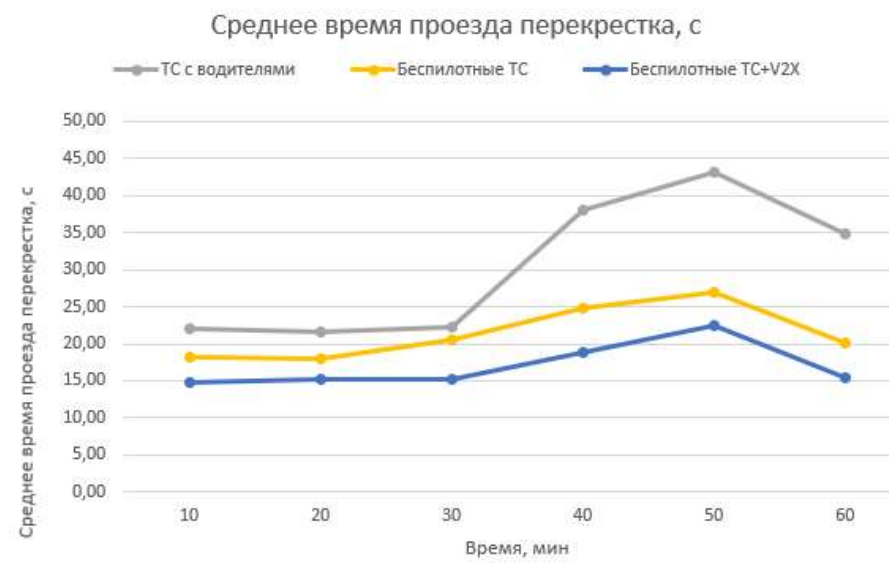


Рисунок 25 – Среднее время проезда перекрестка

Средняя скорость дорожного потока является одним из важнейших показателей, используемых при определении автотранспортных расходов и капиталовложений в автомобильный транспорт при обосновании инвестиций в дорожное строительство. Скорость транспортного потока изменяется по длине дороги и во времени в зависимости от интенсивности движения и состава транспортного потока, особенностей дорожных условий и применяемых средств регулирования движения, воздействия погодноклиматических факторов. Данные экспериментов представлены в таблице 10, а также на рисунке 26.

Таблица 10 – Средняя скорость дорожного потока, км/ч

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
10	36,06	42,73	47,31
20	29,48	34,78	40,12
30	35,45	43,29	48,01
40	26,66	32,74	36,86

Продолжение таблицы 10

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
50	22,96	30,89	33,10
60	24,10	33,22	34,53
Среднее	29,12	36,27	39,99

Средняя скорость дорожного потока в моделируемом эксперименте составила 29,12 км/ч для транспортных средств с водителем, 36,27 км/ч для беспилотных транспортных средств и 39,99 км/ч при использовании V2X технологии.

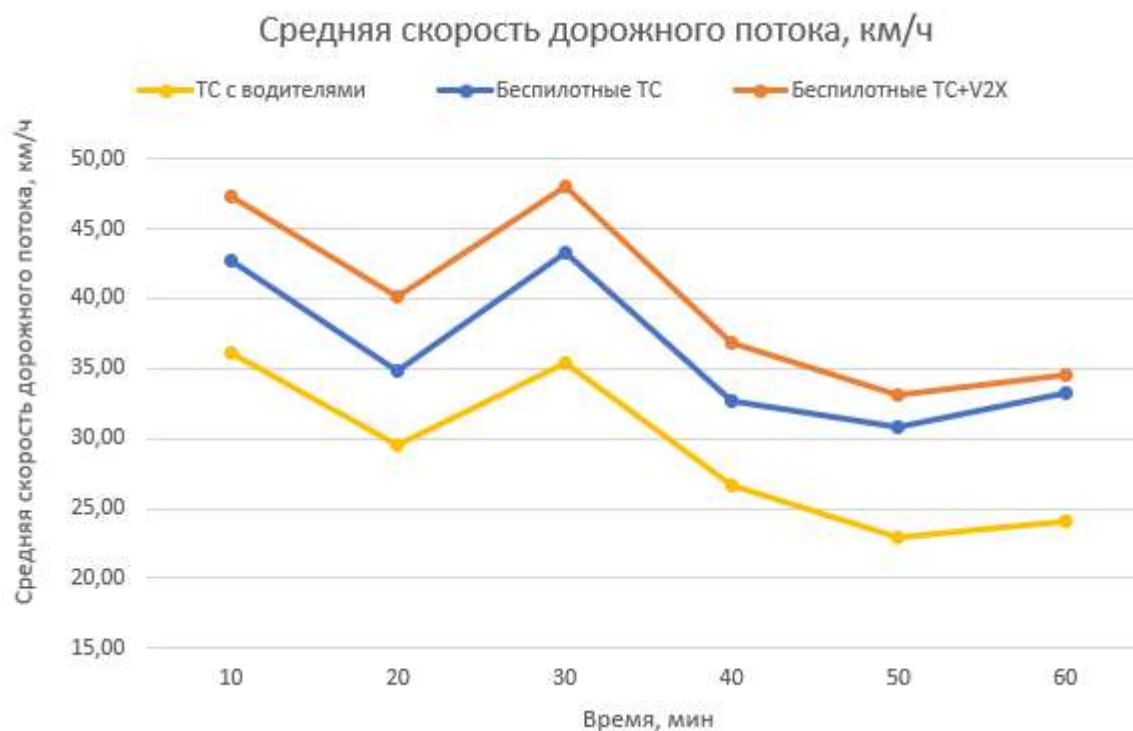


Рисунок 26 – Средняя скорость дорожного потока

Таким образом, внедрение инфраструктуры для обмена данными между автономными транспортными средствами позволит увеличить среднюю скорость дорожного потока на 27,2 % по сравнению с обычными водителями и на 9,3 % по сравнению с беспилотными транспортными средствами.

Расход топлива автомобилем – основополагающий параметр, имеющий огромное влияние на текущие расходы водителя, поэтому многие автопроизводители уделяют ему пристальное внимание. В следующем эксперименте проводилась оценка среднего расхода топлива грузового транспортного средства. Данные представлены в таблице 11, а также на рисунке 27.

Таблица 11 – Средний расход топлива грузового ТС, л/100 км

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
10	28,09	25,80	24,70
20	29,96	25,78	24,87
30	31,94	25,13	24,18
40	31,65	26,39	25,61
50	30,52	28,94	26,48
60	31,71	25,11	24,38
Среднее	30,64	26,19	25,03

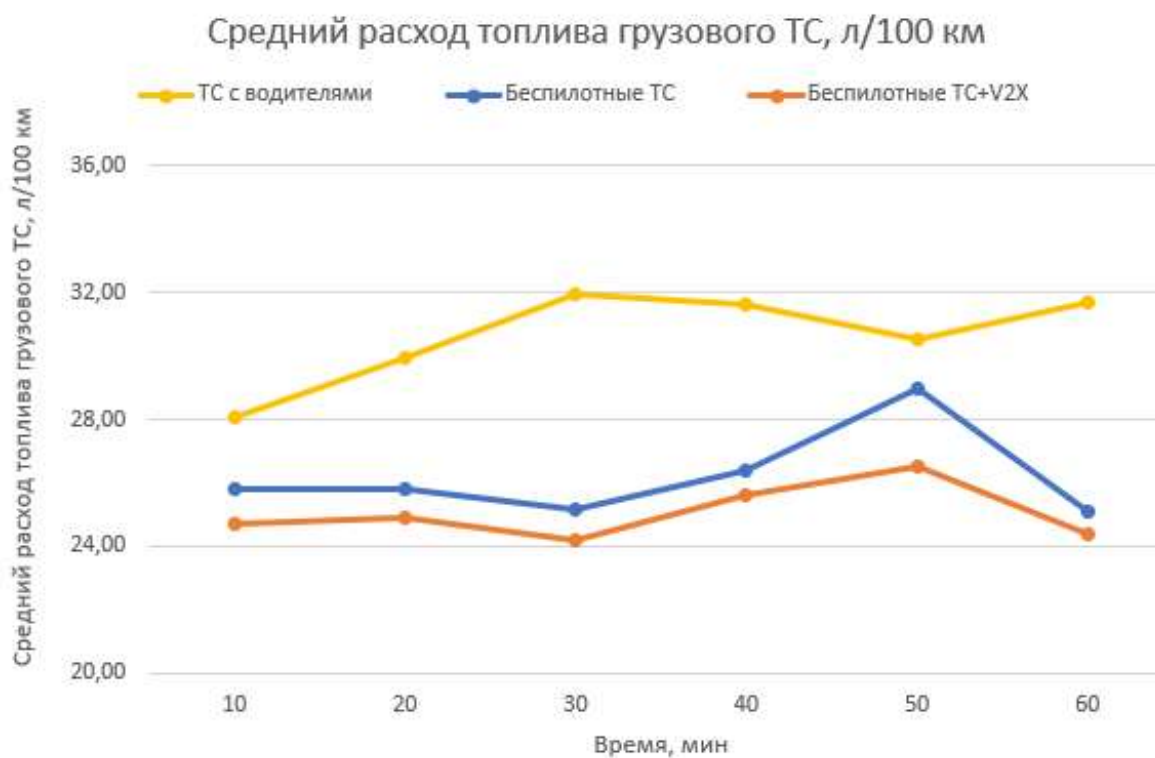


Рисунок 27 – Средний расход топлива грузового ТС

Средний расход топлива грузового ТС составил 30,64 л/100 км для транспортных средств с водителем, 26,19 л/100 км для беспилотных транспортных средств и 25,03 л/100 км при использовании V2X технологии. Таким образом, внедрение инфраструктуры для обмена данными между автономными транспортными средствами позволит снизить расход топлива на 18,3 % по сравнению с обычными водителями и на 4,4 % по сравнению с беспилотными транспортными средствами.

Подобные результаты связаны с тем, что беспилотный автомобиль в отличие от человека не использует резкие замедления и ускорения, а также редко применяет экстренное торможение, поскольку контролирует дистанцию до впереди идущих транспортных средств. Эксперименты компании Bosch демонстрируют, что снижение расхода топлива на автономных автомобилях может достигать до 39 % по сравнению с обычным водителем.

Кроме расхода топлива немаловажным остается вопрос выбросов выхлопных газов автомобилями в атмосферу. Повышение концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к так называемому «парниковому эффекту», который, по мнению экологов, является одной из главных причин глобального потепления. Также углекислый газ оказывает негативное влияние на здоровье людей. В ходе выполнения работы был произведен эксперимент по оценке среднего количества углекислого газа, выделяемого автомобилем за поездку. Данные представлены в таблице 12, а также на рисунке 28.

Таблица 12 – Среднее количество углекислого газа, выделяемого автомобилем за поездку, г

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
10	1306,69	1202,44	1136,39
20	1339,37	1253,99	1119,44

Продолжение таблицы 12

Время, мин	ТС с водителями	Беспилотные ТС	Беспилотные ТС+V2X
30	1388,25	1226,82	1099,55
40	1390,84	1220,86	1136,54
50	1325,09	1138,52	1173,90
60	1324,78	1270,84	1017,37
Среднее	1345,84	1218,91	1113,86

Среднее количество углекислого газа, выделяемого за поездку в моделируемом эксперименте, составило 1345,84 г для транспортных средств с водителем, 1218,91 г для беспилотных транспортных средств и 1113,86 г при использовании V2X технологии.

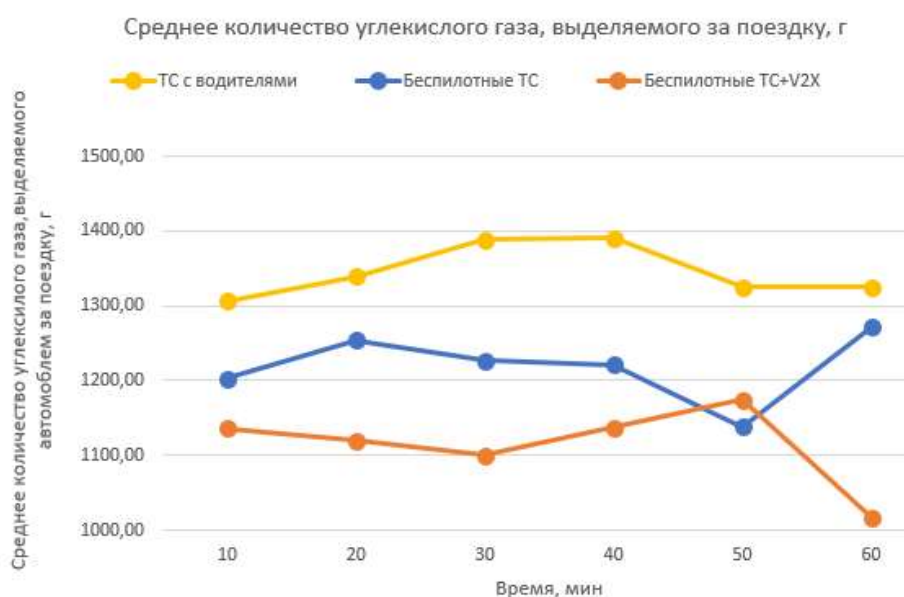


Рисунок 28 – Среднее количество углекислого газа, выделяемого за поездку

Таким образом, внедрение инфраструктуры для обмена данными между автономными транспортными средствами позволит снизить выбросы выхлопных газов в атмосферу на 17,2 % по сравнению с обычными водителями и на 8,6 % по сравнению с беспилотными транспортными средствами.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что внедрение V2X в дорожную инфраструктуру оказывает положительное влияние на количество дорожных заторов, скорость движения дорожного потока, расход топлива, выбросы выхлопных газов в атмосферу. Помимо влияния на транспортную ситуацию, оснащение сенсорами автомобилей открывает новые возможности для повышения безопасности на дорогах. По сетям 5G автомобили смогут коммуницировать между собой и принимать мгновенные решения, что делать в той или иной ситуации на основе информации, полученной от других транспортных средств на дороге.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ

В данном разделе магистерской диссертации проведена оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования по разработке автоматизированной системы управления беспилотными транспортными средствами на основе V2X технологий.

4.1.1 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Одним из компонентов научно-технического исследования является его последующая коммерциализация. Исходя из того, какие цели преследует правообладатель объектов интеллектуальной собственности может быть выбран один из методов получения прибыли.

В данном проекте целью коммерциализации является получение денежных средств для финансирования текущих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также формирования постоянного потока финансовых средств.

Для нашего проекта наиболее подходящим методом коммерциализации будет являться продажа патентных лицензий, т.е. передача права пользования объектов интеллектуальной собственности третьим лицам на лицензионной основе, а именно разработанной автоматизированной системы управления. Этот метод был выбран исходя из возможности получения наибольшей экономической эффективности.

За продажу лицензий выплачивается вознаграждение (лицензионные платежи), а именно:

- периодические отчисления (роялти) от дохода покупателя в течение всего периода действия соглашения, позволяющие установить прямую

зависимость размера вознаграждения от экономического эффекта использования предмета лицензии;

- единовременные платежи, устанавливаемые заранее на основе экспертных оценок. Эти платежи не связаны во времени с фактическим использованием лицензии.

Уровень роялти варьирует в пределах от 2 до 10%, но наиболее часто встречаются ставки в (3 – 5) %. Единовременные платежи осуществляются в форме паушальных платежей, а также посредством передачи части ценных бумаг и в других формах.

Паушальные платежи – это твердо зафиксированная в лицензионном соглашении сумма вознаграждения, которая выплачивается один раз и размер которой не зависит от объема производства или сбыта лицензионной продукции.

Исходя из текущей стадии проекта, данный метод коммерциализации будет являться наиболее подходящим, т.к. он, с одной стороны, позволяет получать паушальные платежи, позволяющие продолжать научные исследования и разработки и улучшать уже имеющиеся алгоритмы. С другой стороны, роялти позволяют получить приток финансовых средств, который в дальнейшем может позволить открыть собственную организацию.

4.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Поскольку наша разрабатываемая система будет предназначена для коммерческих организаций, выделим основные однородные группы компаний.

Таблица 13 – Сегментирование компаний в сфере беспилотных автомобилей

		Специализация компании			
		Финансово-маркетинговые	Компании-практики	Компании-сервисы	Производители отдельных решений
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Исходя из проведенного сегментирования можно сделать вывод о том, наиболее крупные компании обладают большими ресурсами, за счет чего они могут поглощать более мелких производителей. Для того, чтобы максимально быстро попасть на рынок с результатами научно-исследовательской работы, необходимо ориентироваться на производителей отдельных решений и предлагать им свои услуги, благодаря чему в перспективе будет проще попасть в крупную технологическую компанию.

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, проведем SWOT-анализ, который состоит из определения сильных, слабых сторон проекта, его возможностей и угроз (таблица 14).

Данная бизнес-методика обработки данных основана на определении сильных (S – strenght) и слабых (W – weakness) сторон анализируемого объекта, а также возможностей (O – opportunities) и угроз (T – troubles) внешней среды. Преимущества SWOT анализа заключаются в том, что он позволяет достаточно просто, в правильном разрезе взглянуть на положение компании, товара или услуги в отрасли.

Таблица 14– Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Универсальность системы. С2. Низкая стоимость производства С3. Простая интеграция системы в автомобиль С4. Простота эксплуатации	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл.1 Сложность тестирования на реальном объекте Сл2. Отсутствие специалистов с большим опытом в проекте Сл3. Серьезные затраты на интеграцию проекта
Возможности: В1. Развитие беспилотных автомобилей В2. Развитие системы на базе НИ ТПУ В3. Появление новых, более совершенных технологий В4. Выпуск специалистов в данной отрасли	Развитие беспилотных автомобилей, а также появление новых технологий приведет к снижению стоимости готового продукта для потребителя и более простой эксплуатации автомобиля.	Тестирование разрабатываемой системы в реальных условиях будет затруднительно в связи с серьезными затратами на создание беспилотных транспортных средств.
Угрозы: У1. Низкая развитость робототехники в России У2. Более совершенные аналоги конкурентов У3. Несовершенство в законодательстве У4. Незаинтересованность в разработке	Низкая развитость робототехники в России, несовершенство в российском законодательстве и незаинтересованность в разработке со стороны крупных компаний может стать серьезным препятствием в развитии проекта.	Для интеграции проекта потребуются серьезные средства, но финансирование со стороны крупных компаний, придаст проекту возможность для развития и распространения технологий в России.

4.1.4 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения были выделены следующие критерии:

1. Технические критерии оценки ресурсоэффективности:

- оптимальность системы автоматического управления – критерий, характеризующий систему автоматического управления с точки зрения обеспечения оптимального значения какого-либо показателя качества работы системы;
- быстродействие системы автоматического управления – критерий, характеризующий быстроту достижения заданного значения;
- точность системы автоматического управления – критерий, определяющий степень приближения реального управляемого процесса к требуемому;
- устойчивость системы автоматического управления – критерий, характеризующий способность системы автоматического управления нормально функционировать и противостоять различным неизбежным воздействиям;
- надежность системы автоматического управления – критерий, характеризующий способность системы автоматического управления сохранять в течение времени определенные значения параметров для реализации возложенных на нее функций;
- безопасность системы автоматического управления – критерий, характеризующий вероятность возникновения чрезвычайной ситуации при обслуживании системы автоматического управления;

– сложность реализации – критерий, определяющий сложность внедрения данного технического решения на новый объект.

2. Экономические критерии оценки ресурсоэффективности:

- конкурентоспособность;
- уровень проникновения на рынок;
- цена;
- предполагаемый срок эксплуатации;
- условия проникновения на рынок.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в таблице 15. В качестве конкурентных разработок выделим систему управления беспилотными автомобилями компаний Google, Tesla и КАМАЗ.

Таблица 15 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы				Конкурентоспособность			
		Разрабатываемая САУ	Google	Tesla	КАМАЗ	Разрабатываемая САУ	Google	Tesla	КАМАЗ
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Оптимальность САУ	0,1	3	5	5	4	0,3	0,5	0,5	0,4
Быстродействие САУ	0,08	3	5	5	3	0,24	0,4	0,4	0,24
Точность САУ	0,08	4	5	5	4	0,32	0,4	0,4	0,32
Устойчивость САУ	0,05	4	5	5	5	0,2	0,25	0,25	0,25
Надежность САУ	0,1	2	4	4	3	0,2	0,4	0,4	0,4
Безопасность САУ	0,05	3	5	5	5	0,15	0,25	0,25	0,25
Сложность реализации	0,08	5	5	5	5	0,4	0,4	0,4	0,4

Продолжение таблицы 15

Критерии оценки	Вес	Баллы				Конкурентоспособность			
		Разрабатываемая CAU	Google	Tesla	КАМАЗ	Разрабатываемая CAU	Google	Tesla	КАМАЗ
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности									
Конкурентоспособность	0,05	2	5	5	3	0,1	0,25	0,25	0,15
Уровень проникновения на рынок	0,05	1	5	5	3	0,05	0,25	0,25	0,15
Цена	0,2	5	1	1	3	1	0,2	0,2	0,6
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	5	4	0,5	0,5	0,5	0,5
Условия проникновения на рынок	0,06	2	5	5	3	0,12	0,3	0,3	0,18
Итого	1	39	55	55	45	3,58	4,1	4,1	3,84

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая система автоматического управления на текущий момент не является конкурентом ведущим автопроизводителям, при этом в будущем система может достигнуть уровня разработки компании «КАМАЗ». Единственный показатель, по которому система безоговорочно выигрывает у конкурентов – это цена.

4.2 Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок

4.2.1 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены

по состоянию на эти даты. Эту информацию необходимо свести в таблицу (таблица 16).

Таблица 16 – Контрольные события проекта

1	Подбор и изучение материалов по теме	03.09.2018-07.10.2018	Список изученной литературы
2	Проведение патентных исследований	08.10.2018-21.10.2018	Список изученных патентов
3	Выбор направления исследования	22.10.2018-31.10.2018	Определение, целей и задач исследования, составление задания
4	Проведение теоретических расчетов и обоснований	01.11.2018-11.11.2018	Обоснование целесообразности проведения исследования
5	Разработка концепции создания автоматизированной системы управления беспилотными автомобилями	12.11.2018-02.12.2018	Разработанные положения концепции системы управления
6	Разработка структурной схемы	03.12.2018-16.12.2018	Разработанная структурная схема
7	Моделирование разработанной системы с помощью средств вычислительной техники	17.12.2018-20.01.2019	Полученные результаты моделирования разработанной системы
8	Тестирование полученных результатов в реальных условиях	21.01.2019-03.03.2019	Полученные результаты тестирования
9	Анализ полученных данных	04.03.2019-31.03.2019	Полученный анализ результатов исследования
10	Составление отчета о проделанной работе	01.04.2019-28.04.2019	Отчет о проделанной работе

4.2.2 План проекта

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Рабочая группа, выполняющая научные исследования, состоит из двух человек: научного руководителя и студента.

Таблица 17 – План проекта

Основные этапы	№ этапа	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	1	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, студент
	2	Проведение патентных исследований	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	5	Разработка концепции создания автоматизированной системы управления беспилотными автомобилями	Студент
Разработка технической документации и практические исследования	6	Разработка структурной схемы	Студент
	7	Моделирование разработанной системы с помощью средств вычислительной техники	Студент
	8	Тестирование полученных результатов в реальных условиях	Студент
Оформление результатов исследований	9	Анализ полученных данных	Руководитель, студент
	10	Составление отчета о проделанной работе	Студент

4.2.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от

множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{\text{ожи}}$ используется следующая формула (1):

$$t_{\text{ожи}} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ожи}}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min } i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max } i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} по формуле (2), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ожи } i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ожи } i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.4 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (3):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2019 году 365 дней; из них 118 выходных и праздничных дней.

Коэффициент календарности рассчитаем следующим образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа. Результаты расчетов сведем в таблицу 18.

Таблица 18 – Трудоемкость проекта

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни						
	НР	С	НР	С	НР	С		НР – научный руководитель; С - студент	НР	С	НР
1. Подбор и изучение материалов по теме	30	30	35	35	32	32	НР, С	16	16	24	24
2. Проведение патентных исследований	-	10	-	14	-	11,6	С	-	11,6	-	17
3. Выбор направления исследований	7	7	10	10	8,2	8,2	НР, С	4,1	4,1	6	6
4. Проведение теоретических расчетов и обоснований	–	7	–	11	–	8,6	С	–	8,6	–	13
5. Разработка концепции создания автоматизированной системы управления беспилотными автомобилями	–	15	–	21	–	17,4	С	–	17,4	–	26

Продолжение таблицы 18

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожср}$, чел-дни						
	НР	С	НР	С	НР	С		НР	С	НР	С
6. Разработка структурной схемы	-	10	-	14	-	11,6	С	-	11,6	-	17
7. Моделирование разработанной системы с помощью средств вычислительной техники	–	27	–	35	–	30,2	С	–	30,2	–	45
8. Тестирование полученных результатов в реальных условиях	–	36	–	42	–	38,4	С	–	38,4	–	57
9. Анализ полученных результатов	21	21	28	28	23,8	23,8	НР, С	16,9	16,9	25	25
10. Составление отчета по проделанной работе	–	25	–	28	–	26,2	С	–	26,2	–	39
Итого								38	181	55	269

По данным таблицы 18 составим диаграмму Ганта, результаты представлены на рисунках 29 и 30.

Задача		Начало	Завершение
		03.09.2018	28.04.2019
1	☐ Разработка автоматизированной системы управления беспилотными транспо...	03.09.2018	28.04.2019
1.1	Подбор и изучение материалов по теме	03.09.2018	07.10.2018
1.2	Подбор и изучение материалов по теме	03.09.2018	07.10.2018
1.3	Проведение патентных исследований	08.10.2018	21.10.2018
1.4	Выбор направления исследования	22.10.2018	31.10.2018
1.5	Выбор направления исследования	22.10.2018	31.10.2018
1.6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	01.11.2018	11.11.2018
1.7	Разработка концепции создания автоматизированной системы	12.11.2018	02.12.2018
1.8	Разработка структурной схемы	03.12.2018	16.12.2018
1.9	Моделирование разработанной системы	17.12.2018	20.01.2019
1.10	Тестирование полученных результатов	21.01.2019	03.03.2019
1.11	Анализ полученных результатов	04.03.2019	31.03.2019
1.12	Анализ полученных данных	04.03.2019	31.03.2019
1.13	Составление отчета о проделанной работе	01.04.2019	28.04.2019

Рисунок 29 – Данные к диаграмме Ганта

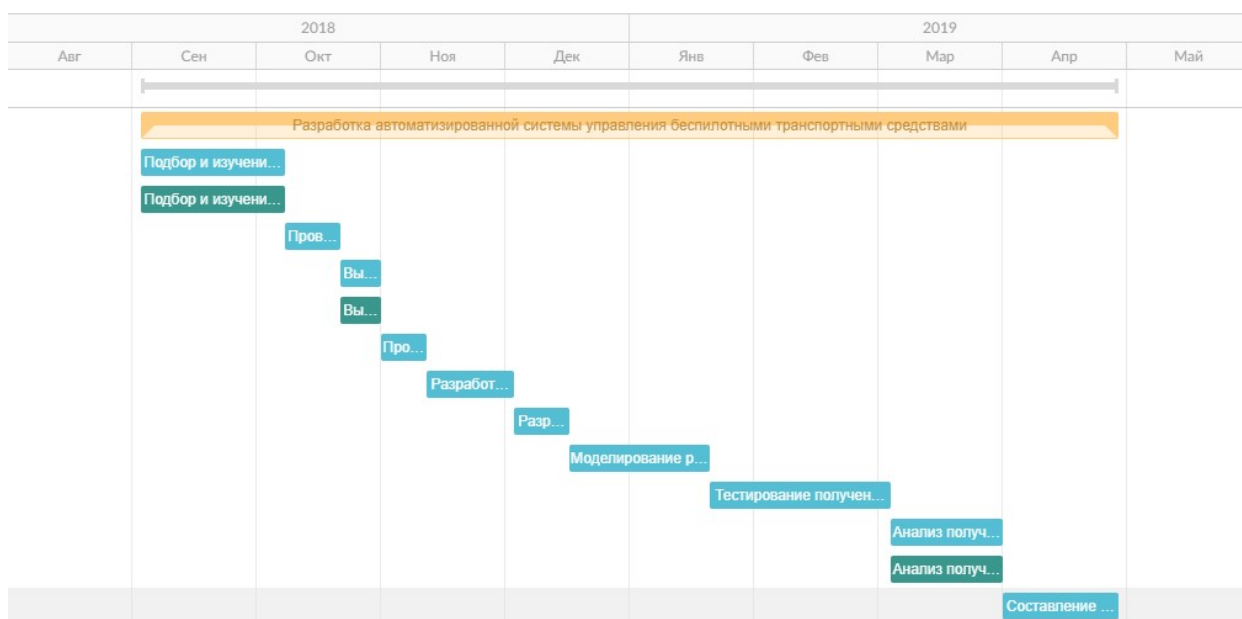


Рисунок 30 – Диаграмма Ганта

4.3 Разработка устава научно-технического проекта

4.3.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для

выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В нашем случае мы будем учитывать только затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (5):

$$C_{эл} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_э, \quad (5)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_э$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_э = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС). Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов. Время работы оборудования найдем по формуле (6):

$$t_{об} = T_{рд} \cdot K_t, \quad (6)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рд}$, определяется исполнителем самостоятельно.

В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования. Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (7):

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_c, \quad (7)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности.

Для технологического оборудования малой мощности $K_c = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Наименование	Время работы оборудования, $t_{об}$, час	Потребляемая мощность, $P_{об}$, кВт	Затраты на электроэнергию, $C_{эл}$, руб
Электричество	1488	0,4	3128,97
Итого:			3128,97

4.3.2 Специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ. Для выполнения работ по данной тематике необходим персональный компьютер и установленное на нем лицензионное программное обеспечение Matlab.

Таблица 20 – Специальное оборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер (ПК) Lenovo Idea Centre 520-22	1	39500	39500
2	Доставка ПК в лабораторию и его последующая настройка	1	5925	5925
3	Лицензия ПО Matlab (1 год)	1	43800	43800
Итого:				89225

4.3.3 Основная и дополнительная зарплата научно-производственного персонала

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия,

выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере (20 –30) % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату, определяется по формуле (8):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по формуле (9):

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (9)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (10):

$$З_{дн} = \frac{З_M \cdot M}{F_D}, \quad (10)$$

где $З_M$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 21)

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (11):

$$З_M = З_{тс} \cdot k_p, \quad (11)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 22.

Таблица 21 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	120	120
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	50	70
Действительный годовой фонд рабочего времени	195	175

Таблица 22 – Основная заработная плата исполнителей темы

Исполнитель	Оклад (руб.)	Среднедневная заработная плата за день (руб./дн.)	Трудоемкость(дн.)		Основная зарплата (руб.)	
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Научный руководитель	26500	1292,68	55	38	71097,40	49121,84
Студент	2250	109,76	269	181	29525,44	19866,56
Итого:					100622,84	68988,40

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при

предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (12):

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (12)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12).

Таблица 23 – Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Исполнитель	Основная заработная плата (руб.)		Дополнительная заработная плата (руб.)	
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Научный руководитель	71097,40	49121,84	8531,69	5894,62
Студент	29525,44	19866,56	3543,05	2383,99
Итого			12074,74	8278,61

4.3.4 Отчисления на социальные нужды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы (13):

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (13)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, вводится пониженная ставка – 27,1%. На стипендию

студента отчисления во внебюджетные фонды не осуществляются. Результаты расчетов представлены в таблице (таблица 24).

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Зарплата	Исполнения	
	Исп. 1	Исп. 2
Основная	71097,40	49121,84
Дополнительная	8531,69	5894,62
Коэффициент	0,271	
Итого	21579,48	14909,46

4.3.5 Научные и производственные командировки

В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Для того, чтобы представить свои разработки широкому кругу лиц, в том числе и инвесторам, необходимо использовать выставки и фестивали. Одним из таких мероприятий может стать всероссийский робототехнический фестиваль «Робофест», который проходит в г. Москва. Рассчитаем необходимые расходы для командировки.

Таблица 25 – Научные и производственные командировки

Статья расходов	Количество	Цена за единицу (Исп. 1), руб	Цена за единицу (Исп. 2), руб	Исп. 1	Исп. 2
Авиабилеты Томск-Москва- Томск	1	12700	9450	12700	9450
Аэроэкспресс	2	500	420	1000	840

Продолжение таблицы 25

Статья расходов	Количество	Цена за единицу (Исп. 1), руб	Цена за единицу (Исп. 2), руб	Исп. 1	Исп. 2
Суточные	3	800	800	2400	2400
Проживание	3	3500	2800	10500	8400
Итого:				26600	21090

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по формуле (14):

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов примем в размере 40%.

Таблица 26 – Накладные расходы

Статья расходов	Исполнение	
	Исп. 1	Исп. 2
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	3128,97	3128,97
Специальное оборудование для научных работ	89225,00	89225,00
Основная зарплата	100622,84	68988,40
Дополнительная зарплата	12074,74	8278,61
Отчисления во внебюджетные фонды	21579,48	14909,46

Продолжение таблицы 26

Статья расходов	Исполнение	
	Исп. 1	Исп. 2
Научные и производственные командировки	26600,00	21090,00
Коэффициент накладных расходов	0,40	
Накладные расходы	101292,41	82248,18

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Сырье, материалы, покупные изделия	3128,97	3128,97	Пункт 3.1
2. Специальное оборудование для научных работ	89225,00	89225,00	Пункт 3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	100622,84	68988,40	Пункт 3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12074,74	8278,61	Пункт 3.3

Продолжение таблицы 27

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
5. Отчисления во внебюджетные фонды	21579,48	14909,46	Пункт 3.4
6. Научные и производственные командировки	26600,00	21090,00	Пункт 3.5
7. Накладные расходы	101292,41	82248,18	40 % от суммы Пунктов 3.1-3.5
8. Бюджет затрат НТИ	354523,44	287862,62	Сумма пунктов 3.1-3.7

4.4 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (15):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 28 – Расчет интегрального финансового показателя

Исполнение	Бюджет НТИ, руб.	Интегральный финансовый показатель
Исполнение 1	354523,44	1
Исполнение 2	287862,62	0

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах. Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (16):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
Функциональная мощность	0,1	5	4
Скорость работы	0,25	5	4
Надежность	0,25	5	5
Удобство эксплуатации	0,18	5	5
Точность	0,22	5	4
Итого	1	5	4,43

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,22 = 5$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,22 = 4,43$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (17):

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп.1}^{финр}}, \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта $\mathcal{E}_{cp}$ находится по формуле (18):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}, \quad (18)$$

Результаты полученных показателей занесем в таблицу 29.

Таблица 29 – Расчет сравнительной эффективности вариантов исполнения

Исполнение	$I_{p-исп}$	$I_{исп. финр}$	$I_{исп.}$	$\mathcal{E}_{cp}$	
				Исп. 1	Исп. 2
Исполнение 1	5	1	5	1	1,13
Исполнение 2	4,43	0,82	5,40	0,93	1

Проанализировав полученные данные, можно говорить о том, что наиболее эффективным вариантом исполнения проекта будет исполнение 2, которое на 13% эффективнее варианта исполнения 1.

4.4.2 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью

является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска.

Определим показатели, при этом будем считать, что продолжительность шага расчета равна одному году. Предполагается, что поступления денежных средств заносятся в таблицу со знаком "+", а расходование (оттоки) - со знаком "-". Также учтем планируемые инвестиции от Фонда содействия инновациям по программам «УМНИК» и «СТАРТ» в размере 500 тысяч рублей и 2 миллионов рублей соответственно. Составим план денежных потоков.

Таблица 30 – План денежных потоков

№	Показатель, млн. руб	Номер шага (периода) расчета (t)					
		0	1	2	3	4	5
Операционная деятельность							
1	Выручка без НДС	0,0	0,65	0,85	1,16	1,45	2,00
2	Полные текущие издержки, в том числе:	0,0	-0,508	-0,659	-0,922	-1,153	-1,557
3	прямые материальные затраты	0,0	-0,093	-0,121	-0,169	-0,211	-0,285
4	ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды	0,0	-0,134	-0,174	-0,244	-0,305	-0,412
5	Силовая энергия	0,0	-0,003	-0,004	-0,006	-0,008	-0,011
6	Общепроизводственные расходы	0,0	-0,120	-0,156	-0,218	-0,273	-0,369
7	Общехозяйственные расходы	0,0	-0,101	-0,131	-0,183	-0,229	-0,309
8	Коммерческие расходы	0,0	-0,027	-0,035	-0,049	-0,061	-0,082
9	Прочие расходы	0,0	-0,030	-0,038	-0,053	-0,066	-0,089
10	Денежный поток от производственной (операционной) деятельности (п.1-п.2)	0,0	0,142	0,191	0,238	0,297	0,443

Продолжение таблицы 30

№	Показатель, млн. руб	Номер шага (периода) расчета (t)					
		0	1	2	3	4	5
Инвестиционная деятельность							
11	Поступление инвестиций	0,5	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
12	Капиталовложения, обслуживание инвестиций	-0,25	-0,20	-0,80	-0,70	-0,60	0,0
13	Сальдо от инвестиционной деятельности (п.11+п.12)	0,25	-0,20	1,20	-0,70	-0,60	0,0
14	Сальдо суммарного потока (п.10+п.13)	0,25	-0,058	1,391	-0,462	-0,303	0,443
15	Сальдо накопленного потока	0,25	0,192	1,583	1,121	0,818	1,261
16	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1,00	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
17	Дисконтированное сальдо суммарного потока (стр.14*стр.16)	0,25	-0,053	1,149	-0,347	-0,207	0,275
18	Дисконтированные инвестиции (стр.12*стр.16)	-0,25	-0,182	-0,661	-0,528	-0,410	0

Рассчитаем чистый дисконтированный доход, как суммирование строки 17:

$$\text{ЧДД} = 0,25 - 0,053 + 1,149 - 0,347 - 0,207 + 0,275 = 1,067 \text{ млн. руб.}$$

Таким образом, проект является экономически эффективным. Рассчитаем внутреннюю норму доходности (ВНД), она составляет 22,6 %. Это еще раз подтверждает эффективность проекта, так как $\text{ВНД} > E$.

За счет того, что в наш проект будут поступать инвестиции от Фонда содействия инновациям, то разработанные решения окупятся на нулевом периоде.

Потребность в финансировании (ПФ) определяется минимальным значением по строке 15 и равно 0,192 млн. руб (в периоде 1).

Определим дисконтированный индекс доходности (ИДД), для этого найдем сумму дисконтированных инвестиций (ДК). Для всех инвестиций ДК равна абсолютной величине суммы элементов строки 18:

$$ДК = 0,25 + 0,182 + 0,661 + 0,528 + 0,410 = 2,031 \text{ млн.руб.}$$

Тогда:

$$ИДД = 1 + \frac{ЧДД}{ДК} = 1 + \frac{1,067}{2,031} = 1 + 0,52 = 1,52$$

Степень устойчивости проекта по отношению к возможным изменениям условий реализации может быть охарактеризована показателями границ безубыточности и предельных значений таких параметров проекта, как объемы производства, цены производимой продукции, ограниченность применяемых ресурсов и пр. Одним из наиболее распространенных показателей этого типа является уровень безубыточности.

Оценим уровень безубыточности для нашего проекта. Обычно к переменным относят все прямые затраты (материальные, зарплата основных рабочих-сдельщиков, силовая энергия) и затраты на сбыт, а остальные - к постоянным. Расчет сведем в таблицу. Данные берем по абсолютной величине (со знаком "плюс").

Таблица 31 – Расчет безубыточности

№	Показатель, млн. руб	Номер шага (периода) расчета (t)					
		0	1	2	3	4	5
1	Выручка без НДС	0,0	0,65	0,85	1,16	1,45	2,00
2	Полные текущие издержки, в том числе:	0,0	0,508	0,659	0,922	1,153	1,557
3	Прямые материальные затраты	0,0	0,093	0,121	0,169	0,211	0,285

Продолжение таблицы 31

№	Показатель, млн. руб	Номер шага (периода) расчета (t)					
		0	1	2	3	4	5
4	ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды	0,0	0,134	0,174	0,244	0,305	0,412
5	Силовая энергия	0,0	0,003	0,004	0,006	0,008	0,011
6	Общепроизводственные расходы	0,0	0,120	0,156	0,218	0,273	0,369
7	Общехозяйственные расходы	0,0	0,101	0,131	0,183	0,229	0,309
8	Коммерческие расходы	0,0	0,027	0,035	0,049	0,061	0,082
9	Прочие расходы	0,0	0,030	0,038	0,053	0,066	0,089
10	Условно переменные издержки (стр.3+4+5+8)	0,0	0,257	0,334	0,495	0,585	0,790
11	Уровень безубыточности УБт [стр.2 – стр.10)/(стр.1-стр.10)]	0,0	0,66	0,65	0,67	0,66	0,66

Из проведенных расчетов можно заключить, что устойчивость проекта особых подозрений не вызывает.

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Однако следует признать, что основным методом оценки социальной эффективности проекта остается экспертный метод.

Приведем оценку социальной эффективности проекта по разработке автоматизированной системы управления беспилотными транспортными средствами.

Таблица 32 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Наличие дорожно-транспортных происшествий в связи с наличием человеческого фактора	Отсутствие человеческого фактора - беспилотные автомобили не способны попасть в аварию по вине водителя, так как их поведением на дороге управляет система датчиков, сенсоров, камер и умной электроники.
Наличие пробок в городе	Минимизация пробок, поскольку это вина автомобилистов, а не их машин, за исключением случаев, когда автомобиль сломался прямо на проезжей части.
Проблемы с парковкой в городе	Отсутствие проблем с парковкой, поскольку по достижении пункта назначения пассажир может покинуть салон, и машина сможет вернуться в гараж.
Загрязнение окружающей среды выхлопными газами автомобилей	Снижение нагрузки на экологию за счет того, что беспилотники будут работать на электричестве или топливных ячейках, что снижает уровень выбросов вредных веществ до минимума.
Продолжительные сроки доставки грузов	Уменьшение сроков доставки грузов, поскольку автономным транспортным средствам не требуется время на отдых.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В настоящее время автомобильная индустрия претерпевает существенные изменения: ввиду развития техники и прогресса в сфере информационных технологий одной из наиболее актуальных задач является создание беспилотных транспортных средств, в том числе беспилотных автомобилей.

Автономные системы управления транспортом учитывают не только инфраструктурные данные (дороги, разметку, светофоры и пр.). Это огромные компьютеры, которые имеют множество камер, датчиков, сканеров, могут моментально обрабатывать информацию и принимать решение о маневрировании, исходя из конкретной обстановки на дороге. Конечно, чем лучше качество дорог и разметки, и чем более предсказуемы действия других водителей (имеется в виду движение с учетом ПДД), тем безопаснее будет движение беспилотного автомобиля.

В процессе трудовой деятельности на специалиста, разрабатывающего автоматизированную систему управления беспилотными транспортными средствами, могут оказывать воздействие различного рода производственные факторы. Для их предупреждения и сохранения здоровья работника предусматривается ряд мер по обеспечению безопасности трудовой деятельности.

В магистерской диссертации выполняется разработка автоматизированной системы управления беспилотными транспортными средствами на основе V2X технологий. Применяться разработанная система будет на дорогах общего пользования.

Стейкхолдерами системы управления станут автопроизводители и технологические компании в данной отрасли. Данная система приведет к снижению количества дорожно-транспортных происшествий. В ходе выполнения работы были проведены теоретические исследования, а также

осуществлено проектирование системы управления автономными транспортными средствами.

Основными инструментами для выполнения поставленных задач являются средства вычислительной техники – персональный компьютер, устанавливаемое программное обеспечение и периферийные устройства. При разработке системы на здоровье человека влияют определенные негативные факторы, например, нагрузка на зрение, вредные шумы и излучения, неправильная поза за компьютером, а также психологическая нагрузка.

Целью данного раздела магистерской диссертации является анализ опасных и вредных факторов труда, анализ степени их влияния на человека и выявление потенциальных мер по нивелированию их воздействия на инженера. Кроме этого, были рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, пожарной безопасности, а также организационно-правовые вопросы.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Во время продолжительной работы за компьютером инженер длительный период пребывает за компьютером, сидя у монитора, в одной позе. Данный фактор наряду с излучением, нагрузкой на зрение и т.п. наносит неблагоприятное воздействие на человека. Поэтому при работе за компьютером следует в обязательном порядке делать перерывы.

Трудовой кодекс РФ данный вопрос напрямую не регулирует, но при этом работодатель обязан предоставлять работникам перерывы. Согласно статье 107 Трудового кодекса РФ одним из видов отдыха в процессе рабочего дня являются перерывы. На основании статьи 109 ТК РФ работники в течение рабочего дня имеют право на отдых, что вызвано спецификой условий работы. Работодатель обязан предусматривать порядок предоставления перерывов в правилах внутреннего распорядка.

Статья 27 Закона о санитарно-эпидемиологическом благополучии от 30 марта 1999 года регулирует вопросы влияния различных устройств (в том числе и ЭВМ) на здоровье работника.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (утверждены 30 мая 2003 года) [36] регулируют порядок организации рабочего процесса для лиц, труд которых связан с компьютерной техникой. Согласно приложению 7 к данному документу, в зависимости от степени нагрузки и времени работ, время отдыха должно составлять от 50 до 140 минут в течение рабочего дня. При этом данные перерывы не должны увеличивать продолжительность рабочего дня. За нарушение данных правил предусмотрена административная ответственность (ст. 6.3 КоАП).

В статье 22 Трудового кодекса РФ указано, что работодатель обязан обеспечивать безопасность работника и соответствие условий труда всем необходимым требованиям.

Типовая инструкция ТОИ Р-45-084-01 (утверждена 2 февраля 2001 года) более детально регламентирует данный вопрос. Согласно данному документу, без перерыва работник может находиться за монитором компьютера не более двух часов. Перерывы выполняются с целью снижения усталости глаз и уменьшения их напряжения.

В зависимости от вида и времени осуществляемой работы инструкция устанавливает разделение путем классификации по группам:

- А – чтение информации с монитора по сделанному запросу;
- Б – печатание на клавиатуре с целью ввода информации;
- В — творческая работа.

Кроме этого, предусмотрено деление на категории сложности работ:

- для группы А (не свыше 60000 считываемых знаков за смену) перерыв составляет 15 минут, предоставляется два раза – через два часа после начала работы и перерыва на обед;

- для группы Б (не свыше 40000 напечатанных знаков за смену) перерыв составляет 10 минут через каждый трудовой час;
- для группы В (не свыше шести часов за смену) перерыв составляет 15 минут через каждый трудовой час.

Если смена длится двенадцать часов, время регламентированных перерывов при работе на компьютере за восемь часов работы предоставляется в вышеуказанном порядке, а за оставшиеся четыре часа – пятнадцать минут за каждый час (вне зависимости от категории).

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

К вредным психофизиологическим факторам можно отнести:

- умственное перенапряжение;
- статические физические нагрузки;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Для минимизации влияния данных факторов на производительность и здоровье работника необходимо корректно организовать работу с ЭВМ в зависимости от категории и вида трудовой деятельности. Для предотвращения утомления, снижения влияния гипокинезии и гиподинамии целесообразно выполнять специализированные комплексы упражнений.

Также для минимизации вредных психофизиологических факторов следует организовать рабочие места согласно требованиям и нормам. Организация рабочих мест для пользователей ЭВМ осуществляется в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;

- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;
- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы;
- поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;
- конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПК, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины; тип рабочего стула выбирается с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПК.

5.2 Профессиональная социальная безопасность

Для выполнения данной работы в качестве оборудования используется персональный компьютер. Это учитывается при рассмотрении вредных и опасных факторов. Классификация вредных и опасных факторов проведена в соответствии с СанПиН 2.2.2.1332-03. Данный документ устанавливает требования к проектируемым, строящимся, реконструируемым и существующим производствам, с постоянными и непостоянными рабочими местами и предназначены для организаций, имеющих вышеперечисленные производства, а также для проектных, строительных и других организаций, занимающихся вопросами проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации учреждений, где используется копировально-множительная техника.

Возможные опасные и вредные факторы при выполнении магистерской диссертации на разных этапах работ отражены в таблице 33.

Таблица 33 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Требования к микроклимату, шуму, электромагнитному излучению устанавливаются СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы» [1]. Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[2].
2. Превышение уровня шума	+	+		
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+			
4. Электромагнитное и электростатическое излучения	+	+	+	

Поскольку современные жидкокристаллические мониторы отвечают всем нормам по ионизирующему излучению, оно в данной работе не рассматривается.

5.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Для помещения с компьютером существуют определенные требования к температуре, влажности и наличию пыли. Температура должна находиться на уровне (21 – 25) °С, относительная влажность – (40 – 60) %, уровень аэроионов – от (400 – 600) до 50 000 (оптимальный – 1500 – 5000).

Это оптимальные условия для обеспечения максимально комфортного теплового баланса температуры тела человека и его терморегуляции. Если температура выше нормы, кровеносные сосуды расширяются, и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры кровеносные

сосуды соответственно сужаются приток крови к телу замедляется, и теплоотдача уменьшается.

На терморегуляцию организма влияет также влажность воздуха. Слишком высокая влажность (более 85 %) затрудняет терморегуляцию, а слишком низкая (менее 20 %) вызывает пересыхание слизистых, причем не только дыхательных путей, но и глаз.

Не менее важна оптимальная влажность в помещении: чем она выше, тем слабее влияние электростатических и электромагнитных полей, уровень излучения которых в помещении, где установлен компьютер, всегда повышен.

Принципиальным фактором в микроклимате помещения с компьютером является уровень пыли. Человеческий организм плохо адаптирован к условиям повышенной запыленности. Квартирно–офисная пыль сильно отличается от природной. Офисная пыль может содержать частицы мебельных тканей, клея, строительных материалов, частицы кожи человека и домашних животных, в том числе грызунов, споры микроскопических плесневых и дрожжевых грибов, различные виды клещей, волокна хлопка, льна, бумаги, бактерии и вирусы.

Такая пыль, попав в легкие, может вызвать различные заболевания – от аллергических реакций до хронических катаров верхних дыхательных путей, ларингита, хронического насморка, трахеита и даже хронического бронхита.

Учитывая высокий уровень электромагнитного излучения в помещении с компьютером, пыль не оседает на поверхностях. Она электризуется от экрана монитора и висит в воздухе, поэтому гораздо проще попадает в легкие и на слизистые человека. По этой причине чистоте помещения, где есть компьютер, следует уделять особенное внимание. Влажная уборка в таком помещении должна проводиться не реже трех раз в неделю в офисе и не реже раза в неделю дома. Кроме этого, помещение, где стоит компьютер, должно хорошо проветриваться.

5.2.2 Превышение уровня шума

В производственных помещениях, в которых работа на ПЭВМ является вспомогательной, уровни шума на рабочих местах не должны превышать значений, установленных для данных видов работ "Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах".

При выполнении основной работы на ПЭВМ (диспетчерские, операторские, расчетные кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА.

В таблице 34 приведены предельные уровни звукового давления в октавных полосах, а также предельные уровни звука для видов работ, выполняемых специалистом за испытательной установкой.

Таблица 34 – Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звуча (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В помещениях, где работают инженерно-технические работники, осуществляющие лабораторный, аналитический или измерительный контроль, уровень шума не должен превышать 60 дБА.

В помещениях операторов ЭВМ (без дисплеев) уровень шума не должен превышать 65 дБА.

На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин (АЦПУ, принтеры и т.п.) уровень шума не должен превышать 75 дБА.

При выполнении работ с ПЭВМ в производственных помещениях уровень вибрации не должен превышать допустимых значений согласно "Санитарным нормам вибрации рабочих мест".

Шумящее оборудование (АЦПУ, принтеры и т.п.), уровни шума которого превышают нормированные, должно находиться вне помещения с ВДТ и ПЭВМ.

Снизить уровень шума в помещениях с ВДТ и ПЭВМ можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот (63 – 8000) Гц для отделки помещений (разрешенных органами и учреждениями Госсанэпиднадзора России), подтвержденных специальными акустическими расчетами.

Дополнительным звукопоглощением служат однотонные занавеси из плотной ткани, гармонирующие с окраской стен и подвешенные в складку на расстоянии (15 – 20) см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна.

5.2.3 Отсутствие или недостаток естественного света

Освещение рабочего места за компьютером играет важную роль в комплексе мероприятий по охране труда. Глаза не должны страдать от яркого света или, наоборот, от затемнения.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть (300 – 500) лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 - 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенные [37].

5.2.4 Электромагнитное и электростатическое излучения

Компьютер является источником электростатического и электромагнитного поля. Электромагнитные поля контролируют в двух диапазонах: от 5 Гц до 2 кГц, от 2 до 400 кГц. Измерения проводят на

рабочих местах пользователей стационарных и портативных персональных компьютеров. Контролируют следующие параметры: напряженность электрического и магнитного поля, напряженность электростатического поля.

Среди неудовлетворительных результатов измерений электромагнитного поля персональных компьютеров, превышения напряженности чаще всего наблюдаются у электрического поля, реже у магнитного поля. Как показывает практика, при использовании современных сертифицированных мониторов электромагнитная обстановка на рабочем месте в значительной степени определяется наличием заземления в помещении.

Если в помещении присутствует качественное заземление, а напряженность электрического поля в (2 – 400) кГц превышает допустимые уровни, необходимо поменять монитор. Если в помещении отсутствует заземление, то напряженность электрического поля возрастает в обеих частотах. При наличии в помещении сторонних источников электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) возрастает напряженность на частоте (5 – 2000) Гц по обоим параметрам. Скученность компьютеров негативно влияет на электромагнитную обстановку в целом.

Чтобы исключить негативные воздействия этих факторов на организм человека, необходимо иметь качественное заземление компьютера. Заземлять технику самостоятельно не рекомендуется, следует обращаться к профессионалам. Нельзя подключать заземляющий провод к молниеотводу, газопроводу и трубам отопления. Все это может привести к поломке компьютера и другим нежелательным последствиям.

При правильной организации рабочего места пользователя, при наличии заземления негативное влияние электромагнитных полей на организм человека можно исключить. Необходимо проводить

производственный контроль электромагнитного излучения от персональных компьютеров на рабочих местах периодичностью один раз в год.

5.3 Экологическая безопасность

Защита окружающей среды — это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Охрана окружающей среды - деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных объединений и некоммерческих организаций, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным, малоотходным и энергосберегающим технологиям и производствам.

При выполнении данной работы не осуществляется выбросов вредных веществ в атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха может возникнуть в случае возникновения пожара в помещении, в этом случае дым от пожара будут являться антропогенным загрязнением атмосферного воздуха.

В ходе выполнения данной работы не происходило значительного загрязнения гидросферы, образовывались лишь хозяйственно – бытовые воды. Бытовые сточные воды помещения образуются при эксплуатации туалетов, столовой, а также при мытье рук, полов и т.п. Данные воды отправляются на городскую станцию очистки. Загрязнение гидросферы осуществляют производственные отходы, в качестве которых в данном

случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров, плат, контроллеров.

Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Важнейшим этапом обращения с отходами является их сбор, а в дальнейшем переработка, утилизация и захоронение. Еще одним из способов снижения бумажных отходов является хранение данных на электронных носителях.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Одной из наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть при эксплуатации беспилотного автомобиля является дорожно-транспортное происшествие. Под ошибками в работы программного обеспечения понимается либо отличное от задуманного функционирование различных компонентов системы, либо же полное отсутствие требуемого функционала как следствие ошибок в реализации приложения. Подобные проблемы могут проявляться из-за ошибок в коде приложения, которая взаимодействует с базой данных, или же ошибочная структура базы данных обучающей выборки сама по себе.

Различают несколько основных видов дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Столкновение - происшествие, при котором движущиеся автономные транспортные средства столкнулись между собой или с подвижным железнодорожным составом.

Опрокидывание - происшествие, при котором движущееся автономное транспортное средство потеряло устойчивость и опрокинулось. К этому виду происшествий не относятся опрокидывания, вызванные столкновением автономных транспортных средств или наездом на неподвижные предметы.

Наезд на препятствие - происшествие, при котором автономное транспортное средство наехало или ударилось о неподвижный предмет (опора моста, столб, дерево, ограждение и т.д.).

Наезд на пешехода - происшествие, при котором автономное транспортное средство наехало на человека или он сам натолкнулся на движущееся автономное транспортное средство, получив травму.

Наезд на велосипедиста - происшествие, при котором автономное транспортное средство наехало на человека, передвигающегося на велосипеде (без подвесного двигателя), или он сам натолкнулся на движущееся автономное транспортное средство, получив травму.

Наезд на стоящее транспортное средство - происшествие, при котором движущееся автономное транспортное средство наехало или ударилось о стоящее автономное транспортное средство.

Наезд на гужевой транспорт - происшествие, при котором автономное транспортное средство наехало на упряжных, вьючных или верховых животных или на повозки, транспортируемые этими животными.

Наезд на животных - происшествие, при котором автономное транспортное средство наехало на диких или домашних животных (исключая животных, указанных выше).

На данный момент беспилотные транспортные средства не в состоянии учитывать все многообразие ситуаций, возникающих на дороге. Поэтому, необходимо продумать алгоритм движения беспилотного транспортного средства и систему распознавания дорожных знаков, которая будет работать без сбоев.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть при выполнении данной магистерской диссертации, является пожар, так как происходит эксплуатация устройств электропитания, электронных схем ЭВМ и других источников возникновения пожара. В результате различных неполадок, образующих перегретые элементы и электрические искры, может произойти возгорание горючих материалов.

В соответствии с правилами определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, регламентируемыми правилами устройства электроустановок, помещение, в котором была написана данная работа, относится к категории В, так как в помещении находятся сгораемые вещества и материалы (шкафы, столы, стулья, документация), для питания вычислительной техники используется напряжение 220В переменного тока.

Для предупреждения возникновения пожара в помещении необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильные размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

1. Противопожарный инструктаж работников;
2. Изучение правил техники безопасности;
3. Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

1. Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;

2. Обеспечение свободного подхода к оборудованию. В комнате рабочие места размещены так, что расстояние между рабочими местами с видеотерминалами (от поверхности экрана одного, до поверхности экрана другого) составляет порядка 2,5 м, расстояния между боковыми поверхностями порядка 1,5 м, что соответствует нормам. Из вышесказанного следует, что дополнительных мер защиты не требуется;

3. Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

Технические:

1. Соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре квартиры на досягаемом расстоянии находится рубильник, обесточивающий всю квартиру.

2. Профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования. В коридоре помещения, в котором выполнялась магистерская диссертация, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит. Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

В данном разделе магистерской диссертации был проведен анализ на выявление опасных и вредных факторов рабочего места инженера, разработаны меры по снижению воздействия этих факторов на человека: в качестве мер по снижению шума, воздействующего на людей в рабочем помещении, предусмотрено использование звукопоглощающих материалов;

в качестве мер по улучшению микроклимата предусмотрено поддержание в помещении оптимальной температуры и влажности воздуха; в качестве мер по снижению недостатка освещенности предусмотрено использование искусственного освещения; в качестве мер по снижению электромагнитного и электростатического излучения предусмотрено заземление компьютера.

Также были рассмотрены вопросы по производственной санитарии, технике безопасности, пожарной безопасности, охране окружающей среды.

Заключение

Развивающиеся мобильные технологии существенно меняют окружающую среду, проникая во все отрасли, в том числе автомобильную промышленность. Развитие технологий V2X позволит решить три самые важные задачи для современного дорожного движения: сократить в разы количество опасных ДТП, многочасовые «пробки», а также ускорить внедрение автоматизированных автомобилей в повседневную жизнь.

В первом разделе работы был проведен обзор источников литературы по тематике исследования и были освещены вопросы истории развития беспилотных транспортных средств, интеллектуальных транспортных систем и взаимодействия беспилотных транспортных средств с использованием V2X технологий.

Во втором разделе была осуществлена разработка концепции создания системы управления движением беспилотных транспортных средств на основе V2X технологий: разработана структура интеллектуальной транспортной системы, архитектура сети и состав системы автономного вождения и изучены общие проблемы создания автономных транспортных средств.

В третьем разделе работы были проведено моделирование транспортных потоков на примере г. Томска и осуществлен сравнительный анализ между транспортными средствами с обычным водителем, автономным автомобилем и с использованием V2X технологии. Анализ результатов показал, что внедрение V2X в дорожную инфраструктуру оказывает положительное влияние на количество дорожных заторов, скорость движения дорожного потока, расход топлива, выбросы выхлопных газов в атмосферу.

В четвертой главе были освещены вопросы финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Приведен календарный план-

график работ выполнения ВКР, рассчитана смета затрат на разработку темы проекта и оценка эффективности разработанной системы.

В пятой главе проведен анализ на выявление опасных и вредных факторов рабочего места инженера, разработаны меры по снижению воздействия этих факторов на человека: в качестве мер по снижению шума, воздействующего на людей в рабочем помещении, предусмотрено использование звукопоглощающих материалов; в качестве мер по улучшению микроклимата предусмотрено поддержание в помещении оптимальной температуры и влажности воздуха; в качестве мер по снижению недостатка освещенности предусмотрено использование искусственного освещения; в качестве мер по снижению электромагнитного и электростатического излучения предусмотрено заземление компьютера.

Также были рассмотрены вопросы по производственной санитарии, технике безопасности, пожарной безопасности, охране окружающей среды.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Кремлев И.А., Тырышкин А.В. Создание объектов инфраструктуры для организации движения беспилотных транспортных средств // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. -Томск: Изд-во ТПУ, 2019. - С. 370-371.
2. Кремлев И.А. Совершенствование алгоритмов распознавания дорожных знаков в сложных погодных условиях // Когнитивная робототехника: материалы международной конференции (7–10 декабря 2016 г.). -Томск: Изд-во ТГУ, 2016. - С. 17-18.
3. Kremlev I.A., Vumyatnina D.V. Legal aspects in the legislation of robotics // Journal of Economics and Social Sciences. - 2017. - № 10. - С. 20-23.
4. Кремлев И.А., Вымятина Д.В. Искусственный интеллект – проблемы правовой регламентации // Интеллектуальные энергосистемы: материалы V Международного молодежного форума. -Томск: Изд-во ТПУ, 2017. - С. 181-184.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Юрчевский А.А. Исследование автомобиля, как объекта программного управления: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1968. - 211 с.
2. Жанказиев С.В., Власов В.М. Научные подходы к формированию государственной стратегии развития интеллектуальных транспортных систем // Автотранспортное предприятие. – М., 2016. - №7. - С. 2-8.
3. Buehler M., Iagnemma K., Singh S. The DARPA Urban Challenge. Autonomous Vehicles in City Traffic. –Springer, 2016. 651 p.
4. Volkswagen разработал автопилот для машин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://quto.ru/journal/curious/15688/>. – Загл. с экрана.
5. Беспилотные автомобили Ford появятся в Европе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2016/11/30/ford-europe> – Загл. с экрана.
6. ГОСТ Р ИСО 15622-2017 Интеллектуальные транспортные системы. Системы адаптивного круиз-контроля. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытания. – М.: Стандартинформ, 2017. – 27 с.
7. Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport // Official Journal of the European Union. – Brussels, 2010. 13 p.
8. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог. В 2 т.: учебник для студ. высших учеб. заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2016. - 320 с.
9. Власов В.М. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе. - М.: МАДИ, 2018. – 487 с.
10. Козлов Л.Н. О концептуальных основах формирования ИТС в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.intsyst.net/report/its_2009/doc_03.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

11. Материалы XV Всемирного конгресса по ИТС «Связи ИТС: экономия времени, спасение жизней». Нью-Йорк, 2009. – 250 с.
12. Материалы I Российского международного конгресса по интеллектуальным транспортным системам. Москва, 2010. – 133 с.
13. Козлов Л.Н., Циклис Б.Е., Урличич Ю.М. О концептуальных подходах формирования и развития ИТС в России // Т-Comm. – 2015. - №6. - С. 9-14.
14. Худяков Г.И. Концепция создания единой интеллектуальной транспортной системы в России: состояние и перспективы. [Электронный ресурс]. – 2009. - Режим доступа: http://www.intsyst.net/report/its_2009/doc_01.pdf. – Загл. с экрана.
15. Керимов М.А., Сафиуллин Р.Н. Интеллектуальные бортовые системы на автомобильном транспорте: монография. - М.: Издательский центр «Директ-Медиа», 2017. - 355 с.
16. Пржибыл Павел. Телематика на транспорте: пер. с чешск. О. Бузека и В. Бузковой; под ред. проф. В.В. Сильянова. – М.: Изд-во МАДИ, 2016. – 540 с.
17. Towards Fair and Efficient Pricing in Transport Policy. Policy Options for Internalising the External Cost of Transport in the European Union. GreenPaper. COM (95) 691 final. [Электронный ресурс]. – 2004. - Режим доступа: http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com95_691_en.pdf. – Загл. с экрана.
18. J. Noah, B. Smith, B. Park. Traffic Signal Control with Connected Vehicles, Paper submitted to TRB Annual Meeting 2013. Washington, D.C., 2012. – 78 p.
19. G. Jin I., G. Orosz. Dynamics of connected vehicle systems with delayed acceleration feedback. // Transportation Research. – 2014. - P. 46–64.

20. S. Ilgin, M. Menendez, L. Meier. Using connected vehicle technology to improve the efficiency of intersections // *Transportation Research*. – 2014. - P. 121–131.
21. ITS Joint Program Office Research and Innovative Technology Administration (RITA). Achieving the Vision: From VII to IntelliDrive. Policy White Paper. Washington, D.C., 2010. – 55p.
22. S. Shladover. An experimental comparative study of autonomous and cooperative vehicle-follower control systems // *Transportation Research*. – 2001. - P. 15–31.
23. Кудашев В.К. Разработка окружения для симуляции и тестирования сценариев автомобильных коммуникаций: выпускная квалификационная работа магистра.-Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018 г. – 54 с.
24. Маркелов В.М. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления // *Государственный советник*. – 2014. – С. 11-14.
25. Tahirovic A., Magnani G. Passivity-Based Model Predictive Control for Mobile Vehicle Motion Planning. – Springer, 2013. 64 p.
26. Систук В.А., Богачевский А.А., Шумский В.Ю. Возможности использования программы имитационного моделирования PTV VISSIM для подготовки специалистов по направлениям «Транспортные технологии» и «Автомобильный транспорт».-2016. - Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/331469506_VOZMOZNOSTI_ISPOLZOVANIA_PROGRAMMY_IMITACIONNOGO_MODELIROVANIA_PTV_VISSIM_DLA_PODGOTOVKI_SPECIALISTOV_PO_NAPRAVLENIAM_TRANSPORTNYE_TEHNOLOGII_I_AVTOMOBILNYJ_TRANSPORT. – Загл. с экрана.
27. Боровков А.О., Куфтинова Н.Г. Анализ транспортных потоков с помощью программных средств имитационного моделирования.//

Автоматизация и управление в технических системах. – 2017. – № 2. – С. 2-10.

28. Швецов В.Л., Андреева Е.А. Управление транспортной моделью на основе компьютерной модели PTV Vision // Автомобильные дороги. - 2016. - N 5. - С. 39-41.

29. PTV VisioVissim 6. Руководство пользователя. – СПб.: А+С Консалт, 2015. – 371 с.

30. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Справочное пособи. // М.: ИКЦ «Академкнига», 2014. - 413 с.

31. Живоглазов В.Г. Теория движения транспортных и пешеходных потоков. -Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2010.- 1082 с.

32. Средства моделирования PTVVision: транспортное планирование городов // Транспорт и Логистика, 2012. – С.5-10

33. Якимов М.Р. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография. – М: Логос, 2016. – 280 с.

34. Мирошниченко А.Н., Литвин В.В. Имитационное моделирование транспортных потоков с помощью программного обеспечения PTVVisionVISSIM// Материалы доклада первой научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодежь: наука и инновации". – Днепропетровск: 2015. – 115 с.

35. Громаковский А.А. Правила дорожного движения 2018 с примерами и комментариями. - М.: Эксмо, 2018. - 208 с.

36. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы.– М.: Минздрав России, 2016. – 56 с.

37. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.— М.: Стандартинформ, 2016. —
135 с.

Приложение А
(обязательное)

Раздел 1.1 «История развития беспилотных транспортных средств»
Creation of infrastructure for autonomous vehicles based on V2X
communication

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Кремлев Иван Андреевич		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А.В.	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист кафедры ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пичугова И.Л.			

Introduction

Nowadays, the automobile industry is undergoing significant changes: one of the most important tasks in development of technology and progress is the creation of autonomous vehicles, especially autonomous cars. One of the key systems of an autonomous vehicle is the autopilot – a software and hardware system that allows the vehicle to move along the given path.

Every year more and more companies announce the development of their own automated vehicles. Currently, autonomous transport management systems take into account not only the infrastructure data (roads, traffic lights, etc.). These are huge computers with a lot of cameras, sensors, scanners, which can instantly process information and make decisions about maneuvering based on the specific situation on the road. Of course, the better the quality of the roads and the markings are, and the more predictable actions of the other drivers (i.e. driving by traffic laws and regulations) are, the safer movement of an autonomous vehicle is.

This paper is devoted to the technological aspects of creating infrastructure for autonomous vehicles. Features of the control system with autonomous vehicles in Russia and other countries of the world have been analyzed. Based on the study, the author proposes a fundamentally new approach for solving the problem of object recognition. The efficiency of existing and alternative systems has been evaluated.

1. Literature review

1.1 History of autonomous cars

One of the obvious trends in modern car production is the creation of cars with an autonomous control system. Initially, autonomous control transport systems appeared in the United States in the 2000s in the military sphere. Then autonomous vehicles capable of penetrating the shelling zone and delivering cargo to the designated points were developed. Nevertheless, technical innovation is also used for the civil aims. At present, consumers know about autonomous vehicles of Tesla Motors and General Motors. European and Japanese manufacturers – Nissan, Toyota, BMW and others – have not stood aside and already have serious developments in the field of autonomous control.

If we look back into the history of autonomous vehicles, we can find a sufficient amount of researches and works, most of which are connected with particular automated systems. In the USSR, professor A.A.Vetlinsky was engaged in theoretical issues of vehicle automation.

In 1968 professor A.A.Yurchevsky used the term «autodriver» to refer to an automatic motion control system for the car. The researcher conducted a full-scale experiment to ensure the automatic movement of GAZ-21 along a predetermined trajectory on the road section of the airfield.

As a result of the tests, it was concluded that the vehicle cannot be used to move along the given trajectory without human participation. This was due to the difficulties of determining the position of the car on the road, inability to optimize the speed of movement depending on the curvature of the trajectory and other reasons. At that time, the level of technology did not allow solving these problems.

Among the relatively successful European projects for creating autonomous vehicles, the project «Prometheus» (PROMETHEUS – Programmable for all European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety in Europe) should be mentioned. The autonomous car which was based on Mercedes-Benz S-class drove a distance of 1600 km on the route from Munich to Copenhagen, with a

maximum speed of 175 km/h. However, it was not possible to completely eliminate the human factor from the driving process – the driver had to intervene in the management process in various driving situations.

The DARPA Grand Challenge series of competitions sponsored by the United States Government Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) was a significant stimulus for the development of fully autonomous vehicles. The particular interest is the final race of DARPA Grand Challenge 2007, that took place in recreated urban conditions at the abandoned Air Force Base «George» near the city Victorville. The length of the route was 96 km and the robots had to follow the rules of the road taking into account the established road signs, move in a stream of cars, and be able to park.

The first vehicle that finished was the Junior car (Stanford University), however, it made a number of mistakes while performing the tasks and took only the second place. The first place was awarded to the Boss robot, created on the basis of the Chevrolet Tahoe off-road vehicle by researchers from Carnegie Mellon University with the participation of General Motors corporations, Caterpillar and Continental.

As the Google sponsored the Stanford University team participating in the DARPA Grand Challenge 2007 competition with autonomous PBX Junior, the further development of autonomous vehicles in the US was focused around the commercial project of Google, which created a separate Google Lab with the task of development a fully self-driving car technology. The concept of the Google project is to develop autopilot technology to be sold to automakers.

In February 2008, the HAVEit (Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport) project was launched. In June 2011, at the final presentation of the project, Volkswagen concern presented the autopilot system for TAP – Temporary Auto Pilot. Cars equipped with TAP were able to move on highways at speeds of up to 130 km/h without human participation.

At the same time, the car observes a safe distance to the vehicle in front, maintains the set speed and adjusts it if necessary, as well as observes the traffic and stops on its own, starts driving in traffic jams, and also performs adaptive cruise control. The system can recognize the signs of speed limits and prohibition of overtaking. The driver can turn off the system and take control of the car if necessary. The authors of the project suggest that the use of TAP will not only reduce the degree of human participation in driving, but also reduce the number of accidents and damage to the environment.

Cars with autonomous control system should reduce the level of incidents on the roads (the probability of human error will be reduced to zero), as well as save the driver from being behind the wheel for a long time.

According to the experts, the use of autonomous vehicles will reduce the number of accidents by 80–90%. In addition, these cars will provide significant savings in fuel and operating costs (up to 30%) by optimizing the speed mode. Another effect of using autonomous cars will be an increase in the maximum capacity of the roads, streamlining traffic and minimizing the distance between vehicles.

For all that, one of the most difficult tasks the researchers face is the recognition of various objects that are encountered on the vehicle's path in real time.

1.2 Intelligent Transport Systems (ITS)

The global trend shows that modern cars and road transport equipment are integrating into the intelligent transport systems.

Intelligent transport systems (ITS) are systems that are based on the control and management of transport, information and communication technologies, dynamic geodata and a unified information environment.

The intelligence of transport systems is manifested in the possibility of obtaining operative solutions for short periods, during which a person is not able to

develop a solution. Moreover, ITSs are able to solve complex problems, whose level of complexity excludes the possibility of their solution by man.

Intelligent transport systems appeared in the world about 40 years ago. The history of creation and development dates back to the 1980s in the United States and Japan, and in the 1990s the Europeans also took up the transport problem. The European Commission adopted the concept of ITS development, which was supported by the European Parliament.

Thus, there has formed three major centers for the development of intelligent transport systems: the Asia-Pacific region (Japan, South Korea, China, Malaysia, Australia, New Zealand), where Japan sets the development vector, America (USA and Canada) and Europe. They form the global ITS market in recent years.

The history of ITS active use in Japan began in the 1990s. Japan, having a small territory and an extremely busy road network, suffered significant losses from traffic jams (up to 3.5 million man-hours, or 109 billion dollars a year). In the mid-1990s, as a result of the joint efforts of the ministries of land use, transport and tourism, internal affairs and communications, as well as the national police agency, the world's most advanced driver information system was implemented using vehicle-integrated devices (Vehicle Information and Communication System, VICS). The system was launched in 1996, and since 2003 it began to operate throughout the country.

VICS transmitted the information collected by the traffic control center on traffic and road conditions. Further, this information was processed and digitized by the VICS system, and then sent via onboard navigation systems. Users of the system received information in three forms: text, simple graphics and maps. On-board systems dynamically processed the data and offered the driver the best route.

For example, in Tokyo, where more than 13 million people live, the ITS has a traffic control system in place, including 17,000 sensors located along highways that transmit information about the state of traffic in the city to a single transport

center. The real-time transport center manages 15 thousand smart traffic lights and thus prevents traffic congestion and emergency situations.

In the USA, ITS development is based on national programs implemented by the Ministry of Transport. In 1991, the United States Congress for the first time established the Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA): the five-year national program for the development of ITS. In 1996, the development of the ITS Standards Program began. In the 1990s, the total financing of ITS was about 2 billion dollars, i.e. considerable amount of money was used to support the direction in 2000–2009 [10].

Over the 20 years of the program, the following results have been achieved:

- reduction of traffic jams due to the development of technologies and the implementation of agglomeration strategies in the field of traffic flow management;
- development of Traffic Impediment Warning System/incident alert systems («new generation of 911»);
- interaction with automakers that are creating a new generation of security systems for cars and trucks;
- development of transport corridor management systems.

Thus, in the United States, a system of constantly updated official strategic and programmatic documents on the development of ITS has been created, which covers all levels of planning from strategic to current, ensuring at the legislative level state participation in research, development and deployment of ITS.

The development of ITS in China is carried out on a planned basis under the complete control of the state. In China the Ministry of Communications began to develop ITS in 1997 by creating a laboratory and the National Center for Engineering and ITS Technologies. The center represents a team of researchers from different higher education institutions such as Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing University of Post and Telecommunications.

The history of the development of modern intelligent transport systems in the USSR began in 1981: engineers of the Omsk Polytechnic Institute developed scientific work «Orientir» based on the product requirements document of the USSR Interior Ministry. In 1983 employees of the Moscow Scientific Research Institute of Automatic Equipment and the Leningrad Radio Research and Development Institute began the development of an automated motion control system for mobile police groups in Moscow.

1.3 V2X connection

Developing mobile technologies has significantly changed the environment: in the future, scientists plan to develop the concept of Connected Car. Connected Car is a “connected” innovative car with network capabilities. They are equipped with navigation and orientation tools, communication with the Internet, etc. The standard of the fifth generation 5G will only strengthen the trend of the introduction of the Connected Car.

Smart car through the network interacts with the environment and objects, so it distinguishes several systems: car-to-car (vehicle-to-vehicle, V2V), car-to-infrastructure (vehicle-to-infrastructure, V2X) and car-to-pedestrian (vehicle-to-pedestrian, V2P), as well as the vehicle-to-power grid (vehicle-to-grid, V2G) and vehicle-to-device (vehicle-to-device, V2D).

The driving assistance system developed by General Motors, called V2V (vehicle-to-vehicle), allows vehicles to exchange information with each other without any driver involvement. The V2V system creates a wireless network between cars, through which their position and speed are transmitted. In addition, the system continuously analyzes this data and can help to avoid a traffic accident by warning the driver in advance about a potentially dangerous situation created by other vehicles.

The main V2V hardware includes a microprocessor, a GPS (satellite navigation system) receiver and a wireless high-speed LAN data transmission module. Cars with a V2V system are connected to each other in the same way as a

laptop with a hot spot at an airport or cafe. It is based on the same Wireless Local Area Network (WLAN) technology and IEEE 802.11 protocol.

The idea of a V2V system is to equip each vehicle with a WLAN transmitter and receiver in order to force cars to exchange information with each other. Since the range of Wi-Fi is limited, each car also acts as a router, sending data further to the addressee. The routing algorithm depends on the location of a particular machine and allows you to respond to changes in the configuration of the entire network. The range of the WLAN transmitter is about three hundred meters, but cars can be connected in chains, forming a “random network” (ad-hoc network). Data exchange takes place instantly (each message is about a kilobyte in size) – even in areas with heavy traffic, about two hundred vehicles can cover a V2V network without overload.

Also, each module acts not only as a receiver-transmitter, but also as a «carrier» of information. For example, the V2V system that has received a message from an oncoming vehicle on a deserted highway can save it in a buffer and transfer it to the next oncoming one, which will fall only a few kilometers away. Cars determine their own location from GPS satellite signals, and exchange this data with other vehicles, as well as other information: for example, on driving speed, acceleration, or road conditions.

Today, cars can be equipped with numerous sensors of security systems, in particular, radar sensors connected to the cruise control system or sensors that detect the presence of objects in the "dead zone" of the car. According to the V2V system, General Motors specialists were able to increase the working range and coverage area of individual sensors, creating a more efficient and inexpensive way to ensure comprehensive monitoring and assessment of the conditions surrounding the vehicle.

GM engineers demonstrated the benefits of the new technology with a few practical examples.

1. There is a fixed vehicle in front. The system warns the driver if the car is stopped on the side of the road, for example, due to a breakdown. Even if a stationary vehicle is outside the row in which the other vehicle is moving (that is, there is no immediate danger of collision), the system warns the driver of the approaching vehicle (for example, by displaying the corresponding symbol on the display). This happens before visual contact becomes possible. Thus, the driver will know in advance about a potentially dangerous situation (which may be created, for example, by passengers on the side of the road).

2. Warning of emergency braking. Turning on the emergency light when sudden deceleration (for example, when approaching the «tail» of the traffic jam) remained a generally accepted technique for a long time and was legalized several years ago. Currently, «pulsating» brake lights, which quickly flash under intense braking, have already appeared on production cars.

3. Now there is a possibility of more effective warning – according to the V2V system, which quickly informs the drivers following behind about a dangerous situation, which allows them to reduce speed. This happens very early, even before the driver sees the danger zone, for example, because of the corner of the body of a large truck or because of the bend of the relief. In this case, a visual symbol is also used, which is displayed.

4. Warning danger of colliding with the car that is in front. Another scenario describes an emergency situation that may occur in a traffic jam or if a car breaks down on a country road without a curb: the car stops or moves very slowly, creating a dangerous situation for the vehicle that goes behind. According to the V2V system, the driver of a car approaching a source of danger along the same row sees a warning on the display of a possible collision.

As the car approaches from behind, the taillights of a stationary car will flash quickly, and a beep and seat vibration will alert the driver of the approaching car. At this moment, he still has enough time to react: to slow down or, if necessary, perform a detour maneuver.

5. Warning of the presence of a car in the «dead zone» (especially when changing the range of motion). The assistance function when changing a number of traffic will warn drivers about the presence of a car in the «dead zone» – this is very important for safety in the conditions of an increasingly intensive traffic flow on multi-row roads. A visual signal will warn the driver if the other car is moving in an area that is not visible in the exterior rear-view mirror. On the corresponding side of the body, the LED embedded in the front roof rack or in the rear-view mirror housing will turn on. The signal will become more intense if after that the driver creates a potentially dangerous situation by turning on the turn signal in the corresponding direction, intending to change the driving range. At the same time, the LED will blink and the driver's seat will vibrate (on the corresponding side).

In addition, the system takes into account the speed of each of the cars: the faster the overtake car moves, the earlier the warning signal will be given.

6. Warning of approaching emergency vehicle. When drivers hear the siren of an emergency vehicle (ambulance, fire, etc.), it is often difficult for them to determine which side the car is moving from — especially in urban traffic. Often the siren drowns out the loud sound of the car radio in the cabin.

Therefore, drivers do not know exactly whether they should make way for an emergency vehicle to travel. Using the V2V system, drivers get not only information about the location and direction of such cars moving, but they can also take direct instructions, for example, “Cuddle to the right side!” Or “Free up the passage between the second and third rows!” ways for emergency vehicles and, possibly, increase the chances of survivors for rescue and emergency assistance.

7. Warning of the area of road works. Each driver is familiar with this situation: grass is mowed in the central dividing strip and safety measures are taken; in particular, a few hundred meters behind the mower is followed by a company car with a large arrow indicating the direction of the detour and flashing lights.

However, it often happens that a careless driver hits such a car from behind and becomes the cause of a serious accident. The danger of such a collision is reduced if the company car sends a warning signal, which is displayed on the display of cars following behind, for example: «The left row is busy. Drive to the right» For long-term road works, a similar signal can also be transmitted, as well as information on the corresponding speed limit for the time that the driver passes through the work area.

8. Warning of the danger of a collision at an intersection. Not viewed intersections, also not equipped with traffic lights (for example, on country roads), are particularly dangerous, because here the drivers may be distracted or not notice each other until it is too late. The V2V system allows vehicles to establish a connection between themselves before they are in direct line of sight, and warn both drivers of an impending collision. They will have enough time to brake the car or to perform a detour maneuver. If it is impossible to avoid a collision in this way, the V2V system can even automatically brake one or both vehicles. It is aimed at wide availability of the system for as many cars as possible. GM specialists deliberately created a V2V system based on inexpensive, proven components, so that it could potentially enter the list of basic equipment of many vehicles. This is very important since such systems work more efficiently when more cars are equipped with them.

The difficulties of this system are the differences in the permissible frequencies for V2V communication channels. For example, in America, the government reserved the necessary range for automobile radio traffic – 75 MHz wide around the main frequency 5.9 GHz. And in Europe, the existing 10 MHz band is not enough – for V2V operation, you need a channel in (20-30)MHz.

In our country, the concept of Connected Car is just beginning to take shape. The «ERA-GLONASS» system is being developed, designed for emergency response in case of accidents. It will also serve as the basis for the intelligent transport system of Russia as a whole.

In addition, the ERA Transit commercial service, which is used in logistics, is implemented on its basis. It is designed to monitor the safety of cargo and ensure the movement of vehicles on the right route. The specialists plan to introduce the ERA Roadside Assistance service, which will provide technical support to motorists, provide technical and legal advice for them, etc.

In Russia, like in the world, the development of intellectual roads slows down project inconsistencies. Closed platforms and solutions are incompatible with each other, which does not allow to unite interested market participants and form a single efficient system of multimodal freight and passenger traffic. This infrastructure will reduce the cost of transportation, while improving their quality.

1.4 Communication environment

The basis of the system is to obtain reliable transport information, information on weather and climate conditions and obstacles moving within the entire controlled road network.

Here we are talking about different types of measurements: surface temperature, roadway, roads and inner layers, clothing, temperature, temperature, solar radiation and other values. This data is automatically displayed and transmitted to the local traffic control center, where it is automatically evaluated.

In addition, information is obtained on the state of the roads (wet roadway coating, icing) or on weather conditions that can be used to take the necessary measures for the maintenance of roads.

This allows measuring temperature, type and amount of precipitation, as well as visibility. These devices must also be connected to local traffic control centers. Unidentified obstacles on the road is the main reason that the driver cannot fully concentrate on driving, and when he can no longer stop the car or carry out the appropriate maneuver.

In addition, we are talking about «open» obstacles such as a foreign object on the road (lost cargo) or a standing vehicle on the roadway or in its vicinity.

Entry by virtue of the fact that the monitoring of all subways is technically impossible, information is obtained in the rarest cases using mobile phones for passing drivers, workers of service organizations and rescue services.

To provide a functional system, it is necessary to develop an organizational and working scheme, which should ensure responsibility and resolve the relationship between operational units and dispatch centers. Some more modern systems, in addition, can automatically identify a foreign object on the road.

Automatic identification of road accidents is important for those involved in accidents who can quickly call the rescue team and organize rescue activities.

No less important from a safety point of view is the timely detection of congestion. However, this factor can be prevented or at least limited to higher forms of regulation of traffic flow. The European Union has published a document «Towards a fair and effective pricing in transport» – «The Green Book», which provides data on the losses of society as a result of emergency situations on the roads. It is noted that losses from congestion are 2.5%, from accidents – 1.5%, and from environmental emissions – exhaust gases – 0.6% of the gross national product, which is about 250 billion euros.

The European Union and particularly the DGIII Directorate support such projects. The pilot project AVS-TDC (Advancer video surveillance system for calculating the time to destination) was implemented on the E17 highway in Belgium between the cities of Gent and Antwerp, where a six-lane highway of about 8 km with three entrances and four exits is controlled by using 15 video cameras. The goal of the project is to check the reliability and speed of the algorithms in traffic situations.

Algorithm for tracking vehicles entered into their own device. Traffic congestion is the cause of losses worldwide billions of dollars. It is not only about economic losses caused by uneven movement, but also about the loss of human lives.

2. Creation of infrastructure for autonomous vehicles based on V2X communication

2.1 Problem of traffic sign recognition

In the past twenty years, many scientists from different countries have tried to solve the problem of recognition traffic signs. The first research on this topic appeared in the 80s of the XX century. However, the computing power at that time did not allow satisfactory implementation of video sequence processing. In addition, there were no cameras that would allow obtaining images of the desired format and size. Today, the technical level of mobile processors has reached the point where you can install road sign recognition systems on production cars with certain confidence. For example, CUDA technology from NVIDIA, which significantly increases computational performance due to the parallel computing architecture, allows reducing the time for image processing to a few milliseconds, which meets the requirements for video sequence processing online. But the systems that are used in production cars have low recognition accuracy, and domestic signs do not always detect correctly.

In 2011, on the basis of 50000 images of German traffic signs, specialists from the University of Lugano created a program for recognition based on neural networks. At the competition, it made a result of 99.46%, ahead of not only other programs, but even the best of 32 people participating in the competition (99.22 %), and the average result among people was 98.84%.

The vast majority of traffic sign-oriented systems are based on computer vision. From the standpoint of detection and recognition, such marks are fairly simple objects. In addition, their type and shape are determined by the State Standard GOST R 52290-2004.

According to the classification of approaches, there are methods for recognizing road signs on the basis of color, on the basis of form, or combined. However, they are united by the use of threshold processing or color segmentation to highlight the area of the image where the road sign is located, and its subsequent

recognition by pixel comparison with the standard. This model of color representation has its drawbacks.

Table 1 – Comparison of methods

	Computer Vision	QR-codes	Wireless signal
Traffic sign base	necessary	encryptedcodes	encryptedcodes
Weather conditions	depends on the accuracy of recognition	depends on the accuracy of recognition	doesn't depend on the accuracy of recognition
Safety of appearance	need maintenance and regular replacement	need maintenance and regular replacement	doesn't need maintenance and regular replacement
Replacement of several traffic signs	impossible	possible	possible

First, it is the influence of shadows and light on the recognition efficiency. Secondly, to implement such a system, serious computing power is needed, which significantly increases the cost of autonomous vehicle.

Another method for recognizing traffic signs is QR codes. Among the 2D barcodes, Quick Response (QR) deserves the special attention of engineers. QR codes have many advantages compared to their own kind, including high reliability, security of information, readability from any direction, the possibility of error correction (hence, noise and partial damage to the image).

QR codes have recently been used in intelligent transport systems and vehicles, for example, in parking systems, bus condition monitoring systems, navigation systems.

The main purpose of using the system with the participation of QR codes is to combine the advantages of the classic traffic signs with the advantages of QR codes. In particular, such systems will be resistant to changes in the external

environment, they will easily support processing in real time, but most importantly, they are capable of correcting errors with a slight damage to a traffic sign.

Disadvantages of such systems are that QR codes are put on a classic road sign, which means that it needs constant maintenance and, if necessary, replacement.

2.2 A new approach for traffic sign recognition

The given paper is focused on a new approach which involves the installation of stationary points that are interconnected in a single network and exchange data with the cloud storage. In turn, the cloud storage is connected with the control center where traffic controller is located, which tracks all indicators in real time and intervenes in the work of system only if it is necessary. A transmitter is installed at a stationary point and emits a signal in the direction of the transport stream, and in autonomous vehicle, the receiver receives the signal and generates a control action on the actuators (Fig. 1). As a result, the autonomous vehicle can move.

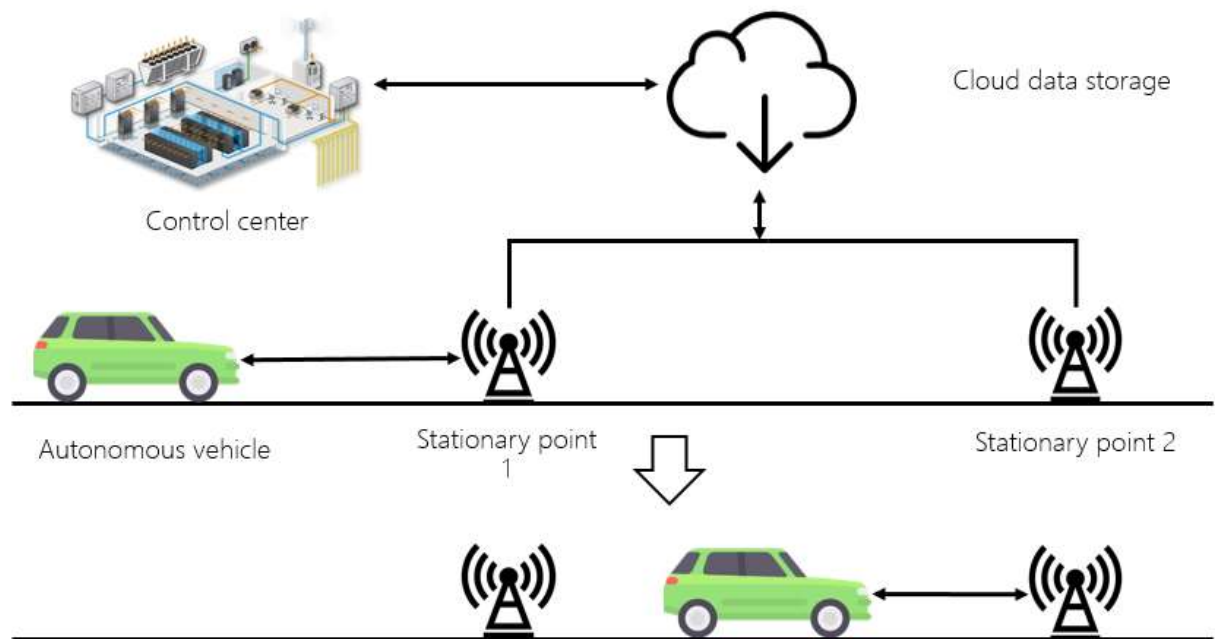


Figure 1. Control system of autonomous vehicles

This approach can significantly reduce the required computational power of the central processor unit for processing traffic information in the transport stream, as well as reduce the cost of creating autonomous vehicle.

To implement such a system, two main methods are known – the use of DSRC technology (Dedicated short-range communications) or 4G mobile networks (LTE), and in the future 5G.

DSRC devices, created in accordance with international standards IEEE 802.11p and IEEE 1609. They help to solve the problem of the rapid transmission of information between vehicles and transport infrastructure while minimizing the cost of data centers, without creating expensive infrastructure and using global communication channels.

Supplementing DSRC with dynamic routing technologies for building peer-to-peer networks, DTN (Delay & Disruption-Tolerant Networking), global GLONASS / GPS geolocation solves most of the problems inherent in traditional control and communication systems. At the same time, the technical characteristics of the system are significantly increased by placing primary data processing facilities directly on receiving-transmitting devices without sending large amounts of information to computer centers.

With such technologies, it became possible not only to automate and intellectualize traffic management, to build an effective collision avoidance system, but also to create an open platform for constructing targeted solutions of a scale similar to that of smart cities.

At the same time, DSRC technology also has disadvantages. One of the most serious is the need for personification (assignment of a unique code) to the transceiver equipment of each vehicle, which poses both the insurmountable technical problem of generating a large number of orthogonal codes and the need to solve accompanying legal problems.

In addition, the data transfer rate in DSRC technology is quite low compared to LTE-A. The comparative characteristics of the two technologies are presented in Table 2.

Table 2. Comparison DSRC and LTE-A

Specifications	DSRC	LTE-A
Channel width	10 MHz	Up to 100 MHz
Frequency ranges	5,86–5,92 GHz	450 MHz–4,99 GHz
Work range	Up to 1 km	Up to 30 km
Coverage area	Local	Full

Based on the table, it can be concluded that LTE-A networks can be used in together with the DSRC to solve the problems of vehicle interaction between themselves and the infrastructure.

The communication system between cars is widely used in traffic control. The main purpose of the events is to prevent traffic jams, as well as the adaptation of movement to weather conditions. The main directions of wireless traffic control are:

- flow rate control;
- interchange management;
- ensuring the movement of special services vehicles;
- providing movement in the «green wave»;
- warning about «traffic jam»;
- selection of the optimal route according to different criteria (time, fuel, charge).

Along with traffic control, the communication system between cars also allows you to control this movement, which will definitely be required by the supervisory authorities (police, security service).

Table 3 reveals the tasks that are intended to solve the unmanned vehicle and which are removed in the case of installation on public roads of the proposed system.

Table 3. Autonomous vehicles tasks

Tasks	Autonomous vehicle	Traffic controller
Selection of the motion path of the autonomous vehicle		+
Maintain a safe distance to the vehicles ahead	+	
Maintain a selected lane	+	
Dynamic noise tracking	+	
Assistance in passing intersections		+
Turning left help		+
Interaction with other vehicles		+
Calculation of the route of the vehicle		+
Prioritization of vehicle traffic		+
Traffic accident reporting		+
Bad weather warning		+

A number of these problems have already been solved in modern cars with the help of a video camera and a radar, for example, in emergency braking systems, assistance in rebuilding, recognition of road signs. But the technical capabilities of the proposed system are much wider. Suppose none of the existing systems can look around the corner.

At present, the most popular on-board computer for unmanned vehicles is the Nvidia Drive PX2 model (it costs about \$15000). The power of such a computer is comparable to the power of 150 Macbook Pro laptops. In case of installation of stationary traffic controllers for organizing the movement of unmanned vehicles, a serious computational load is removed from the central processor unit of the car, since there is no need to choose a trajectory, pass intersections and interact with other vehicles – all this is done by the traffic management system.

The infrastructure for autonomous vehicles helps to save money before building a new city or district. Summing up the results, it is possible to say that technologies in the field of autonomous vehicles are constantly evolving and the next engineering solutions will allow organizing movement with maximum speed from one point to another, while maintaining the required level of safety for people and equipment.