

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Факультет машиностроения и транспорта

Кафедра
(наименование)

«Транспортные машины»
(наименование)

Направление подготовки

23.03.01 «Технология транспортных процессов»
(код и наименование)

Профиль

«Организация и безопасность движения»
(наименование)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

«Повышение пропускной способности УДС г. Пензы путем применения
интеллектуальной системы управления»

Студент

Волкова 28.05.19
(подпись, дата)

Волкова Наталья
Александровна
(ФИО полностью)

Руководитель работы:

д.т.н., профессор

Салмин 31.05.19
(подпись, дата)

Салмин В.В.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролер: к.т.н., доцент

Жук 31.05.19
(подпись, дата)

Жук А.П.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 18.06.2019 № 3а)

Заведующий кафедрой: д.т.н.,

профессор

Салмин 18.06.19
(подпись, дата)

Салмин В.В.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отл. (протокол заседания ГЭК
от 18.06.19 № 17)

Секретарь ГЭК: к.т.н., доцент

Литвинская 18.06.19г.
(подпись, дата)

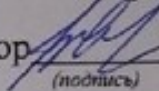
Литвинская О.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2019

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
КАФЕДРА «ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой ТМ

д.т.н., профессор  В.В. Салмин
(подпись)

« 30 » 11 2018 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студенту гр. 15МГ1 Политехнического института, очной формы обучения по направлению 23.03.01 "Технология транспортных процессов" Волковой Наталье Александровне.

Научный руководитель работы: д.т.н. профессор кафедры «ТМ» В.В. Салмин.

Время выполнения дипломного проекта: с 30.11.2018 г. по 07.07.2019 г.

Место преддипломной практики: Управление транспорта и связи г. Пензы.

Тема работы: «Повышение пропускной способности УДС г. Пензы путем применения интеллектуальной системы управления».

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 1165/о от 30 ноября 2018 г.

Техническое задание на работу (назначение устройства, условия применения, внешние воздействия, специальные требования и т. п.): *повысить пропускную способность улично-дорожной сети г. Пензы путем разработки интеллектуальной системы управления. Выполнить расчёт экономической эффективности от предлагаемой системы.*

Объём и содержание основной части работы:

Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний):

- введение с обоснованием актуальности темы исследования, постановкой цели и задач исследования – 1 – 2 страницы;
- анализ состояния вопроса - анализ текущего состояния пропускной способности улично-дорожной сети города и мирового опыта в ее повышении, 10 – 30 страниц;
- организационно-управленческий раздел - разработка мероприятий по повышению пропускной способности улично-дорожной сети г. Пензы - 10 – 30 страниц;

- экономический раздел – обоснование затрат на реализацию предложенных мероприятий 10 – 15 страниц;

- заключение – общие выводы и обоснования по реализации разработанного комплекса мероприятий – 1-2 страницы.

Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов):

- | | |
|--|-----|
| 1 лист «Тема, цель и задачи выпускной квалификационной работы» | A1; |
| 2 лист «Характеристика УДС и уровень автомобилизации в г. Пензе» | A1; |
| 3 лист «Существующая организация дорожного движения центрального транспортного узла улично-дорожной сети г. Пензы» | A1; |
| 4 лист «Схема пофазного регулирования дорожного движения на перекрестке и уровень его загрузки» | A1; |
| 5 лист «Архитектура интеллектуальных транспортных систем» | A1; |
| 6 лист «Существующие интеллектуальные транспортные системы» | A1; |
| 7 лист «Схема расположения элементов системы» | A1; |
| 8 лист «Алгоритмы работы контроллера» | A1; |
| 9 лист «Экономическое обоснование предложенных мероприятий» | A1; |
| 10 лист «Выводы» | A1. |

Рекомендуемая литература:

1. ГОСТ Р 56829-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения;

2. ГОСТ Р 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем;

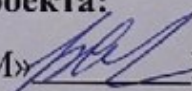
3. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования;

4. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств (с Изменениями N 1, 2, 3);

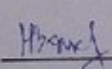
5. ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования.

Дата выдачи задания: 30.11.2018 г.

Руководитель дипломного проекта:

д.т.н., профессор кафедры «ТМ»  В.В. Салмин

Задание к исполнению принял студент

гр. 15МГ1  Н.А. Волкова

Дата получения задания: 30.11.2018 г.

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
КАФЕДРА «ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

«Утверждаю»

Руководитель ВКР

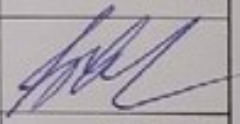
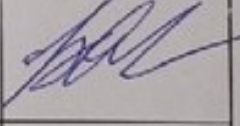
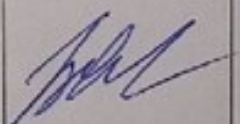
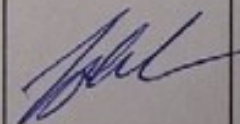
д.т.н., профессор  В.В. Салмин
(подпись)

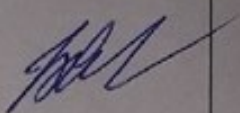
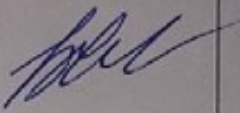
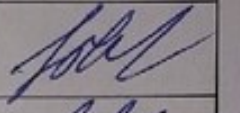
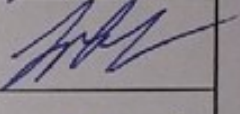
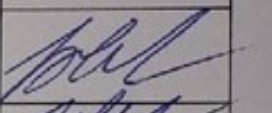
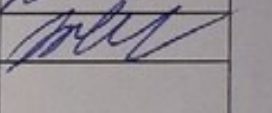
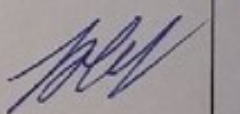
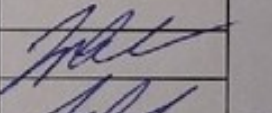
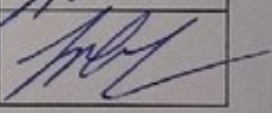
КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

«Повышение пропускной способности УДС г. Пензы применением интеллектуальной системы управления»

студента учебной группы 15МГ1 Волковой Натальи Александровны
направление 23.03.01 - «Технология транспортных процессов»

№	Наименование выполняемой работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении
		Начало	Окончание	
1	Получение задания, его осмысление, беседа с руководителем. Подготовка к выполнению ВКР.	30.11.18	30.11.18	
2	Подбор и изучение рекомендованной литературы.	01.12.18	03.02.19	
3	Изучение объекта исследования, постановка цели и задачи работы. Написание введения.	04.02.19	10.02.19	
4	Анализ современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы, архитектуры интеллектуальных транспортных систем, мирового опыта становления и развития интеллектуальных транспортных систем. Написание первого раздела работы.	11.02.19	17.03.19	
5	Определение уровня загрузки пересечения улиц Суворова и Чехова. Разработка и расчет компонентов модернизируемой	18.03.19	28.04.19	

	системы. Написание второго раздела работы.			
6	Экономическое обоснование предлагаемых мероприятий. Написание третьего раздела работы.	29.04.19	12.05.19	
7	Завершение оформления пояснительной записки, схем и рисунков.	13.05.19	19.05.19	
8	Представление ВКР руководителю на просмотр.	20.05.19	25.05.19	
9	Представление завершенной ВКР нормоконтролеру.	27.05.19	01.06.19	
10	Представление ВКР руководителю на проверку на плагиат.	03.06.19	08.06.19	
11	Подготовка к предварительной защите.	08.06.19	09.06.19	
12	Предварительная защита ВКР.	10.06.19	11.06.19	
13	Полное завершение всех работ и представление зав. кафедрой на подпись пояснительной записки (совместно с графической частью, протоколом проверки на плагиат и отзывом руководителя).	11.06.19	15.06.19	
14	Подготовка к защите ВКР.	16.06.19	26.06.19	
15	Защита выпускной квалификационной работы.	28.06.19	28.06.19	

Прохождение каждого этапа подготовки ВКР подтверждается подписью руководителя.

Студент учебной группы 15МГ1 Иванов Н.А. Волкова
«30» ноября 2018 г.

РЕФЕРАТ

УДК 656.05

Волкова, Н.А. Повышение пропускной способности улично-дорожной сети г. Пензы применением интеллектуальной системы управления / Наталья Александровна Волкова. – Пенза: ПГУ, 2019. – 61 страница, 3 части, 44 рисунка, 15 таблиц, 31 источник.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ, ИНТЕНСИВНОСТЬ, ИНТЕЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ДЕТЕКТОРЫ ТРАНСПОРТА, ИНФРАКРАСНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ, ДОРОЖНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ, ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК.

Объектом исследования являются транспортные потоки улично-дорожной сети г. Пензы.

Предмет исследования – пропускная способность центрального транспортного узла улично-дорожной сети г. Пензы.

Цель работы – повышение пропускной способности улично-дорожной сети в центре г. Пензы.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующий ряд задач:

1. Выполнить анализ современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы, а также анализ существующих систем повышения ее пропускной способности;
2. Предложить мероприятия по повышению пропускной способности улично-дорожной сети г. Пензы;
3. Провести оценку экономической эффективности от предложенных мероприятий.

В первой главе приводится анализ современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы, существующих систем управления транспортными потоками.

Во второй главе определена интенсивность транспортного потока на пересечении, его пропускная способность при существующем светофорном регулировании и уровень загрузки пересечения. Разработана и описана интеллектуальная система управления. Предложен алгоритм работы.

В третьей главе рассчитывается стоимость системы и делается вывод о ее экономической целесообразности.

ABSTRACT

UDK 656.05

Volkova, N.A. Increasing the capacity of the street-road network of the city of Penza using an intelligent control system / Natalia Volkova. - Penza: PGU, 2019. - 61 page, 3 parts, 49 figures, 15 tables, 31 source.

CAPACITY, INTENSITY, INTELECTRONIC CONTROL SYSTEM, TRANSPORT DETECTORS, INFRARED DETECTORS, ROAD CONTROLLERS, TRANSPORT STREAM

The object of the study is the traffic flow of the road network in Penza.

The subject of the study is the carrying capacity of the central transport hub of the road network in Penza.

The purpose of the work is to increase the capacity of the road network in the center of Penza.

To achieve this goal it is necessary to solve the following number of tasks:

1. To perform an analysis of the current state of the road network in Penza, as well as an analysis of existing systems to increase its capacity;
2. To propose measures to increase the capacity of the road network in Penza;
3. To assess the economic efficiency of the proposed activities.

The first chapter provides an analysis of the current state of the road network in Penza, the existing traffic management systems.

In the second chapter, the intensity of the traffic flow at the intersection, its throughput at the existing traffic control and the load level of the intersection are determined. Developed and described intelligent control system. The algorithm of work is proposed.

The third chapter calculates the cost of the system and concludes its economic feasibility.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА.....	11
1.1 Современное состояние улично-дорожной сети города Пензы	11
1.1.1 Географическое положение г. Пензы.....	11
1.1.2 Характеристика улично-дорожной сети г. Пензы	12
1.1.3 Анализ состава парка транспортных средств и уровня автомобилизации	14
1.1.4 Анализ существующей организации дорожного движения центрального транспортного узла улично-дорожной сети г. Пензы	18
1.2 Интеллектуальная транспортная система, ее структура и описание	28
1.3 Мировой опыт становления и развития ИТС.....	31
1.3.1 Зарубежный опыт	32
1.3.2 Интеллектуальные транспортные системы в РФ.....	36
1.4 Выводы по первой главе.....	39
2 ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	40
2.1 Определение уровня загрузки пересечения улиц Суворова и Чехова.....	40
2.2 Выбор составных элементов системы	50
2.3 Принцип и алгоритм работы системы	55
2.4 Выводы по второй главе.....	57
3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	58
3.1 Определение экономического эффекта от предложенных мероприятий	58
3.2 Выводы по третьей главе.....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	70

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время автомобильный транспорт является наиболее эффективным способом передвижения в любое время года как в черте города, так и за ее пределами. Но постоянный рост автомобилизации приводит к ухудшению дорожно-транспортной ситуации вследствие повышения интенсивности дорожного движения.

В крупных городах с исторически сложившейся транспортной планировкой центры являются местом постоянного тяготения населения как в плане работы, так и в плане досуга. По этой причине в «часы пик» улично-дорожная сеть перестает справляться с возникающими транспортными нагрузками, что приводит к уменьшению пропускной способности и возникновению заторов. Это несет только негативные последствия: снижение скорости движения в потоке, повышение плотности потока, возникновение дорожно-транспортных происшествий (ДТП), изнашивание транспортных узлов, повышение расхода топлива и т.д.

Решение проблемы с помощью архитектурно-планировочных мероприятий в данном случае не представляется возможным. Строительство новых транспортных объектов приведёт к разрушению архитектурного ансамбля.

Наиболее благоприятным выходом из сложившейся ситуации будет применение системы, управляющей транспортными потоками на улично-дорожной сети города на основе светофорных объектов. Используя современные технологии сбора и обработки информации о состоянии транспортных потоков (плотности, скорости, составе), можно значительно снизить потери времени участников дорожного движения на преодоление пути к объекту их тяготения.

Объектом исследования являются транспортные потоки улично-дорожной сети г. Пензы.

Предмет исследования – пропускная способность центрального транспортного узла улично-дорожной сети г. Пензы.

Цель работы – повышение пропускной способности улично-дорожной сети в центре г. Пензы.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующий ряд задач:

1. Выполнить анализ современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы, а также анализ существующих систем повышения ее пропускной способности;
2. Предложить мероприятия по повышению пропускной способности улично-дорожной сети г. Пензы;
3. Провести оценку экономической эффективности от предложенных мероприятий.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Современное состояние улично-дорожной сети города Пензы

1.1.1 Географическое положение г. Пензы

Город Пенза, основанный 3 мая 1663 года, расположился на левом берегу реки Пензы, в честь которой и был в последствии назван. Первоначально город представлял собой сторожевой пост – острог для защиты государства от набегов кочевников. В нём были размещены служилые люди, провиант, строители и вооружение [21].

С запада на восток город имеет расстояние - 25 км, с севера на юг - 19 км.

В данный момент город является одним из 35 крупнейших населённых пунктов России. Представляет собой муниципальное образование городской округ город Пенза и является административным центром Пензенской области, расположенной между 42° и 47° восточной долготы и между 54° и 52° северной широты на Восточно-Европейской равнине и занимающей среднюю и западную часть Приволжской возвышенности (рисунок 1.1) [11].



Рисунок 1.1 – Географическое положение Пензенской области на карте России

Пензенская область протянулась на 330 километров с запада на восток и на 204 километра с севера на юг в Европейской части России. Территория области составляет 43,3 тыс. кв. км. Граничит с Республикой Мордовия, а также с Ульяновской, Тамбовской, Саратовской и Рязанской областями (рисунок 1.2) [21].



Рисунок 1.2 – Субъекты России, граничащие с Пензенской областью

В настоящее время регион активно развит в промышленном плане, в сельском хозяйстве, а также в туризме.

Благоприятное геополитическое положение города положительно влияет на инвестиционные вложения. Пенза расположена на пересечении крупнейших транспортных коридоров на расстоянии в 629 километров к юго-востоку от Москвы. До Нижнего Новгорода расстояние составляет 435 километров, до Саратова – 224. Через город проходит федеральная трасса М5, а также Куйбышевская и Юго-Восточная федеральные железные дороги [19].

1.1.2 Характеристика улично-дорожной сети г. Пензы

Улично-дорожная сеть города Пензы, действующая на данный момент, была сформирована в 2-й половине XX века. Исторический центр города имеет прямоугольную систему дорог (рисунок 1.3) [20]. По мере все большего развития, застройка территории осуществлялась вдоль основных магистралей, к которым относятся улицы общегородского значения с непрерывным и регулируемым движением транспорта.



Рисунок 1.3 – Исторически сложившийся центр города

Включенные в городскую черту районы и поселки также имеют прямоугольную планировку. Все районы города связаны между собой улицами общегородского значения, составляющими основу магистральной улично-дорожной сети. Также имеется свободный выезд на автодороги федерального и территориального значения (рисунок 1.4) [6].

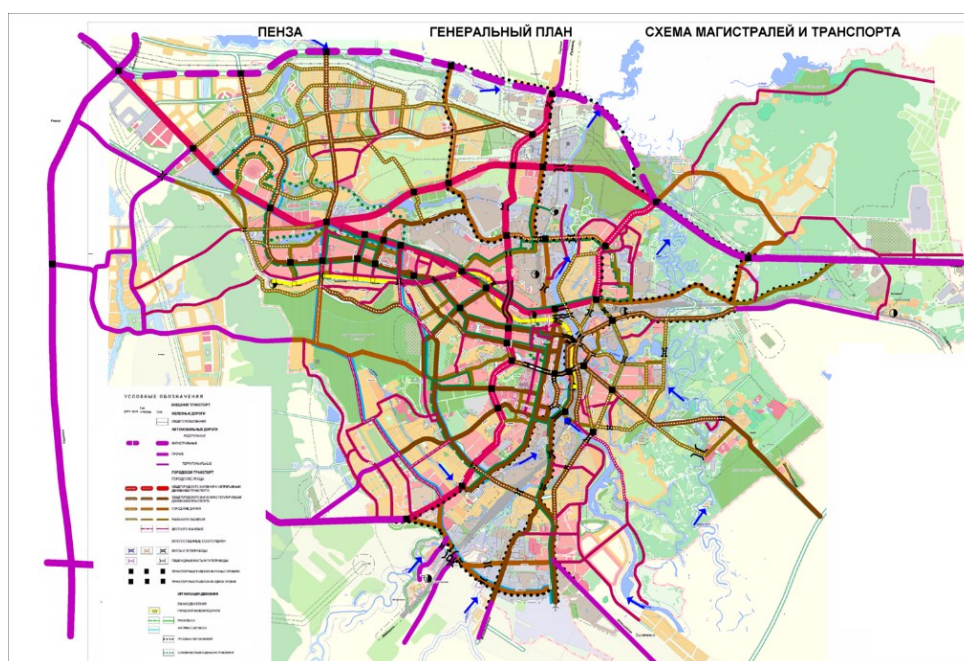


Рисунок 1.4 - Улично-дорожная сеть города Пензы

Общая протяженность дорог в городе составляет 713 километров. Из них замощено 634,5 километра, что составляет 89%. 626,8 километра вымощенных дорог имеют усовершенствованное покрытие, что составляет 87,9% от общей протяженности. 188,8 километра дорог с усовершенствованным покрытием обеспечены подземными водостоками [19]. Более наглядно это можно увидеть на рисунке 1.5.

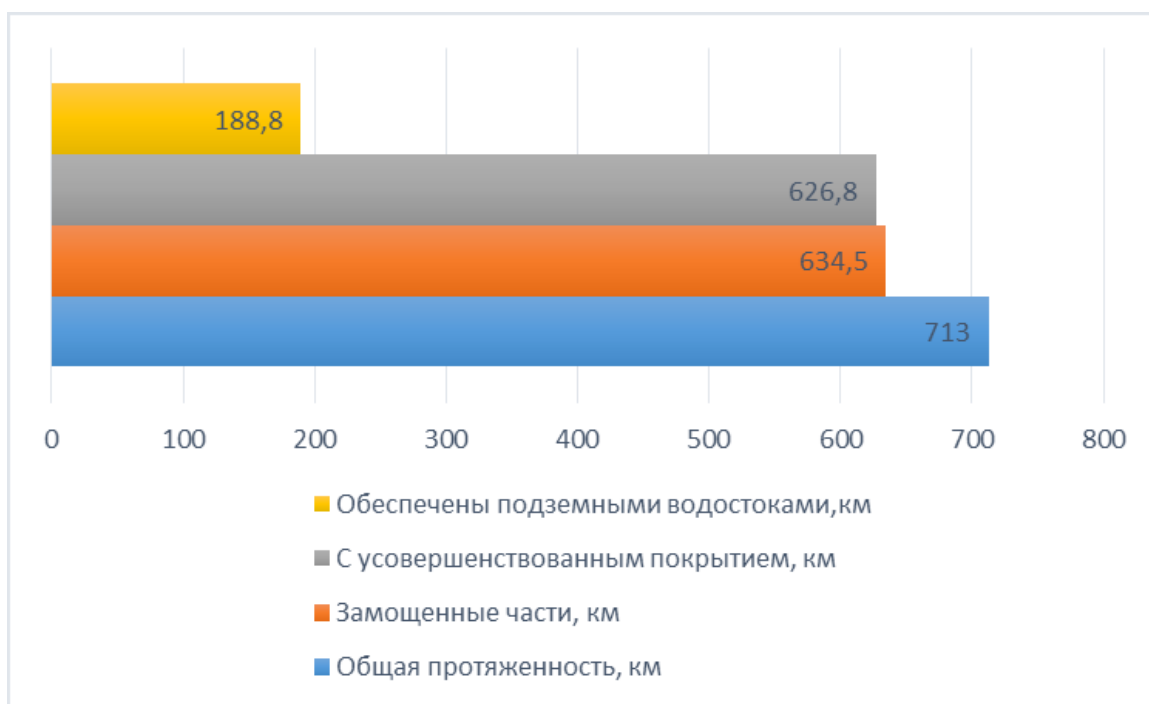


Рисунок 1.5 – Протяженность дорог

Из рисунка видно, что совсем малая часть дорог, а именно 26,5% от общей протяженности, обеспечена подземными водостоками.

Так как улично-дорожная сеть была сформирована в конце XX века, её технические параметры не соответствуют действующим нормативам, в результате чего при все большей автомобилизации населения будет увеличиваться время простоя людей в заторах. Усугубляют ситуацию также высокая степень износа автомобильных дорог и точечная застройка центра города.

1.1.3 Анализ состава парка транспортных средств и уровня автомобилизации

Общее количество зарегистрированных транспортных средств в городе Пензе по состоянию на 2017 год составило 180227 единиц [19]. Удельный вес

различных видов транспортных средств в общем количестве составил: мототранспортные средства - 1,1 %, легковые автомобили – 91,48 %, грузовые автомобили – 6,14 %, автобусы – 1,28 %.

Ниже в таблице 1.1 представлено количество зарегистрированных транспортных средств в городе Пензе в период с 2011 по 2017 годы.

Таблица 1.1 - Количество зарегистрированных транспортных средств в городе Пензе по годам

Вид транспортного средства	Годы						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Мототранспортные средства	1842	1806	1814	1796	1811	1849	1997
Легковые	117815	125172	133878	142780	149003	155526	164864
Грузовые	9862	9962	9915	9953	9917	9929	11068
Автобусы	2867	2676	2781	2802	2786	2762	2298
Всего	132386	139616	148388	157331	163517	170066	180227

Ход изменения количества мототранспортных средств приведен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Динамика изменения количества мототехники

Из графика видно, что количество мототранспортных средств с 2011 года по 2017 изменялось то в большую, то в меньшую сторону. Например, с 2012 года по 2013 год был рост количества транспортных средств на 8 единиц, а с 2013 по 2014, наоборот, их снижение на 18 единиц. В целом по графику видно, что количество мототранспортных средств по г. Пензе будет расти.

Ход изменения количества легковых автомобилей приведен на рисунке 1.7.

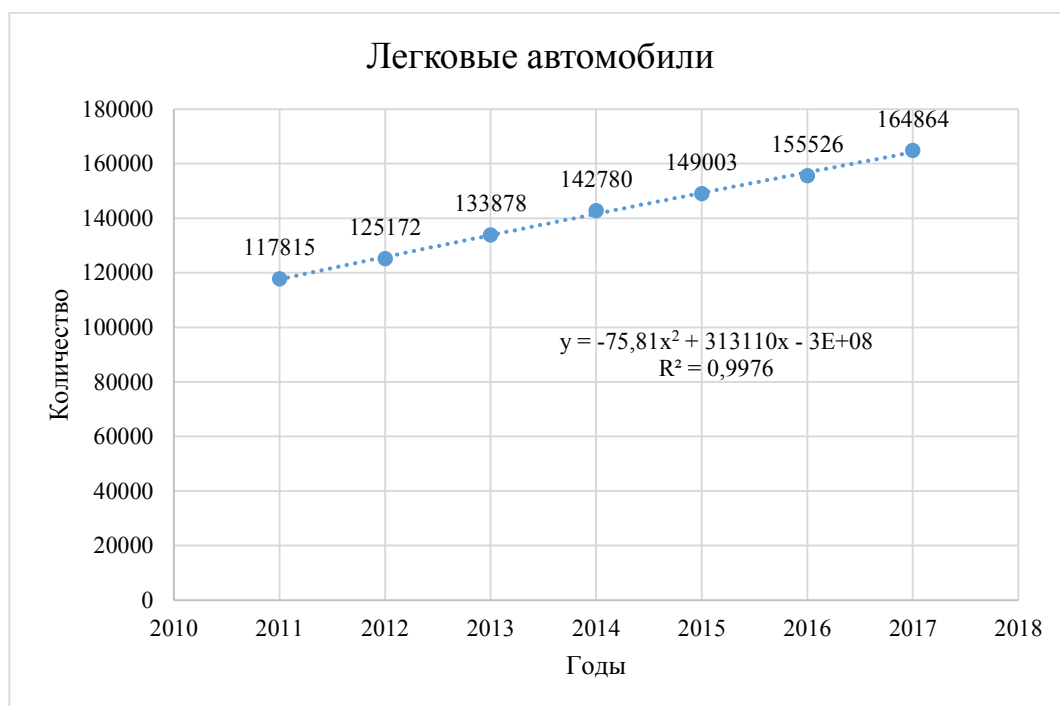


Рисунок 1.7 – Динамика изменения количества легковых автомобилей

Из графика видно, что количество легковых автомобилей из года в год устойчиво растет. Именно этот вид транспорта составляет большую часть транспортного потока, а именно, 91,48%. Именно он в большей степени, наряду с автобусами малого класса, входящими в состав городского общественного транспорта, участвует в городских транспортных заторах.

Ход изменения количества грузовых автомобилей приведен на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Динамика изменения количества грузовых автомобилей

График изменения количества грузовых автомобилей совпадает с графиком изменения количества мототранспортных средств. По нему видно, что их количество постоянно колебалось из года в год. Но с 2016 года на 2017 год количество грузовых автомобилей резко возросло на 11,47%.

Ход изменения количества автобусов приведен на рисунке 1.9.

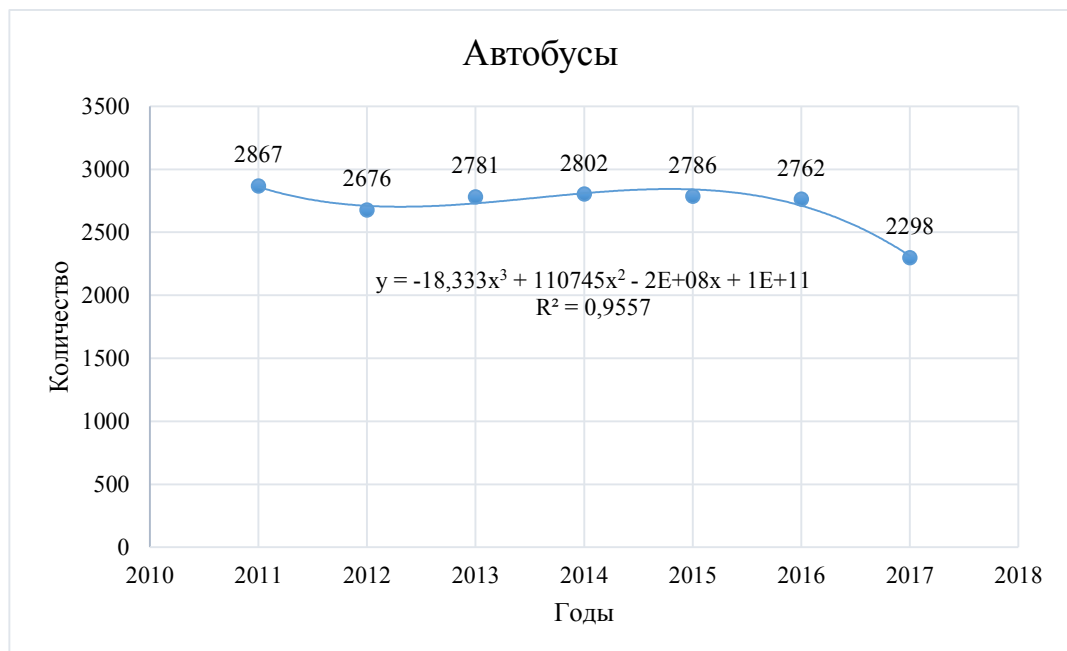


Рисунок 1.9 – Динамика изменения количества автобусов

Из графика видно, что с 2011 года по 2017 количество автобусов

уменьшилось на 19,85 %. На падение числа автобусов в составе парка г. Пензы влияет переход участников дорожного движения с использования для поездки городского общественного транспорта на использование частных транспортных средств.

Динамика роста общего количества транспортных средств на территории города Пензы в период с 2011 по 2017 годы приведена на рисунке 1.10.

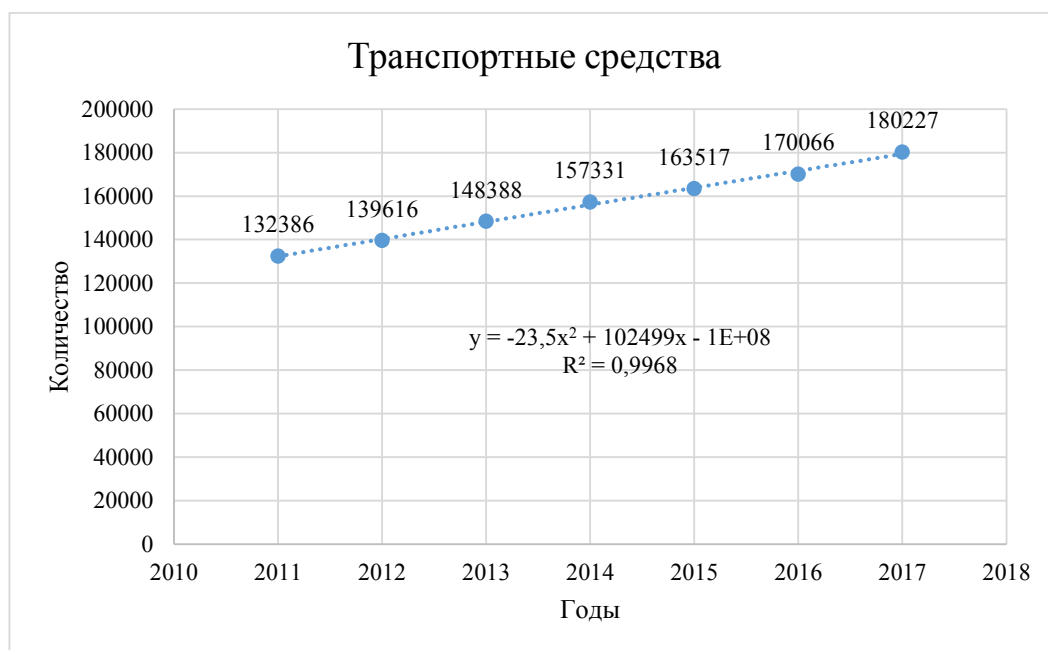


Рисунок 1.10 - Динамика роста общего количества транспортных средств

Из графика видно, что общее число всех транспортных средств, зарегистрированных в г. Пензе, из года в год неуклонно растет.

По сравнению с практически не меняющейся транспортной инфраструктурой города, общее количество транспортных средств постоянно изменяется только в большую сторону, что оказывает отрицательное воздействие на дорожную ситуацию в городе [27].

1.1.4 Анализ существующей организации дорожного движения центрального транспортного узла улично-дорожной сети г. Пензы

Качественная организация дорожного движения является важным условием для обеспечения эффективного транспортного процесса на улично-дорожной сети города. Для анализа существующей организации дорожного

движения в г. Пензе был выбран участок улично-дорожной сети в центре города: пересечение улиц Суворова и Чехова.

Данный участок представлен на рисунке 1.11 и выделен красным квадратом.

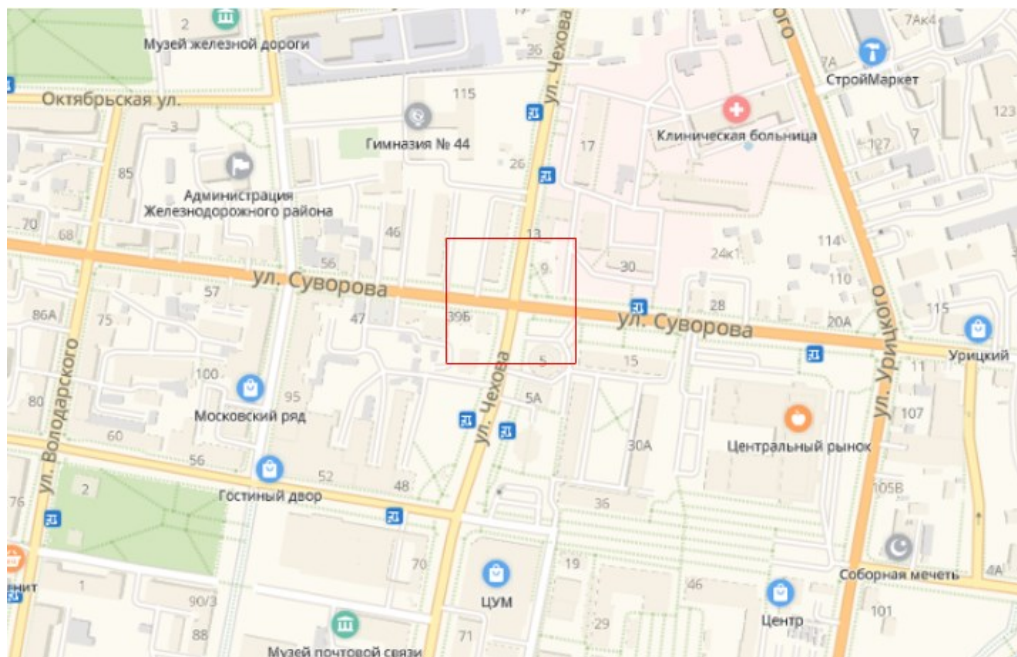


Рисунок 1.11 – Пересечение улиц Суворова и Чехова

В настоящее время перекресток имеет пересечение в одном уровне: улица Суворова является главной улицей, а улица Чехова - второстепенной (рисунки 1.12а и 1.12б).



Рисунок 1.12а - Пересечение ул. Суворова и ул. Чехова (вид с западной стороны от перекрестка по улице Суворова)

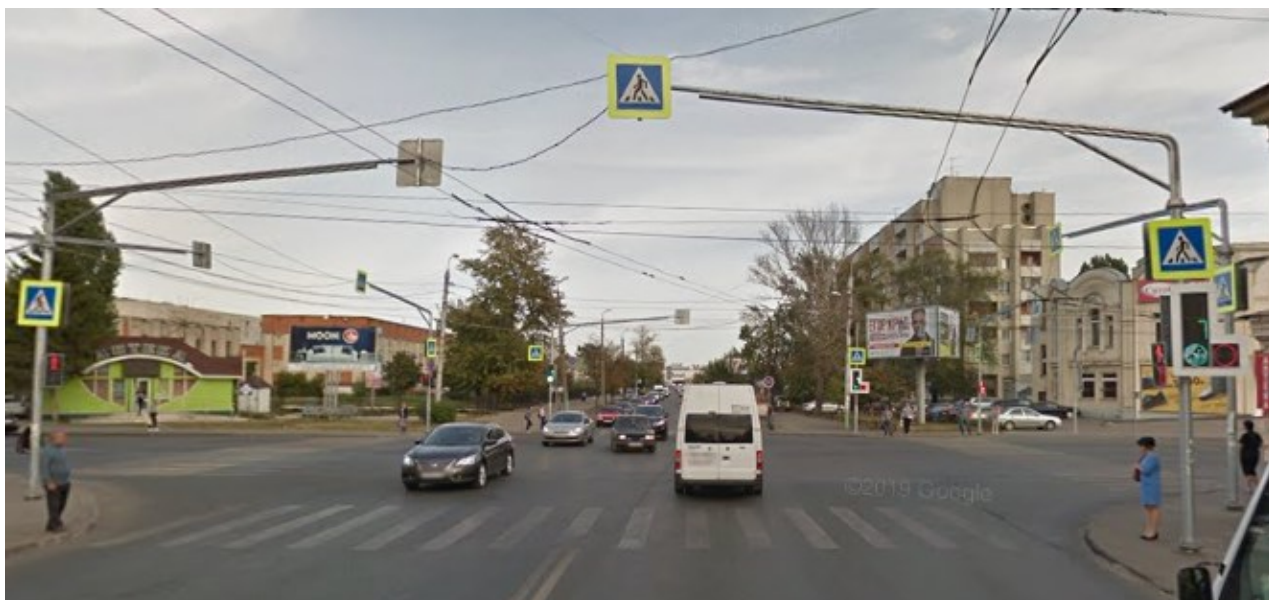


Рисунок 1.12б - Пересечение ул. Суворова и ул. Чехова (вид с восточной стороны от перекрестка по улице Суворова)

Улица Чехова является магистральной улицей общегородского значения с регулируемым движением. С северной стороны от перекрестка проезжая часть имеет четыре полосы для движения, постепенно переходящие в две. С южной полосы от перекрестка имеет пять полос для движения: три полосы к перекрестку и две от него.

Улица Суворова также является магистральной улицей общегородского значения с регулируемым движением. С восточной стороны перекрёстка проезжая часть имеет три полосы для движения, две из которых направлены в сторону перекрёстка, а одна полоса движения – от перекрестка. С западной стороны проезжая часть имеет четыре полосы для движения, по две в каждом направлении.

Схема перекрестка изображена на рисунке 1.13.

Светофоры транспортные Т1.2, Т1.л.2, Т1.п.2 изображены соответственно на рисунках 1.14-1.16.



Рисунок 1.14 - Светофор транспортный Т1.2



Рисунок 1.15 - Светофор транспортный Т1.л.2

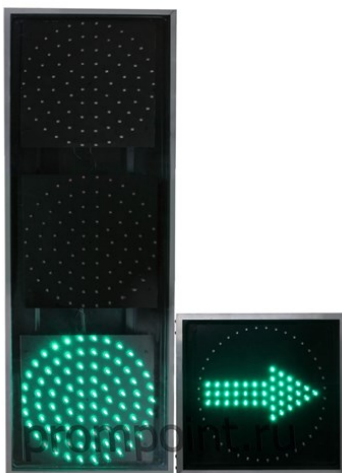


Рисунок 1.16 - Светофор транспортный Т1.п.2

Светофор пешеходный изображен на рисунке 1.17.

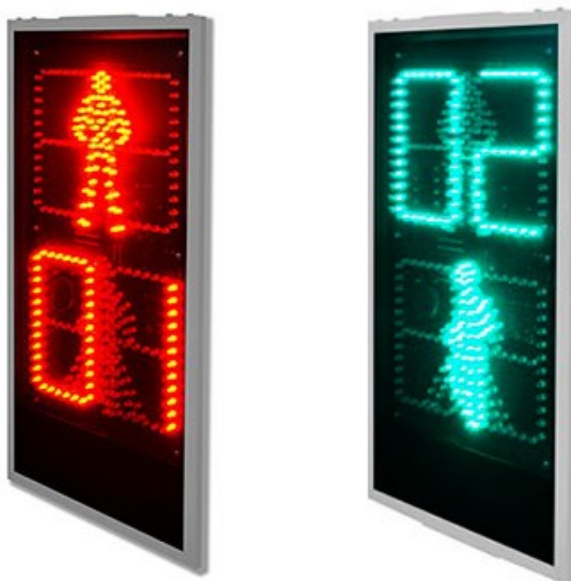


Рисунок 1.17 - Светофор пешеходный П1.1

На перекрестке установлен дорожный контроллер «Каскад» (рисунок 1.18), к которому подключены все вышеуказанные светофоры.



Рисунок 1.18 - Дорожный контроллер «Каскад»

Данный контроллер может работать в трех режимах [28]:

1. В режиме локального управления светофорным объектом, т.е. группой светофоров, установленных на определенном участке улично-дорожной сети.

2. В режиме бесцентрового координированного управления, например, в автоматической системе светофорного регулирования по типу «зеленая волна», которая позволяет транспортному потоку проехать необходимый участок улично-дорожной сети без остановок.

3. В режиме автоматизированной системы управления дорожным движением.

Знак дорожный 2.1 «Главная дорога» и знак дорожный 2.4 «Уступите дорогу» представлены соответственно на рисунках 1.19 и 1.20.

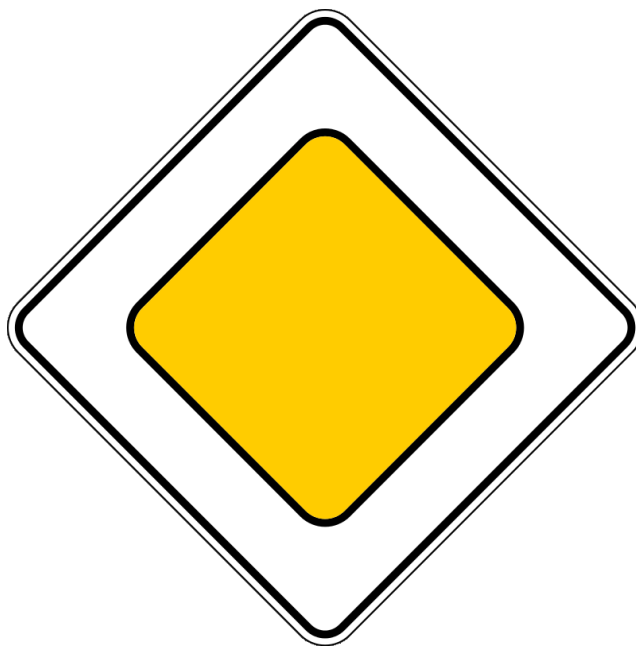


Рисунок 1.19 - Знак дорожный 2.1 «Главная дорога»

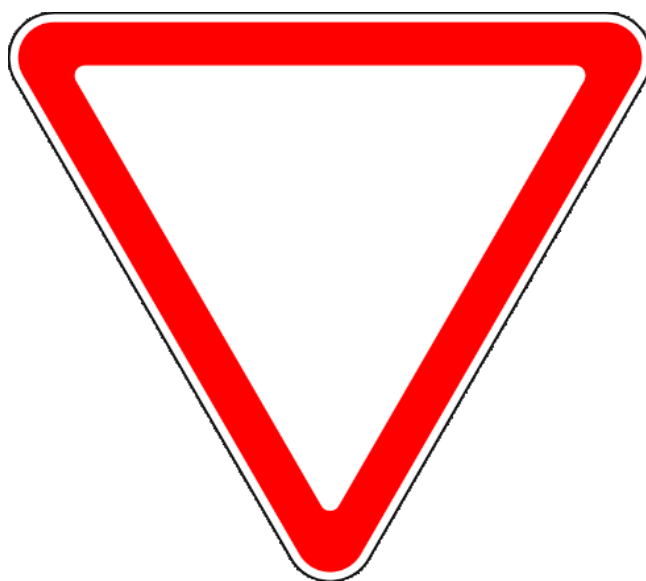


Рисунок 1.20 - Знак дорожный 2.4 «Уступите дорогу»

Знаки дорожные 5.19.1 «Пешеходный переход» и 5.19.2 «Пешеходный переход» представлены снизу на рисунке 1.21.



Рисунок 1.21 - Знаки дорожные 5.19.1 «Пешеходный переход» и 5.19.2 «Пешеходный переход» (слева знак 5.19.1, справа знак 5.19.2)

Знак дорожный 6.16 «Стоп-линия» представлен снизу на рисунке 1.22.



Рисунок 1.22 - Знак дорожный 6.16 «Стоп-линия»

На перекрестке был зафиксирован цикл светофорного регулирования, который представлен на рисунке 1.23.

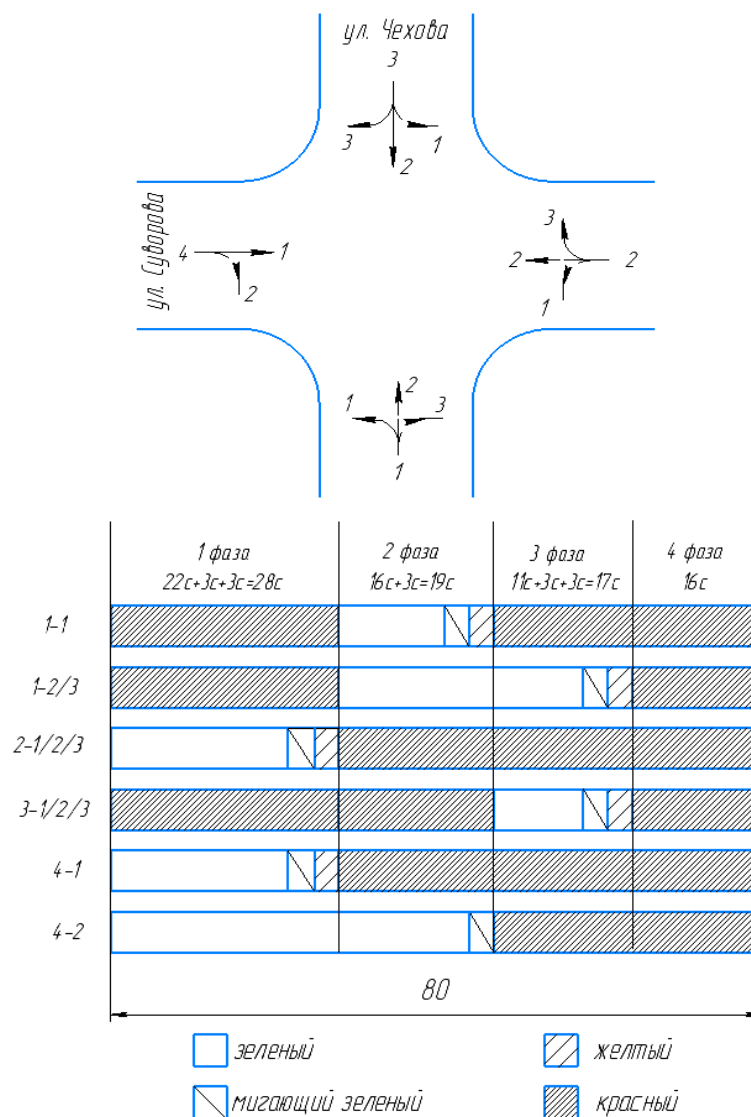


Рисунок 1.23 - Цикл светофорного регулирования на перекрестке

Общая длина цикла составляет 80 секунд, из которых 16 секунд приходится на зеленый сигнал для пешеходов. По улице Чехова с южной стороны зеленый сигнал светофора действует 33 секунды, с северной - 14. Для поворота налево со стороны центра отведено всего 17 секунд. По улице Суворова зеленый сигнал с обеих сторон действует 25 секунд. Для поворота направо в центр он продлен на 27 секунд. Зеленый мигающий сигнал светофоров действует 3 секунды. Он включен в общий зеленый сигнал. Желтый сигнал также работает на протяжении 3 секунд.

Дорожное полотно находится в удовлетворительном состоянии. Проезжая часть в темное время суток освещается искусственным светом. Дорожная разметка на участке находится в неудовлетворительном состоянии [8].

Горизонтальная разметка 1.12 (стоп-линия) в неудовлетворительном состоянии (рисунок 1.24).

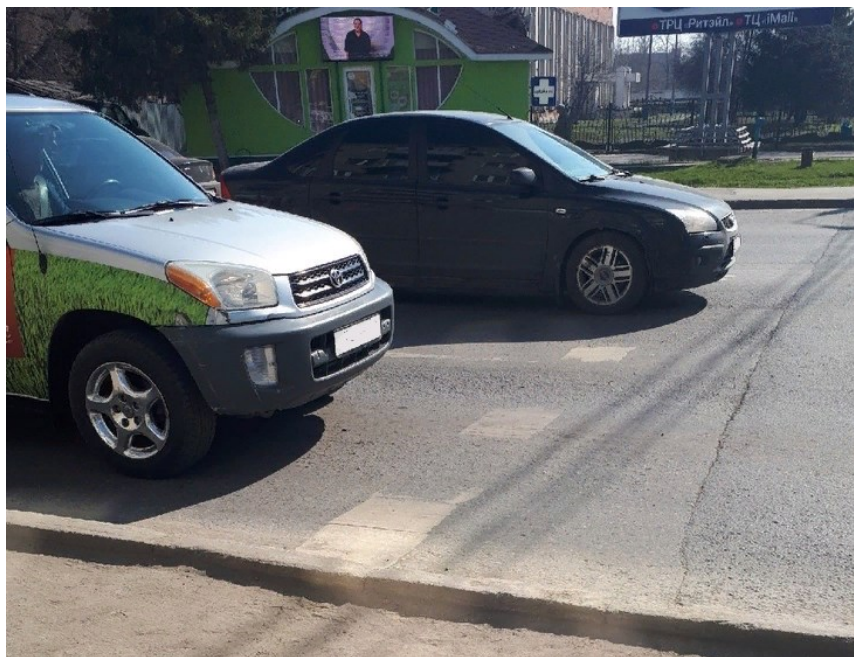


Рисунок 1.24– Износ дорожной разметки 1.12 «Стоп-линия»

На пешеходных переходах разметка 1.14.1. «Зебра» так же в неудовлетворительном состоянии (рисунок 1.25).



Рисунок 1.25– Износ разметки «Зебра» на пешеходном переходе

1.2 Интеллектуальная транспортная система, ее структура и описание

Интеллектуальная транспортная система представляет собой совокупность различных современных технологий, объединенных в единую систему управления транспортно-дорожным комплексом с целью повышения эффективности транспортного процесса, безопасности дорожного движения, удобства для водителей и пассажиров [4]. Внедрение подобной системы обеспечивает управление транспортными потоками в реальном времени, благодаря прогнозированию дорожно-транспортной ситуации в результате оперативного сбора и обработки информации о дорожном движении в реальном времени.

Все средства, решающие транспортные проблемы улично-дорожной сети, специалисты объединяют в один термин - архитектура ИТС, в которую входят физическая, функциональная и коммуникационная архитектуры [15].

Снизу на рисунке 1.26 изображен порядок построения ИТС.

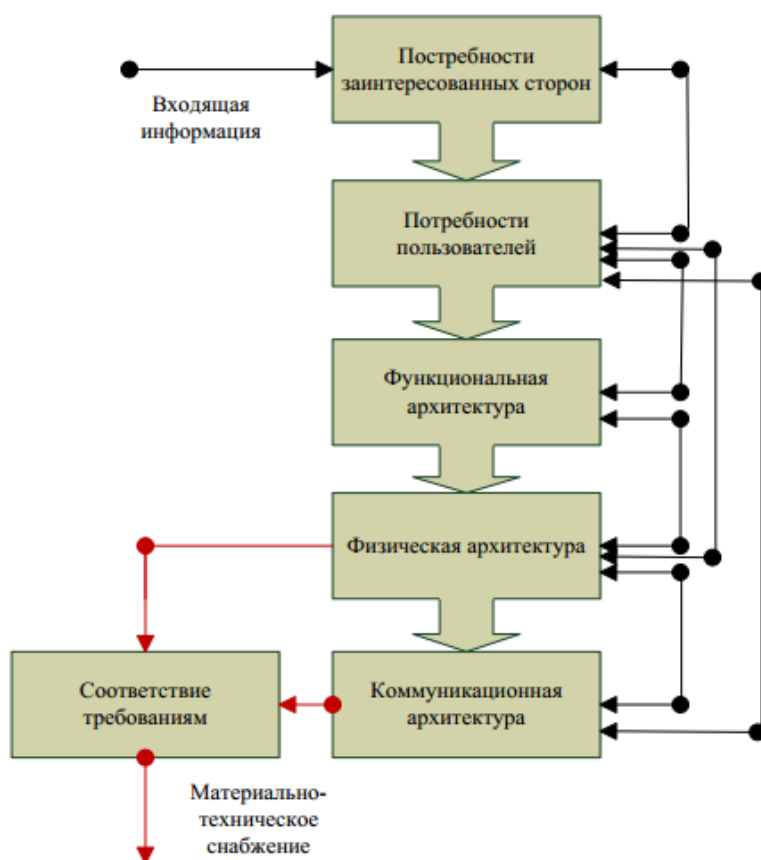


Рисунок 1.26 – Построение архитектуры ИТС

Участниками в создании наиболее подходящей по функционалу интеллектуальной транспортной системы являются [14]:

1. Разработчики системы;
2. Руководство интеллектуальных транспортных систем в лице местных властей и правоохранительных органов;
3. Пользователи ИТС, большую часть которых составляют водители транспортных средств;
4. Заказчики системы в лице местных властей.

Функциональная архитектура (рисунок 1.27) назначает функции отдельных компонентов, модулей и подсистем, в том числе взаимосвязи между ними. Она определяет группы задач, подсистемы и объекты системы [9].

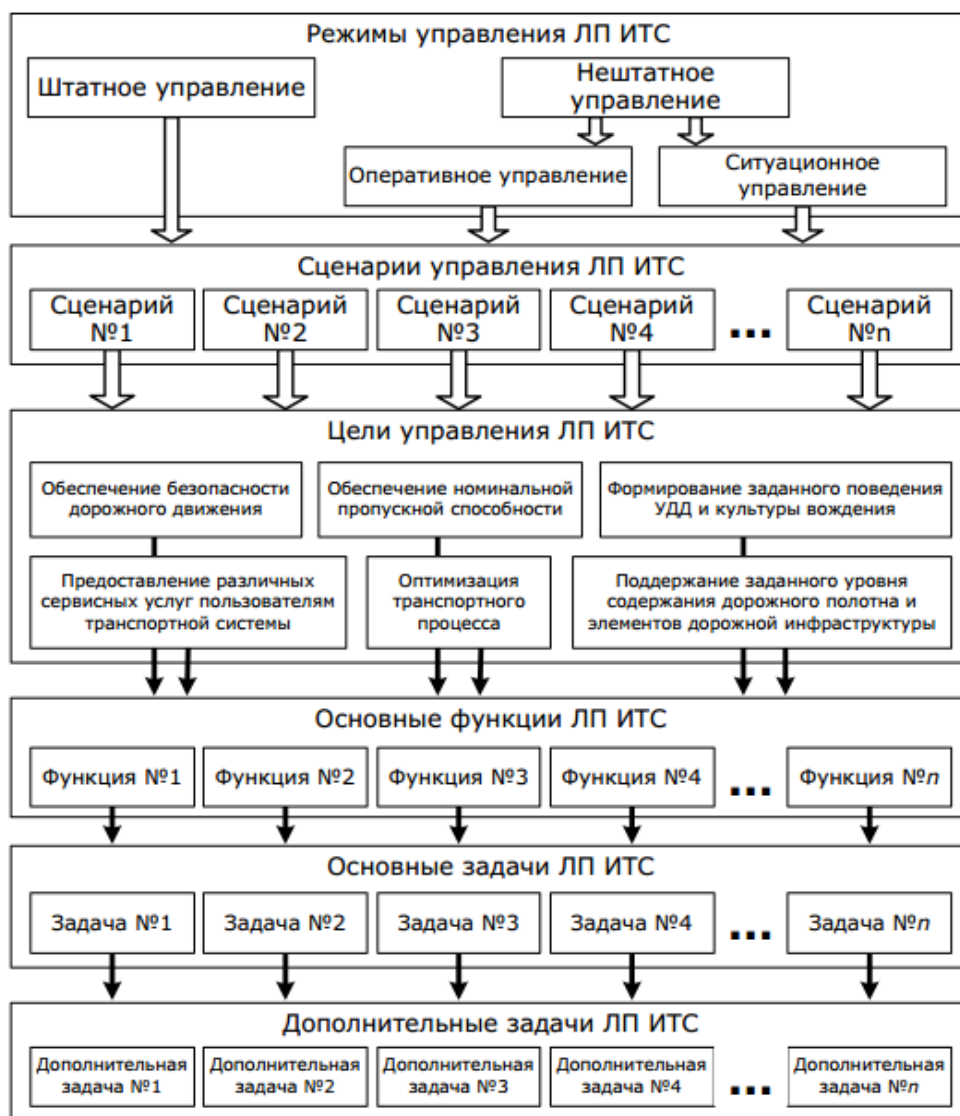


Рисунок 1.27 - Функциональная архитектура ИТС

Функциональную архитектуру применяют в качестве основы для физической архитектуры посредством обособления функций в отдельных подсистемах.

Физическая и коммуникационная архитектуры обуславливают требования, которые предъявляются к интеллектуальной системе и определяют конкретные физические решения телематических элементов и программное обеспечение ИТС [9].

На последнем этапе построения физической архитектуры, начинается определение основных элементов коммуникационной архитектуры, которая содержит в себе должные связи между каждой подсистемой, модулем и объектом.

Определяющими параметрами на этапе проектирования физической и коммуникационной архитектур выступают безопасность, эффективность и надежность системы. На рисунке 1.28 ниже представлена физическая архитектура ИТС.

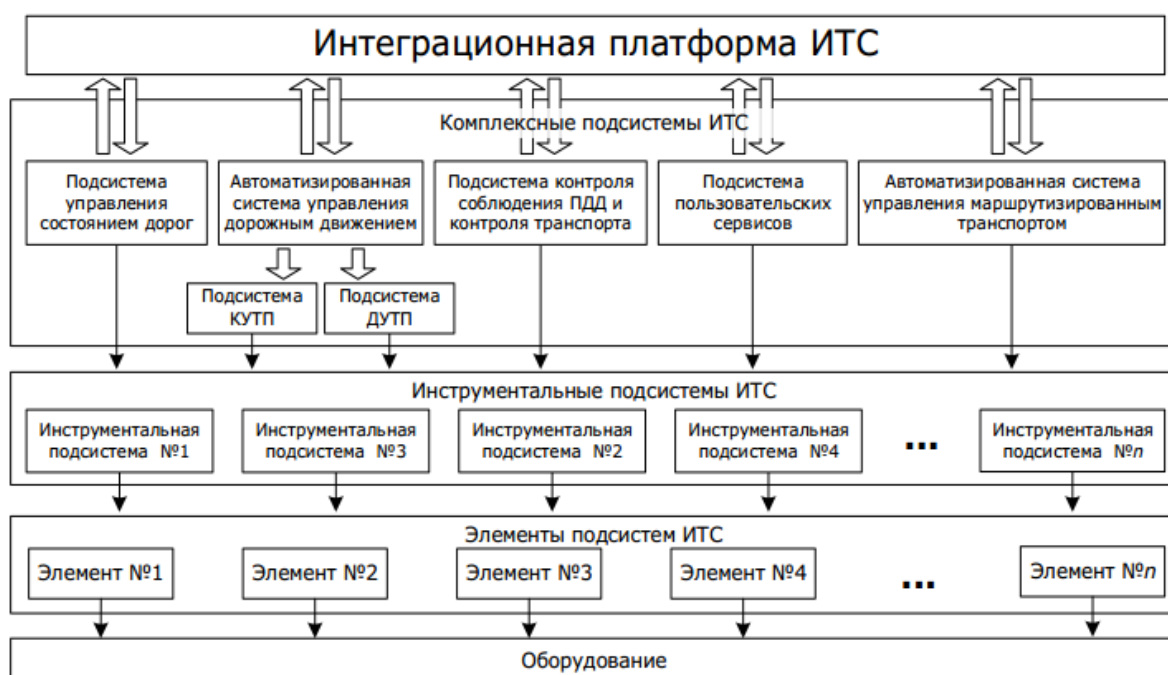


Рисунок 1.28 - Физическая архитектура ИТС

Существует пять уровней физической архитектуры. На первом уровне происходит выбор датчиков и исполнительных элементов (рисунок 1.29).

Наименование датчиков и исполнительных элементов	Изображение
Детекторы транспортных потоков	
Автоматические дорожные метеостанции	
Информационное табло	
Знаки переменной информации	
Телекамеры поворотные	
Телекамеры стационарные	
Тревожная кнопка	
Дорожные светофорные контроллеры	
Пункты детекции скоростных режимов	

Рисунок 1.29 - Примеры датчиков и исполнительных элементов

На втором уровне обрабатываются данные, передающиеся с первого уровня с помощью специальной телекоммуникационной среды. Данная среда должна гарантировать защиту передающейся информации, а также ее достоверность, доступность и надежность. Второй уровень образован вычислительной техникой, способной обрабатывать полученную информацию. На третьем уровне представлены информационные технологии управления и логистики крупнейших транспортных областей. Передача информации между третьим, четвертым и пятым уровнями в подавляющем большинстве случаев образуется обычной средой одного из существующих операторов постоянных сетей [4].

1.3 Мировой опыт становления и развития ИТС.

Уже более 30 лет развитые страны мира занимаются развитием и внедрением интеллектуальных транспортных систем. Их применение в городах в настоящее время значительно облегчает жизнь горожан, повышает

мобильность населения, уменьшает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий [5].

Первоначально возникали сложности при внедрении интеллектуальных транспортных систем из-за необходимости решения многих задач, в том числе инвестиционного плана, что плохо влияло на развитие отрасли данных услуг. Постепенно применение отдельных сервисов и программ перешло в целостную систему объединенного набора услуг.

1.3.1 Зарубежный опыт

Истоки становления интеллектуальных транспортных систем можно отнести к 1961 году, когда в Соединенных Штатах Америки с помощью камер видеонаблюдения стал производиться мониторинг автомобильного движения. Затем в 1963 в Азиатско-Тихоокеанском регионе появилась система SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System), способная измерять интенсивность дорожного движения. Сейчас SCATS позволяет решать следующие задачи: строить маршруты движения транспортного средства, моделировать перекрестки с целью повышения пропускной способности дорог и снижения внеплановых остановок. Система SCATS, созданная в Австралии, нашла свое применение и в других странах, таких как США, Китай, Чили и т.д. [9].

В 1971 году в столице Японии - Токио - был создан единый центр управления автомобильным движением. Ровно через десять лет, в 1981 году, страны Европы (Франция, Великобритания, Нидерланды) впервые поставили на дорогах табло переменной информации. В 1988 в Лондоне была создана компания, специализирующаяся на выпуске программ, измеряющих скорость движения транспортного потока в онлайн режиме. В том же году в Сингапуре появилась система управления транспортным потоком в городской среде посредством применения индуктивных детекторов. Параллельное применение приоритета общественного транспорта и адаптивного управления дорожным движением в Англии позволило снизить задержки автобусов на 11% [9].

В 1989 году в Италии начала действовать система Telepass, облегчающая проезд по скоростным дорогам: плата за проезд стала списывается автоматически со счета клиента в определенный день месяца. Во Франции в 1991 году радиостанции стали оповещать водителей транспортных средств о текущей дорожно-транспортной ситуации на дорогах города. В Соединенных Штатах Америки в начале 90-х годов в тестовом режиме стало действовать множество программ управления дорожным движением. Затем в 1994 году была опубликована национальная архитектура Интеллектуальных транспортных систем США. Созданная в США система адаптивного управления дорожным движением сократила число остановок в пути транспортным средством на 30% [30].

В конце 90-х годов в Европе водители транспортных средств обрели возможность получать информацию о движении транспортного средства из встраиваемых бортовых компьютеров. Также получили распространение программы, информирующие водителей о времени прохождения намеченного маршрута.

В начале 2000-х годов во Франции проезд платных автомагистралей стал происходить без остановки транспортных средств, благодаря внедрению системы оплаты Liber-t. Также на всей территории Соединенных Штатов Америки стало действовать унифицированное управление автомобильным движением. К середине 2000-х годов в Японии, Китае, Корее стали применяться объединенные национальные интеллектуальные центры контроля за дорожным движением. В 2006 году в столице Германии - Берлине - был создан единый центр управления дорожным движением.

Разработанная в Финляндии система информирования пассажиров городского общественного транспорта снизила суммарную задержку на 45%, время в пути сократилось на 11% [31].

Рассмотрим более подробно несколько зарубежных интеллектуальных транспортных систем:

1. ACS-Lite (Adaptive Control Software - Lite)

Данная система создавалась с целью управления дорожным движением на локальных магистралях посредством использования уже установленных на перекрестках детекторов транспорта. Управление транспортными потоками возможно в реальном времени. В зависимости от времени суток возможно выбирать уже заранее загруженную в систему комбинацию фаз, отрегулированных под данный светофорный объект. Данная система может получать информацию с различных детекторов транспорта. В выборе детекторов нет ограничений.

Каждые 10 минут система смещает цикл сигнализации на несколько секунд в зависимости от состояния транспортного потока. Система загружает все выполненные действия и сведения в базу данных для возможного их анализа специалистами. Воспользоваться ей можно как локальном режиме, так и удаленным способом - через интернет. В базе данных хранится также информация, поступившая с детекторов транспорта и дорожных контроллеров.

Система ACS-Lite устанавливается около дорожного контроллера или вместо него, при этом необходимо отрегулировать планы координации в соответствие семейству стандартов NTCIP.

Данная система была разработана специально для закрыто функционирующих систем светофорной сигнализации и не предназначена для работы на пересечениях множества магистралей. Для эффективной деятельности системы необходимо два детектора транспорта на каждое направление движения (один основной и один дополнительный), а также установка последовательного модема, либо обеспечение коммуникации на основе межсетевого протокола IP на каждом подключаемом перекрестке. Данная система совместима только с дорожными контроллерами, произведенными в США, поэтому ее внедрение на территории России потребует значительных капитальных вложений.

2. SCOOT (Split Cycle Offset Optimisation Technique)

Система адаптивного управления дорожным движением SCOOT была

разработана в Великобритании для возможности определения специальными детекторами транспорта городского общественного транспорта и при возникшей необходимости обеспечивать им приоритетное движение [29].

В настоящее время система внедрена более чем в 170 городах не только Великобритании, но всего мира. Предоставление приоритета для автобусов уменьшает возможные неудобства жителей города, которые не могут воспользоваться личным транспортным средством.

Результаты работы системы зависят во многом от особенностей контролируемого ей участка, к которым относятся интенсивность транспортного потока и расстояние между соседними перекрестками. Данная система подходит для дорожной сети любой конфигурации, но она совместима только с контроллерами Siemens.

3. UTOPIA (Urban Traffic Optimisation by Integrated Automation)

Система адаптивного управления дорожным движением UTOPIA была разработана в Италии в 1980-е годы и также, как и система SCOOT, предназначалась для предоставления в случае необходимости приоритета в движении городскому общественному транспорту. В настоящее время данная система эффективно функционирует во многих странах мира.

Обмен данными в системе между соседними перекрестками производится каждые 3 секунды, тем самым она помогает устранить предзаторовые ситуации и сократить загрязнения окружающей среды от выхлопных газов. Система способна обмениваться с другими системами данными для их предоставления в информационные службы. Также система дает возможность выбора управляющей стратегии.

В полностью адаптивном режиме система UTOPIA способна непрерывно контролировать текущую ситуацию на улично-дорожной сети города и предсказывать ее возможное развитие. Это дает высокую эффективность даже в непредсказуемых транспортных ситуациях.

Объединим собранную выше информацию в единую таблицу 1.2.

Таблица 1.2 - Достоинства и недостатки описанных систем

Наименование системы	Параметры, по которым можно использовать данную систему	Параметры, по которым нельзя использовать данную систему
ACS-Lite	К системе можно подключать детекторы любого типа. Существует возможность бесцентрового режима работы. Не требует большого количества обслуживающего персонала. Для работы системы не требуется обеспечение высокоскоростных коммуникаций. Возможность интегрировать на наиболее проблемных магистралях.	Использование системы невозможно, так как существует необходимость внедрения стандартов NTSCIP и система имеет совместимость только с дорожными контроллерами производства США.
SCOOT	Возможно использовать на улично-дорожной сети любой конфигурации и адаптировать модули данной системы под структуру другой системы.	Данная система имеет совместимость только с дорожными контроллерами Siemens.
UTOPIA	Система способна управлять дорожной ситуацией на всей улично-дорожной сети. Имеется возможность выбора управляющей стратегии.	Данная система имеет совместимость с дорожными контроллерами только иностранного производства.

В данный момент времени внедрение системы управления транспортными потоками иностранного производства не представляется возможным. Вышеописанные системы не совместимы с устройствами отечественного производства и для их установки потребуются значительные капитальные вложения.

1.3.2 Интеллектуальные транспортные системы в РФ

В Российской Федерации интеллектуальные транспортные системы в основном развиваются в центральной части государства. Наиболее развитым субъектом в данной области является город федерального значения, столица России - город Москва. Также такие системы активно внедряются на скоростных

платных дорогах с целью повышения безопасности дорожного движения и сокращения затрат на их содержание. Снизу на рисунке 1.30 обозначены функциональные области проекта «Умный город».



Рисунок 1.30 - Функциональные области проекта «Умный город»

Экосистема «умный город» включает в себя следующие элементы [10]:

1. Детекторы транспорта;
2. Паркоматы;
3. Средства автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения;
4. «Умные» светофоры;
5. Автоматические дорожные метеостанции;
6. Системы GPS/ГЛОНАСС;
7. Электронные терминалы оплаты проезда;
8. Информационные табло;
9. Системы автоматизированного управления освещением и т.д.

Представленные выше элементы в большинстве случаев объединяются на базе единой платформы, но даже работая отдельно они позволяют решить большое количество локальных задач.

Рассмотрим отдельно некоторые элементы интеллектуальных транспортных систем:

1. Детекторы транспорта наиболее распространены и многочисленны. К началу запуска интеллектуальной транспортной системы в г. Москве их было установлено более 6,5 тысяч. Их снабжают различными датчиками, например, микроволновым радаром для измерения скорости, инфракрасным детектором, подсчитывающим количество проезжающих автомобилей и определяющим интенсивность транспортного потока и т.д. Детекторы транспорта внедрены также во многих крупных городах России, таких как Казань, Екатеринбург и т.д.

2. Интеллектуальные светофоры впервые были установлены в столице в 2007 году в тестовом режиме. В единый центр управления системой передавалась информация о плотности и скорости транспортного потока с установленных на них датчиков, применявшаяся для управления транспортным потоком. В 2015 году большая часть светофоров вошла в автоматизированную систему управления дорожным движением. Адаптивные светофоры активно внедряются также в Челябинске, Омске, Сочи и других крупных городах.

3. В городе Москве впервые табло переменной информации стали устанавливаться в конце 2011 года. Они информируют водителей о наличии парковочных мест, погодных условиях, заторах на дороге и т.д.

За 5 лет внедрения интеллектуальной транспортной системы с 2012 года по 2017 год в г. Москве было потрачено, согласно данным в госпрограмме «Развитие транспортной системы», 62,2 миллиарда рублей. В 2018 году потрачено 20 миллиардов 330 миллионов рублей. Прогнозы на последующие три года являются неутешительными: согласно выписке из бюджета города, предполагается потратить на ИТС еще 56 миллиардов рублей.

Но большие затраты повлекли за собой положительные моменты в организации дорожного движения в городе: снизилось количество дорожно-транспортных происшествий за последние десять лет более чем в два раза, за последние семь лет скорость транспортного потока на улично-дорожной сети города увеличилась на 16 процентов.

1.4 Выводы по первой главе

1. Было установлено, что город Пенза занимает выгодное географическое положение в стране в экономическом плане;

2. Город имеет развитую улично-дорожную сеть, но из-за исторически сложившейся планировки, в том числе в центре города, она не справляется с постоянно растущим транспортным потоком;

3. В ходе изучения архитектуры современных интеллектуальных транспортных систем и анализа мирового опыта по их развитию и внедрению было выявлено, что их применение оказывает положительное воздействие на многие сферы жизнедеятельности общества, в том числе на конкурентоспособность страны, безопасность дорожного движения и пропускную способность.

2 ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Определение уровня загрузки пересечения улиц Суворова и Чехова

Для того, чтобы определить, справляется ли данный участок улично-дорожной сети города с транспортным потоком, было принято провести анализ интенсивности дорожного движения на данном пересечении: необходимо определить количество транспортных средств, проходящих через данный перекресток за единицу времени.

Затем необходимо сравнить фактическую интенсивность движения с расчетной пропускной способностью в сечениях стоп-линий.

Задачу во многом упростило исследование [17], проведенное сотрудниками Пензенского государственного университета в 2016 году на четырнадцать особо значимых перекрестках города. В результате было выявлено, что пересечение улиц Суворова и Чехова является наиболее загруженным участком города (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 - Интенсивность дорожного движения

Авторами исследования было установлено, что на данном пересечении количество автотранспортных средств может превысить в определенные дни 3000 единиц.

Наибольшая интенсивность приходится на середину недели. С понедельника по пятницу участок наиболее загружен в утренний и вечерний «часы пик», а в выходные дни наибольшая интенсивность наблюдается в обеденный «час пик» [12].

Было принято исследовать данный участок в выходной день, а именно, в субботу. Замеры проводились по каждому направлению движения на перекрестке, обозначенному на рисунке 2.1 три раза в сутки в «часы пик»: с 8:00 до 9:00, с 13:00 до 14:00, с 18:00 до 19:00.

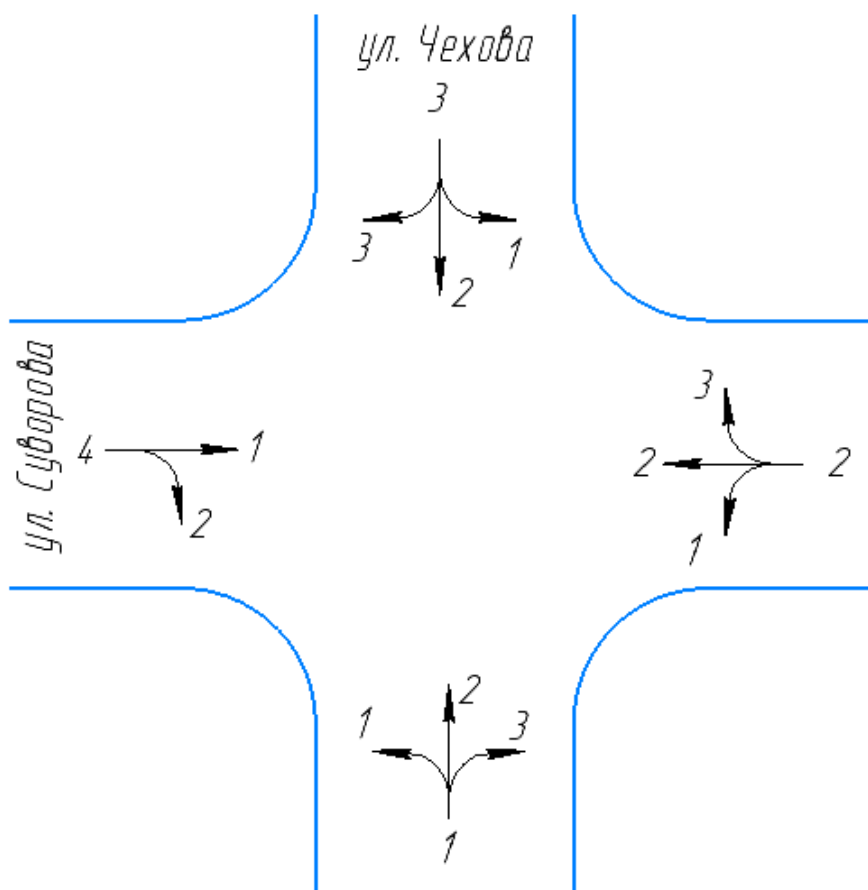


Рисунок 2.1 - Направления движения на перекрестке

Полученные значения были занесены в таблицы 2.1-2.3 в зависимости от времени суток, в которое проводилось исследование.

Таблица 2.1 - Количество транспортных средств в утренний «час пик»

Направление	Тип транспортного средства						
	Легковой автомобиль	Грузовой автомобиль		Автобус			Троллейбус
		До 2 т	От 2 до 6 т	Малой вместимости	Средней вместимости	Большой вместимости	
1-1	140	2	4	70	2	24	12
1-2	145	4	1	110	2	17	-
1-3	143	2	3	27	-	-	-
2-1	64	2	2	15	-	-	-
2-2	249	-	5	36	-	11	-
2-3	21	-	-	2	-	-	-
3-1	62	1	-	1	1	-	-
3-2	191	9	6	89	1	9	-
3-3	12	-	-	7	1	-	-
4-1	391	7	2	43	-	13	-
4-2	100	3	1	54	1	28	14

Таблица 2.2 - Количество транспортных средств в обеденный «час пик»

Направление	Тип транспортного средства						
	Легковой автомобиль	Грузовой автомобиль		Автобус			Троллейбус
		До 2 т	От 2 до 6 т	Малой вместимости	Средней вместимости	Большой вместимости	
1-1	162	3	6	65	3	28	15
1-2	158	1	-	117	5	14	-
1-3	134	6	1	24	-	-	-
2-1	62	-	-	14	-	-	-

Продолжение таблицы 2.2

2-2	308	1	2	38	-	15	-
2-3	29	1	-	1	-	-	-
3-1	64	4	1	1	-	-	-
3-2	216	11	1	101	2	10	-
3-3	22	-	-	4	-	-	-
4-1	436	4	2	36	1	18	-
4-2	112	1	-	42	4	30	14

Таблица 2.3 - Количество транспортных средств в вечерний «час пик»

Направление	Тип транспортного средства						
	Легковой автомобиль	Грузовой автомобиль		Автобус			Троллейбус
		До 2 т	От 2 до 6 т	Малой вместимости	Средней вместимости	Большой вместимости	
1-1	122	1	1	96	1	29	14
1-2	128			80	1	11	
1-3	102			21			
2-1	93			11			
2-2	323	1	3	32		8	
2-3	9,6			1			
3-1	32			1		1	
3-2	172	2		84	1	6	
3-3	14		2	7			
4-1	369	2		36		14	
4-2	87		1	48	1	18	17

Полученные значения были приведены к 1 условному автомобилю посредством коэффициентов приведения [24]:

1. Легковые автомобили- 1,0
2. Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:

- до 2 включительно - 1,3
- свыше 2 до 6 - 1,4

3. Автобусы:

- малой вместимости - 1,4
- средней вместимости - 2,5
- большой вместимости - 3,2

4. Троллейбусы - 4,6

Расчёт выполнялся в Microsoft Excel по формуле:

$$q_{пр}^i = \sum_j (K_{прj}^i \times q_j^i), \quad (2.1)$$

где q_j^i - интенсивность движения транспортных средств j -того типа по i -тому направлению;

$K_{пр}^i$ - коэффициент приведения для j -той группы транспортных средств к легковому автомобилю.

Полученные значения были занесены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Приведенная интенсивность движения

Направления движения транспорта	Значения приведенной интенсивности движения, ед./ч		
	8:00-9:00	13:00-14:00	18:00-19:00
1-1	384	432	418
1-2	365	381	278
1-3	188	177	131
2-1	91	82	108
2-2	342	414	402
2-3	25	32	11
3-1	68	72	37
3-2	367	411	313
3-3	25	28	26
4-1	505	555	466
4-2	338	343	294

Для получения более наглядной картины уровня загрузки перекрестка были построены картограммы интенсивности движения по каждому периоду, которые приведены на рисунках 2.3 -2.5.

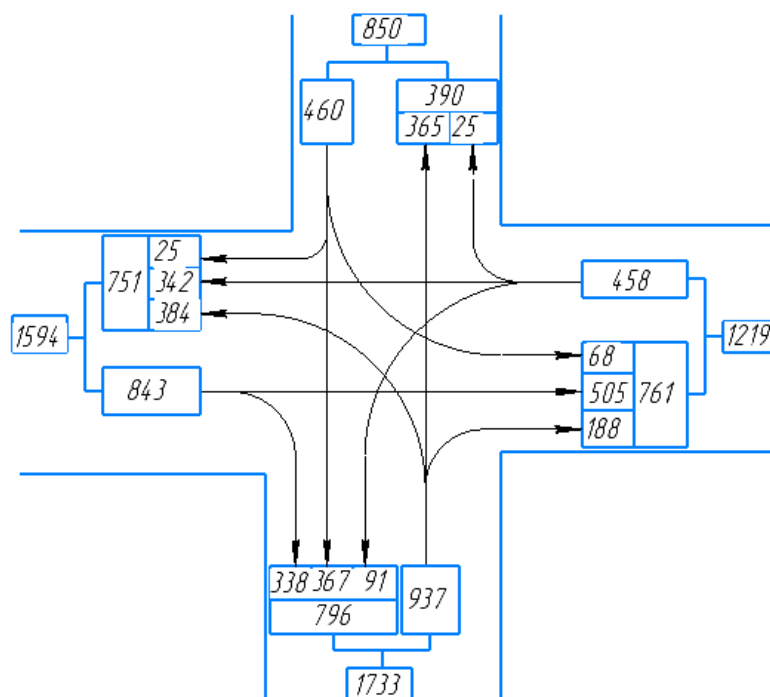


Рисунок 2.3 - Картограмма интенсивности в утренний «час пик»

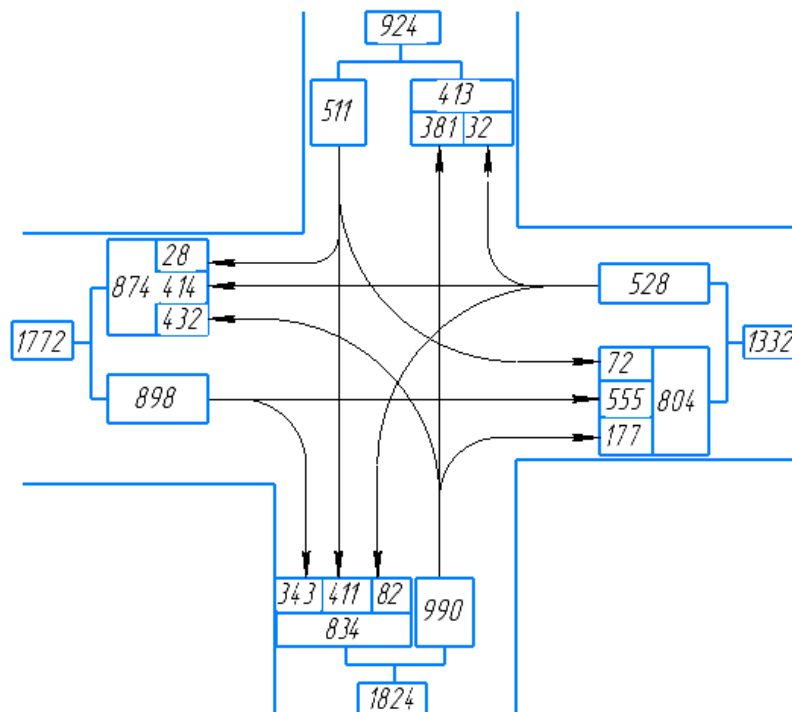


Рисунок 2.4 - Картограмма интенсивности в обеденный «час пик»

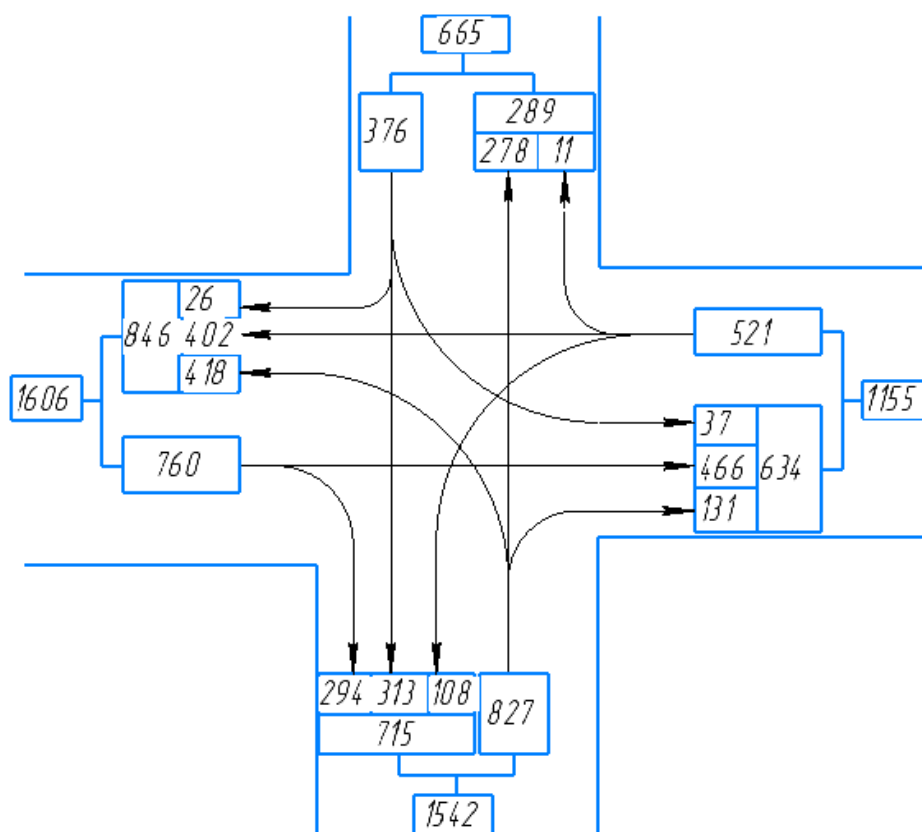


Рисунок 2.5 - Картограмма интенсивности в вечерний «час пик»

По рисункам видно, что в выходной день перекресток наиболее загружен в обеденное время. Самыми насыщенными являются прямые направления через перекресток, а также правоповоротное направление с улицы Суворова на улицу Чехова в сторону улицы Бакунина и левоповоротное направление с улицы Чехова на улицу Суворова в сторону улицы Московской.

На данном перекрестке светофорное регулирование состоит из четырех фаз: три фазы отведены под транспортные потоки, четвертая фаза регулирует движение пешеходного потока.

Количество полос проезжей части в сечениях стоп-линий (рисунок 2.6):

- 1) 1 сечение - 2 полосы;
- 2) 2 сечение - 3 полосы;
- 3) 3 сечение - 2 полосы;
- 4) 4 сечение - 2 полосы.

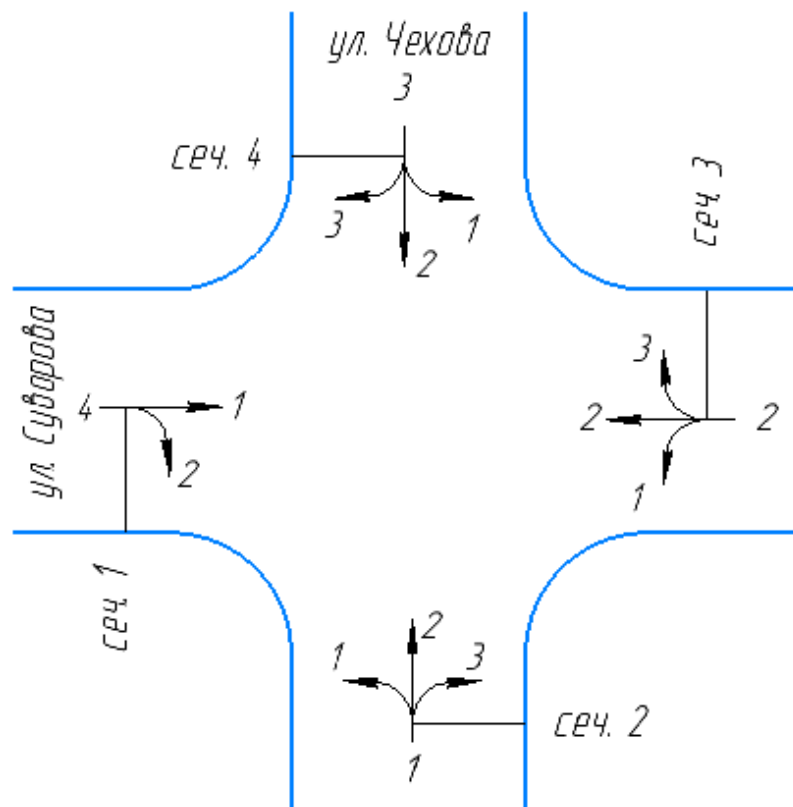


Рисунок 2.6 - Сечения стоп-линий

В сечении 1 стоп-линии 2 полосы движения. Одна полоса отведена для прямого направления движения транспорта. Вторая полоса отведена для правоповоротного направления. Расчет пропускной способности будет выполняться по формуле:

$$N_m = N_1 + N_2, \quad (2.2)$$

где N_1 - пропускная способность полосы для прямого направления;

N_2 - пропускная способность полосы для правоповоротного направления.

Пропускная способность одной полосы движения направления определяется по формуле:

$$N_{\Pi} = \frac{3600 \times (t_3 - t_a)}{T_{\Pi} \times t_n}, \quad (2.3)$$

где t_3 - длительность работы разрешающего сигнала светофора;

t_a - время, за которое транспортное средство пересекает стоп-линию после включения разрешающего сигнала (рекомендуется принимать 2 с [3, стр. 28]);

T_{Π} - продолжительность цикла регулирования;

t_n - отрезок времени между транспортными средствами при пересечении стоп-линии (рекомендуется принимать 2-3 с [3, стр. 28]).

Пропускная способность полосы 1:

$$N_1 = \frac{3600 \times (25 - 2)}{80 \times 3} = 345 \text{ ед/ч.}$$

Пропускная способность правоповоротного направления полосы 2:

$$N_2 = \frac{3600 \times (47 - 2)}{80 \times 3} = 675 \text{ ед/ч.}$$

Пропускная способность проезжей части в сечении 1 стоп-линии:

$$N_m = 345 + 675 = 1020 \text{ ед/ч.}$$

В сечении 2 стоп-линии 3 полосы движения. Одна полоса отведена для прямого направления движения транспорта. Две другие полосы отведены для поворотных направлений. Левоповоротное направление действует во время работы дополнительной секции светофора. Прямое и правоповоротное направления действуют на основной сигнал светофора.

Расчет пропускной способности будет выполняться по формуле:

$$N_m = N_{1,2} + N_3, \quad (2.4)$$

где $N_{1,2}$ - пропускная способность полосы для прямого и правоповоротного направлений;

N_3 - пропускная способность полосы для левоповоротного направления.

Пропускная способность полосы для прямого и правоповоротного направлений определяется по формуле:

$$N_{1,2} = N_n \times (n - 1), \quad (2.5)$$

$$N_{1,2} = \frac{3600 \times (33 - 2) \times 2}{80 \times 3} = 930 \text{ ед/ч.}$$

Пропускная способность левоповоротного направления определяется по формуле (2.3):

$$N_3 = \frac{3600 \times (14 - 2)}{80 \times 3} = 180 \text{ ед/ч.}$$

Пропускная способность проезжей части в сечении 2 стоп-линии:

$$N_m = 930 + 180 = 1110 \text{ ед/ч.}$$

В сечении 3 стоп-линии 2 полосы движения. Правая полоса отведена как для прямого потока, так и для правоповоротного. Левая полоса, наоборот, отведена как для прямого потока, так и для левоповоротного. Движение транспорта с обеих полос осуществляется в одну фазу.

Расчет пропускной способности будет выполняться по формуле:

$$N_M = \eta \times N_{\Pi}, \quad (2.6)$$

где η - коэффициент, снижающий пропускную способность из-за совмещения;

N_{Π} - пропускная способность полосы одной полосы движения.

прямого и левоповоротного направлений. Он зависит от доли транспортных средств, движущихся в левоповоротном направлении, в общем потоке:

$$\eta = f(\alpha). \quad (2.7)$$

Коэффициент выбирается из таблицы 2.5 в зависимости от доли транспортного потока:

Таблица 2.5 - Зависимость коэффициента η от доли транспортных средств

η	2,0	1,65	1,6	1,55	1,50
α	0	10	20	30	40

В данном случае доля левоповоротного транспортного потока составляет:

$$\alpha = \frac{82}{528} = 0,16.$$

Из этого следует, что $\eta = 1,6$.

Пропускная способность проезжей части в сечении 3 стоп-линии:

$$N_M = 1,6 \times \frac{3600 \times (25-2)}{80 \times 2} = 828 \text{ ед/ч.}$$

В сечении 4 стоп-линии 2 полосы движения. Также как в сечении 3 правая полоса отведена как для прямого потока, так и для правоповоротного. Левая полоса, наоборот, отведена как для прямого потока, так и для левоповоротного. Движение транспорта с обеих полос осуществляется в одну фазу.

Расчет пропускной способности будет выполняться по формуле (2.4):

В данном случае доля левоповоротного транспортного потока составляет:

$$\alpha = \frac{72}{511} = 0,14.$$

Из этого следует, что $\eta = 1,65$.

Пропускная способность проезжей части в сечении 4 стоп-линии:

$$N_M = 1,65 \times \frac{3600 \times (14-2)}{80 \times 2} = 446 \text{ ед/ч.}$$

Уровень загрузки транспортного узла в сечениях стоп-линий определяется по формуле:

$$z = \frac{N_{\text{факт}}}{N_M}. \quad (2.8)$$

Уровень загрузки должен находиться в следующих пределах:

$$z \leq 0,8 - 0,9.$$

Уровень загрузки сечения 1:

$$z_1 = 828/1020 = 0,79,$$

$$z_1 \leq 0,8.$$

Уровень загрузки сечения 2:

$$z_2 = 900/1110 = 0,81,$$

$$0,8 \leq z_2 \leq 0,9.$$

Уровень загрузки сечения 3:

$$z_3 = 528/828 = 0,64,$$

$$z_3 \leq 0,8.$$

Уровень загрузки сечения 4:

$$z_4 = 511/446 = 1,14$$

$$z_4 \geq 0,9.$$

При данном регулировании светофорным объектом уровень загрузки сечений 1-3 находится в допустимых пределах. Пропускная способность сечения 4 исчерпана.

2.2 Выбор составных элементов системы

Необходимо внедрить систему управления транспортными потоками на автодорогах города, которая будет успешно функционировать на данной улично-

дорожной сети. Для этого необходимо определить составные элементы будущей интеллектуальной системы управления.

В настоящий момент на товарном рынке существует огромный выбор готовых изделий, способных в совокупности обеспечить эффективное функционирование созданной системы.

Первоначальным элементом в данной системе будут выступать детекторы транспорта. Данные устройства созданы с целью мониторинга транспортного потока и определения его состава в реальном времени. Полученные с них показатели используются при внедрении жёсткого, полугибкого и гибкого регулирования дорожным движением.

Был выбран пассивный инфракрасный детектор транспорта (рисунок 2.7), который может работать как в автономном режиме, так и в режиме автоматизированной системы управления при подключении к дорожному контроллеру.



Рисунок 2.7 - Инфракрасный детектор транспорта

Данный детектор реагирует на прохождение транспортных средств в области его действия, радиус которой составляет 20 м. Источниками излучения тепла в данном случае являются двигатели транспортных средств. Детектор может крепиться к столбу освещения (рисунок 2.8), на светофорной колонке, также на мостах и эстакадах с помощью кронштейна с отверстиями [26].

Детектированию подлежит только одна полоса движения, поэтому при многополосной проезжей части необходимо устанавливать несколько детекторов транспорта.

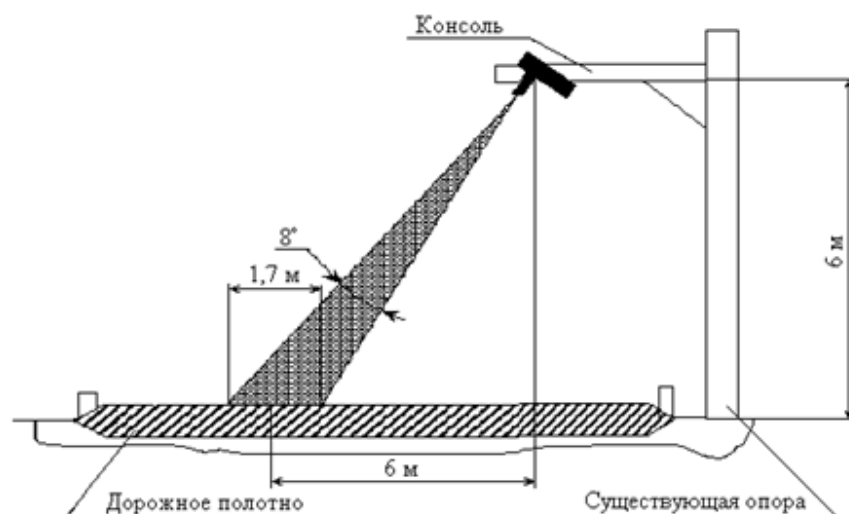


Рисунок 2.8 - Крепление инфракрасного детектора на столбе освещения

Инфракрасный детектор потребляет незначительное количество энергии - 12 миллиампер. Например, радиолокационные детекторы только в режиме ожидания потребляют 25 миллиампер. Детектор может применяться в умеренных широтах, так как диапазон температур его работы (от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$) вполне соответствует климату этой местности [25].

Детектор собирает и обрабатывает информацию об интенсивности потока на отведенной ему полосе. После полученные данные передаются посредством проводной сети на дорожный контроллер, регулирующий работу светофоров.

Дорожный контроллер «Каскад», уже установленный на данном перекрёстке, является оптимальным вариантом, так как содержит в себе все необходимые технические характеристики. В том числе при использовании данного контроллера имеется возможность местного гибкого регулирования в локальном режиме при взаимодействии с детекторами транспорта. Контроллер может оснащаться адаптером детектора транспорта [28].

Также в блочно-модульную структуру могут входить:

– интерфейсный модуль для организации бесцентрового координированного управления по типу «зеленая волна» по проводам;

- адаптер GPS для стыковки приемника GPS с контроллером,
- адаптер выносного пульта управления, позволяющий контроллеру принимать команды от выносного пульта и т.д.

Модули и блоки устанавливаются в зависимости от режима, в котором будет работать устройство.

Контроллер может обеспечивать регулирование 8 направлений движения. Максимальный ток нагрузки, коммутируемый в любой момент времени составляет 15 ампер. Дорожный детектор может эксплуатироваться в диапазоне температур от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$ [27].

На рисунке 2.9 можно увидеть структурную схему контроллера «Каскад».

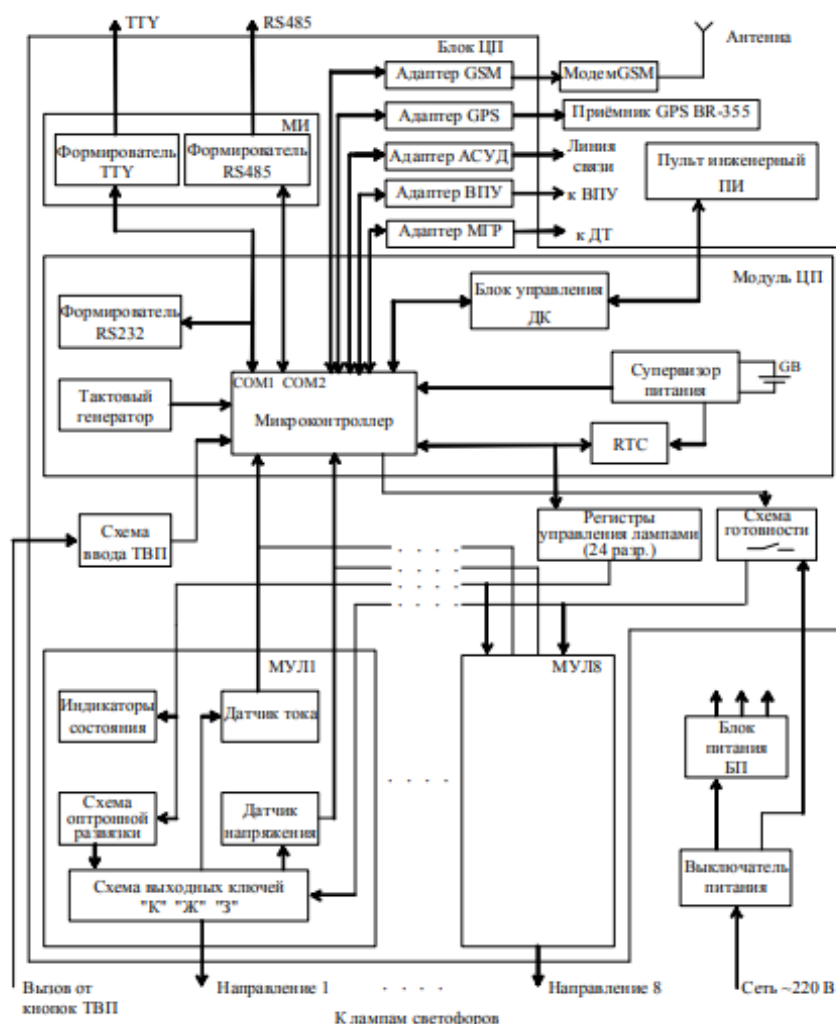


Рисунок 2.9 - Схема контроллера «Каскад»

Главным элементом является микроконтроллер, собирающий информацию с остальных элементов этой малой системы и организующий

работу всего устройства. В зависимости от текущей дорожно-транспортной ситуации он выполняет обработку одной из восьми заранее записанных в дорожном контроллере программ.

Через адаптер местного гибкого регулирования микроконтроллер получает информацию об интенсивности потока от детектора транспорта. Управление производится при помощи перераспределения длительностей светофорных фаз для разных направлений в зависимости от полученной информации.

Транспортный и пешеходный светофоры, входящие в систему, останутся такими же, какие установлены в настоящий момент. Менять их нет необходимости.

Схема перекрестка с входящими в систему элементами представлена на рисунке 2.10.

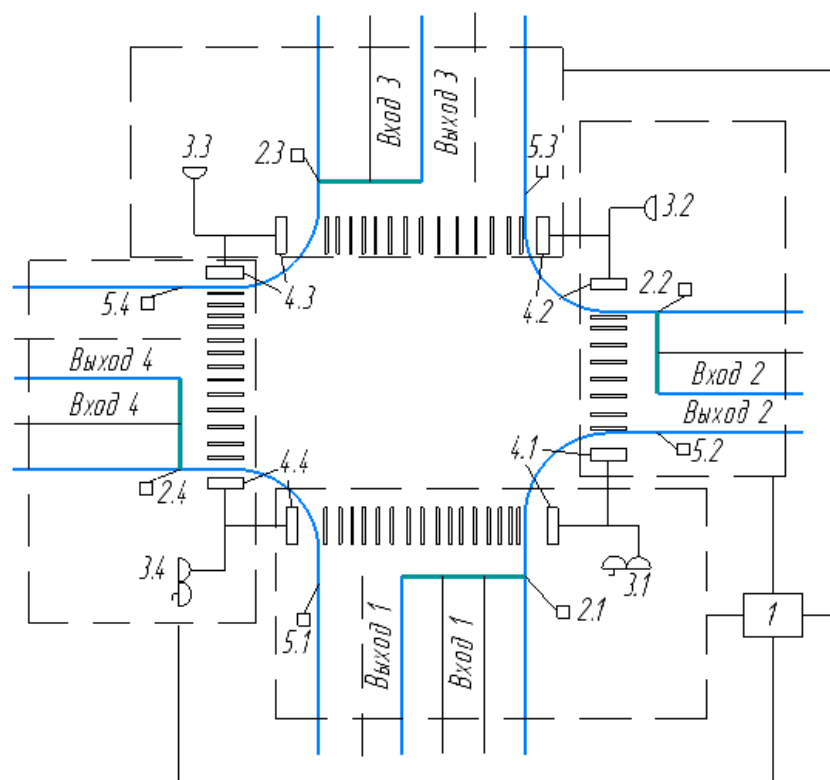


Рисунок 2.10 - Схема расположения элементов системы: 1 - контроллер, 2.1-2.4 - детекторы входящих потоков, 3.1-3.4 - транспортные светофоры, 4.1-4.4 - пешеходные светофоры, 5.1-5.4 - детекторы выходящих потоков.

Один перекресток поделен на 4 зоны для удобства управления.

2.3 Принцип и алгоритм работы системы

Принцип работы данной системы управления транспортными потоками на соседних перекрестках состоит из двух параллельных друг другу циклов. Первый направлен на измерение количества транспортных средств во входящем потоке, второй, наоборот, на выходящем.

В то время, пока горит разрешающий сигнал светофора для пешеходного потока, а для транспортного потока горит запрещающий красный сигнал светофора, детекторами транспорта 2, направленными в сторону приближающегося потока транспортных средств по тем полосам, детектирование которых им назначено, идет подсчет количества транспортных средств, остановившихся перед стоп-линией в данный момент времени на запрещающий красный сигнал.

Полученные данные с детекторов передаются контроллеру 1. Дорожный контроллер также получает с контроллеров на соседних перекрестках информацию о количестве транспортных средств по каждому направлению движения, вышедших с соседних перекрестков. Полученные данные суммируются и определяется наиболее загруженная дорога в данном пересечении.

Может быть погрешность в расчетах, так как проехавшее соседний перекресток транспортное средство не всегда может двигаться по первоначально выбранному направлению и свернуть, например, в жилую зону. Чтобы исключить подобные случаи, во время горения красного сигнала транспортного светофора будет постоянно анализироваться дорожная ситуация и выбор оптимальных отрезков времени для конфликтующих направлений будет определяться в 3 последние секунды горения зеленого сигнала пешеходного светофора.

Алгоритм работы дорожного контроллера на входящие потоки представлен на рисунке 2.11.

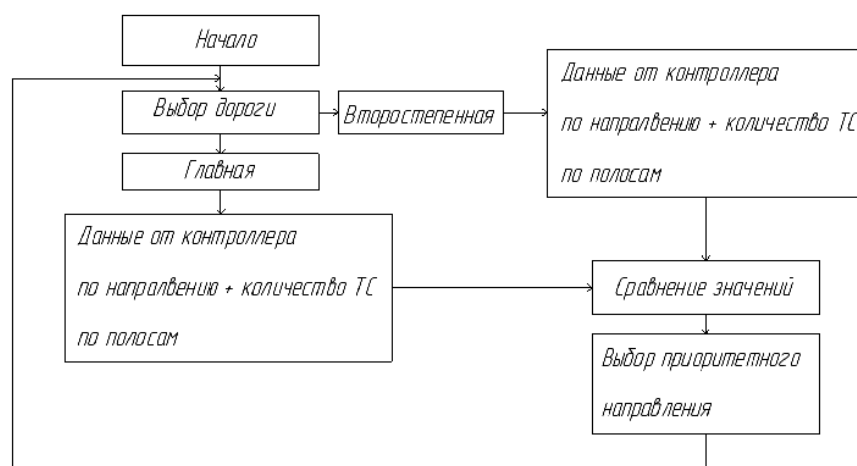


Рисунок 2.11 - Алгоритм работы контроллера на входящие потоки

Каждый из детекторов транспорта 5 направлен в сторону выходящих с перекрестка транспортных средств. Данные детекторы также фиксируют только то количество транспортных средств, движущихся по полосе, которую они детектируют. Полученные данные детекторы транспорта 5 передают на дорожный контроллер 1, контролирующий данный перекрёсток.

Контроллер анализирует полученные данные и в зависимости от направления движения транспортных средств, передает их по линии связи на контроллеры, обеспечивающие регулирование соседних перекрестков.

Алгоритм работы дорожного контроллера на выходящие потоки представлен на рисунке 2.12.

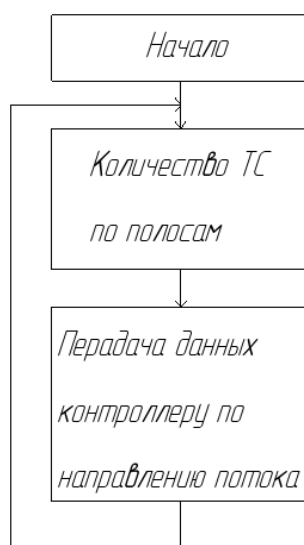


Рисунок 2.12 - Алгоритм работы контроллера на выходящие потоки

На рисунке 2.13 приведена схема соединения контроллеров между собой. Т.е. для передачи информации, полученной от детекторов транспорта 5.2 (рисунок 2.10) на контроллер ДК-1, с контроллера ДК-1 на ДК-2 будет использоваться канал связи 1-2. Для передачи информации на другие контроллеры действие будет выполняться аналогично.

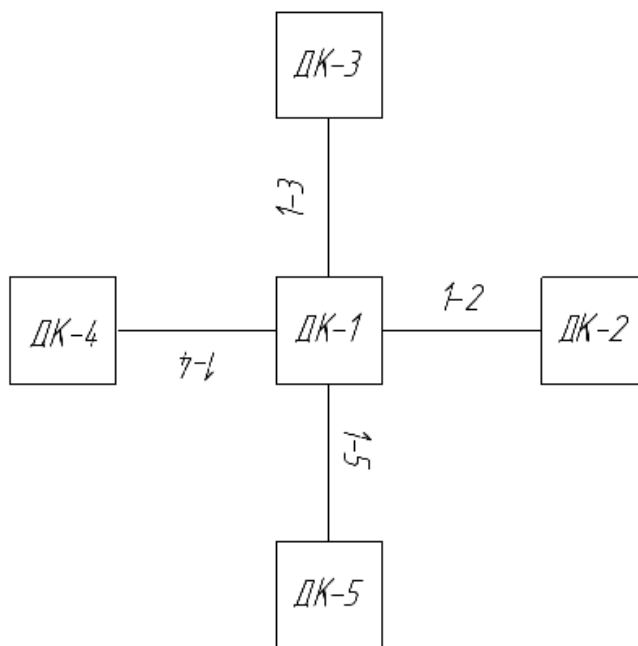


Рисунок 2.13 - Схема соединения контроллеров

Пилотный проект данной системы управления сможет выявить положительные и отрицательные стороны и определить дальнейшее ее развитие.

2.4 Выводы по второй главе

1. Был проведен анализ интенсивности транспортных потоков на пересечении улиц Суворова и Чехова. Рассчитана пропускная способность и уровень загрузки пересечения при действующем регулировании работы светофорного объекта.

2. Были выбраны составные элементы системы, способные обеспечить эффективное ее функционирование и представлена схема их расположения на перекрестке.

3. Был описан принцип и алгоритмы работы предложенной системы.

3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Определение экономического эффекта от предложенных мероприятий

Внедрение интеллектуальных систем управления позволяет обеспечить более действенное регулирование дорожным движением на улично-дорожных сетях городов.

Согласно данным с сайта ООО «Автоматика - Д», занимающимся разработкой и внедрением систем управления дорожным движением в городах России, средства, вложенные во внедрение данных систем в транспортную инфраструктуру городов, окупаются в среднем через год после их эксплуатации [16].

Исследования эффективности функционирования данных систем, проведенные специалистами из вышеназванной организации в 11 городах страны, показали, что после их внедрения средняя скорость поездки возрастает на 22-32%, время задержек во время поездки сокращается на 55-74%, количество остановок в пути уменьшается на 62-66%, расход бензина снижается на 11-16% и т.д.

Для предварительного анализа результативности внедрения системы управления на улично-дорожной сети города Пензы был проведен расчет:

- 1) Годового экономического эффекта;
- 2) Расчетного коэффициента эффективности вложений;
- 3) Срока окупаемости.

1. Годовой экономический эффект характеризует результативность проведенных мероприятий, которые были направлены на создание каких-либо материальных благ, и определяется как разность между годовой экономией от выполненных мероприятий и величиной капитальных вложений в них.

В случае, если годовая экономия от выполненных мероприятий превышает затраты, то годовой экономический эффект считается положительным и капитальные вложения экономически целесообразны. В противном случае,

годовой экономический эффект считается отрицательным и капитальные вложения экономически нецелесообразны.

Годовой экономический эффект определяется по формуле [18]:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_c - E_n \times K_k, \quad (3.1)$$

где $\mathcal{E}_c$ - годовая сумма экономии от проведенных мероприятий по внедрению системы, тыс. руб.;

K_k - капитальные вложения, связанные с внедрением системы, тыс.руб.;

E_n - нормативный коэффициент экономической эффективности ($E_n = 0,15$ [17, стр. 7]).

В капитальные вложения входят:

- стоимость приобретенного оборудования;
- стоимость вспомогательного оборудования и инвентаря (10% стоимость основного оборудования);
- сумма затрат на транспортировку, монтаж и наладку, пуск ЭВМ и устройств (10% стоимости технических средств);
- сумма затрат на транспортировку, монтаж и наладку вспомогательного оборудования и инвентаря (5% стоимости вспомогательного оборудования и инвентаря).

Сумма затрат на капитальные вложения приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Капитальные вложения

Оборудование	Цена за ед., тыс. руб.	Необходимое количество на участок дороги, шт.	Общая стоимость, тыс. руб.
Инфракрасный детектор транспорта	23,4	19	444,6
Дорожный контроллер ДК «Каскад» ДК Л8	97,8	3	293,4
Вспомогательное оборудование	-	-	70

Транспортировка, монтаж и наладка, пуск ЭВМ и устройств	-	-	70
Транспортировка, монтаж и наладка вспомогательного оборудования и инвентаря	-	-	3,5
Итого			883,5

Необходимо определить величину эксплуатационных расходов - затрат, которые потребуются для поддержания внедряемого оборудования в работоспособном состоянии. Эксплуатационные расходы включают в себя:

- затраты на текущий и профилактические ремонты;
- амортизационные отчисления;
- затраты на электроэнергию.

Затраты на текущий и профилактический ремонты оборудования принимаются в размере 5% от общей стоимости оборудования и определяются по формуле:

$$I_p = K_6 \times 0,05, \quad (3.2)$$

где K_6 - балансовая стоимость технических средств.

$$I_p = (444,6 + 293,4) \times 0,05 = 36,9 \text{ тыс. рублей.}$$

Приобретенное оборудование с течением времени изнашивается и приходит в негодность. Для того, чтобы в необходимый момент произвести ремонт старого оборудования или покупку нового, в течение всего срока службы старого оборудования необходимо производить накопление амортизационных начислений.

При применении линейного метода сумма начисленной амортизации за один месяц определяется как произведение первоначальной стоимости объекта основных средств и соответствующей нормы амортизации, которая определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{n} \times 100 \%, \quad (3.3)$$

где К - норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости объекта;

п- срок эксплуатации объекта (в месяцах).

Годовое значение амортизации определяется по формуле:

$$И_a = ПС \times К/100\%, \quad (3.4)$$

где ПС - первоначальная стоимость оборудования;

К - норма амортизации (год).

В данном случае мы принимаем именно такой метод начисления амортизации, так как он более целесообразен для данного оборудования.

Расчет нормы амортизации и амортизационных отчислений представлен в таблице 3.2

Таблица 3.2 - Расчет амортизационных отчислений

Основные средства	Срок службы, лет	Норма амортизации, %	Стоимость, тыс. руб.	Амортизационные отчисления в год, тыс. руб.
Инфракрасный детектор транспорта	8	12,5	444,6	55,575
Дорожный контроллер ДК «Каскад» ДК Л8	8	12,5	293,4	36,675
Итого				92,95

Таким образом затраты на амортизацию всего оборудования в год составят 92,25 тыс. руб.

Затраты на электроэнергию исчисляются исходя из мощности оборудования.

Мощность оборудования приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Мощность используемого оборудования

Основные средства	Мощность, кВт	Количество, шт.	Суммарная мощность, кВт
Инфракрасный детектор транспорта	0,0006	19	0,0114
Дорожный контроллер ДК «Каскад» ДК Л8	2,64	3	7,92
Итого			7,93

Затраты на электроэнергию, потребляемую техническими средствами, определяются по формуле:

$$I_{эл} = P' \times T_{рб} \times C_{эл} \times K_m, \quad (3.5)$$

где P' - мощность оборудования, кВт;

$T_{рб}$ - годовое число часов работы оборудования, ч;

$C_{эл}$ - стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, руб;

K_m - коэффициент использования мощности оборудования.

$$I_{эл} = 7,93 \times 8760 \times 3,4 \times 0,9 = 213,105 \text{ тыс. руб.}$$

Следовательно, затраты на электроэнергию проектируемого комплекса составят 213,105 тыс. руб.

Общая сумма эксплуатационных затрат определяется по формуле:

$$I = I_p + I_a + I_{эл}, \quad (3.6)$$

где I_p - затраты на текущий и профилактический ремонты оборудования;

I_a - затраты на амортизационные отчисления;

$I_{эл}$ - затраты на электроэнергию.

$$I = 36,9 + 92,95 + 213,105 = 342,955 \text{ тыс. руб.}$$

Следовательно, общая сумма эксплуатационных затрат внедряемого оборудования составит 342,955 тыс. руб.

В результате образования транспортных заторов в узловых пунктах улично-дорожной сети города увеличиваются транспортные задержки,

сокращается скорость транспортного потока. В результате чего значительно возрастает общее время в пути участников дорожного движения.

Внедрение интеллектуальной системы позволит сократить потери времени участников дорожного движения на преодоление пути к месту их тяготения.

Определим годовой эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{тс}} = \sum (T_{\text{тс}i}^{\text{т}} - T_{\text{тс}i}^{\text{пр}}) C_{\text{тс}i}, \quad (3.7)$$

где $T_{\text{тс}i}^{\text{т}}$ - годовые потери времени транспортными средствами i -го вида в текущем варианте, авт.-ч;

$T_{\text{тс}i}^{\text{пр}}$ - годовые потери времени транспортными средствами i -го вида в проектируемом варианте, авт.-ч;

$C_{\text{тс}i}$ - стоимость одного автомобиле-часа i -го вида транспортного средства, руб.

Годовые потери времени $T_{\text{тс}}$ определяются по формуле [18]:

$$T_{\text{тс}} = \frac{365(N_{\text{гл}} + N_{\text{вт}})t_0}{3600k_{\text{н}}}, \quad (3.8)$$

где $N_{\text{гл}}$ - интенсивность движения по главной дороге в «час пик», авт.-ч;

$N_{\text{вт}}$ - интенсивность движения по второстепенной дороге в «час пик», авт.-ч;

t_0 - средняя задержка, с;

$k_{\text{н}}$ - коэффициент неравномерности движения в течение суток ($k_{\text{н}} = 0,1$ [18, стр. 4]).

Средняя задержка рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{\sum t_{0i} N_i}{\sum N_i}, \quad (3.9)$$

где t_{0i} - средняя задержка в i -ом направлении;

N_i - количество транспортных средств, проходящих в данном направлении в «час пик», авт.;

На регулируемом перекрестке средняя задержка транспортных средств зависит от режима регулирования:

$$t_{0i} = \frac{(T_{\text{ц}} - t_3)^2}{2T_{\text{ц}}}, \quad (3.10)$$

где $T_{\text{ц}}$ - длительность цикла светофорного регулирования, с;

t_3 - длительность зеленого сигнала светофора, с.

Расчёт выполнялся в Microsoft Excel по формуле. Для расчета были взяты данные об интенсивности в обеденный «час пик». Годовые потери времени на данном участке дороги представлены в таблице 3.4

Таблица 3.4 - Годовые потери времени до внедрения системы

Вид транспортного средства	Величина потерь, авт.-ч
Легковой транспорт	33408
Грузовой транспорт	1014
Пассажирский транспорт	10871

Испытание автоматизированной системы управления на перекрестках г. Хабаровска показало результат успешного ее внедрения: количество остановок сократилось в 3,4 раза, время задержки при проезде перекрестков уменьшилось на 22 % [2]. Не менее хорошие результаты были получены и в других городах, в которых внедряются системы управления дорожным движением.

Исходя из этого, априорно результат внедрения данной системы в улично-дорожную сеть города Пензы можно принять как снижение потерь времени транспортных средств на 22%. Величина потерь времени транспортных средств после внедрения системы управления транспортными потоками приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Годовые потери времени после внедрения системы

Вид транспортного средства	Величина потерь, авт.-ч
Легковой транспорт	22384
Грузовой транспорт	680
Пассажирский транспорт	7284

Примерная стоимость автомобиле-часа транспортных средств [18] определенного вида представлена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Примерная стоимость автомобиле-часа

Вид транспорта	Стоимость автомобиле-часа, руб.
Пассажирский	209,5
Грузовой	143,5
Легковой	116,9

Определим годовой эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами:

$$\mathcal{E}_{\text{тс}} = (10871 - 7284) \times 209,5 + (1014 - 680) \times 143,5 + (33408 - 22384) \times 116,9 = 2088,111 \text{ тыс.руб.}$$

Определим годовой эффект от сокращения потерь времени пассажирами по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{пасс}} = T_{\text{пасс}}^{\text{т}} - T_{\text{пасс}}^{\text{пр}}, \quad (3.7)$$

где $T_{\text{пасс}}^{\text{т}}$ - годовые потери времени пассажирами в текущем варианте, руб.;
 $T_{\text{пасс}}^{\text{пр}}$ - годовые потери времени пассажирами в проектируемом варианте, руб.;

Годовые затраты пассажирами определяются по формуле:

$$T_{\text{пасс}} = T_{\text{тс}} S_n (d_a B_a \eta_a - d_{\text{л}} B_{\text{л}} \eta_{\text{л}}), \quad (3.8)$$

где $T_{\text{тс}}$ - годовые потери времени транспортными средствами, авт.-ч;

S_n - средняя величина потерь за 1 час пребывания в пути пассажиров ($S_n = 12,18$ [18, стр. 6]), руб;

d_a и $d_{\text{л}}$ - доли автобусов и легковых автомобилей в транспортном потоке;

B_a и $B_{\text{л}}$ - номинальные вместимости автобусов и легковых автомобилей (за базовый автобус был взят ЛиАЗ-667 номинальной вместимостью 77 человек, номинальная вместимость легковых автомобилей 5 человек);

η_a и $\eta_{\text{л}}$ - средние коэффициенты наполнения автобусов и легковых автомобилей ($\eta_a = 0,7$ и $\eta_{\text{л}} = 0,4$).

Доля легковых автомобилей в транспортном потоке в обеденный «час пик» составляет 82,6 %, доля автобусов - 16,2 %.

Определим потери времени пассажиров:

$$T_{\text{пасс}} = (33408 + 1014 + 10871) \times 12,18 \times (0,162 \times 77 \times 0,7 + 0,826 \times 5 \times 0,4) = 5717,233 \text{ тыс руб.}$$

Так как снижение потерь времени пассажиров в пути прямо пропорционально связано со снижением потерь времени транспортных средств. Поэтому величину снижения потерь времени пассажиров транспортных средств можно априорно принять 22%.

Следовательно, после внедрения системы потери пассажиров составят 4459,442 тыс. руб.

Годовой эффект от сокращения потерь времени пассажиров:

$$\mathcal{E}_{\text{пасс}} = 5717,233 - 4459,442 = 1257,791 \text{ тыс. руб.}$$

Общая сумма экономии составит:

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_{\text{тс}} + \mathcal{E}_{\text{пасс}} - И, \quad (3.9)$$

где $\mathcal{E}_{\text{тс}}$ -годовой эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами, руб.;

$\mathcal{E}_{\text{пасс}}$ - годовой эффект от сокращения потерь времени пассажирами;

И - общая сумма эксплуатационных затрат, руб.

$$\mathcal{E}_c = 2088,111 + 1257,791 - 342,955 = 3002,947 \text{ тыс. руб.}$$

Определим годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 3002,947 - 0,15 \times 883,5 = 2870,442 \text{ тыс. руб.}$$

2. Расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений определяется по формуле:

$$E_p = \frac{\mathcal{E}_c}{K_k} \geq E_{\text{нТВ}}, \quad (3.10)$$

где $\mathcal{E}_c$ - общая сумма экономии;

K_k - сумма капитальных вложений;

$E_{\text{нТВ}}$ - нормативный отраслевой коэффициент эффективности капитальных затрат ($E_{\text{нТВ}} = 0,35$).

$$E_p = \frac{3002,947}{883,5} = 3,4 \geq 0,35.$$

3. Срок окупаемости определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_k}{\mathcal{E}_c}, \quad (3.11)$$

где K_k - сумма капитальных вложений;

$\mathcal{E}_c$ - общая сумма экономии;

$$T_{ок} = \frac{883,5}{3002,947} = 0,29 \text{ года} \approx 3,5 \text{ месяца.}$$

Все результаты расчетов сводим в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 - Экономическая оценка проектных решений

Показатель	Значение
Капитальные вложения, тыс. руб.	883,5
Эксплуатационные затраты, тыс. руб.	342,955
Годовые потери времени ТС до внедрения системы, авт.-ч	45293
Годовые затраты пассажиров, тыс. руб.	5717,233
Годовой эффект от сокращения потерь времени ТС, тыс. руб.	2088,111
Годовой эффект от сокращения потерь пассажирами, тыс. руб.	1257,791
Общая сумма экономии, тыс. руб.	3002,947
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	2870,442
Расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений	3,4
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,3

Полученные значения позволяют сделать вывод о том, что внедрение системы управления транспортными потоками даст положительный результат в организации дорожного движения в следствие сокращения потерь времени в пути участниками дорожного движения.

3.2 Выводы по третьей главе

1. В результате проведенных расчетов были определены следующие затраты: сумма капитальных вложений во внедряемую систему в размере 883,5 тысяч рублей, общая сумма годовых эксплуатационных затрат на содержание внедряемого оборудования в размере 342,955 тысяч рублей;

2. Выполненные расчеты показали, что годовой эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами составит 2088,111 тысяч рублей,

пассажирами - 1257,791 тысяч рублей;

3. На основании проведенных расчетов было установлено, что годовой экономический эффект от внедрения системы составит 2870,442 тысяч рублей, расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений - 3,4, а срок окупаемости - 3,5 месяца. Капитальные вложения целесообразны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе анализа современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы было выявлено, что при существующем способе светофорного регулирования она не справляется с транспортным потоком и существует необходимость в применении более усовершенствованных методов организации дорожного движения.

2. Разработана интеллектуальная система управления транспортными потоками на основе использования инфракрасных детекторов транспорта PIR, позволяющая сократить потери времени участников дорожного движения. Предложен алгоритм работы дорожного контроллера на входящие и выходящие с перекрестка транспортные потоки.

3. Проведенная оценка экономической эффективности от предложенных мероприятий показала, что годовой экономический эффект после внедрения системы составит 2870442 рубля при капитальных вложениях - 883500 рублей. Срок окупаемости составит 3,5 месяца.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматика - Д. Автоматизированные системы управления дорожным движением. Испытания АСУДД «Микро» в г. Хабаровске [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://asud55.ru/archives/990>, свободный;
2. Автоматика - Д. Автоматизированные системы управления дорожным движением. Эффективность АСУДД [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://asud55.ru/archives/970>, свободный;
3. Булавина Л.В. Расчет пропускной способности магистралей и узлов: учеб. пособие / Л.В. Булавина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. техн. ун-та, 2009. – 44 с.;
4. ГОСТ Р 56829-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения.
5. ГОСТ Р 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем
6. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования;
7. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств (с Изменениями N 1, 2);
8. ГОСТ Р 51256-2018. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования;
9. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.;
10. Интеллектуальная транспортная инфраструктура (ИТС) России [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/>, свободный;
11. История Пензы [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.penza-trade.ru/penza-history.htm>, свободный;

12. Клинковштейн, Г. И., Афанасьев, М. Б. Организация дорожного движения [Текст]: Учеб. для вузов / Клинковштейн, Г. И., Афанасьев, М. Б. – М.: Транспорт, 2001 – 247 с.;

13. Комаров В.В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика / В.В.Комаров, С.А.Гараган. – М. : НТБ «Энергия», 2012. – 352 с;

14. Криволапова Ольга Юрьевна. Оценка эффективности организации дорожного движения при перераспределении транспортных потоков: диссертация ... кандидата Технические науки: 05.22.10 / Криволапова Ольга Юрьевна; [Место защиты: ФГБОУ ВО Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева], 2017;

15. Криволапова О. Ю. Построение архитектуры интеллектуальных транспортных систем // Молодой ученый. — 2012. — №12. — С. 80-83. — URL <https://moluch.ru/archive/47/5771/>, свободный;

16. Методические указания МВД СССР. Временные методические указания по определению экономической эффективности технических средств и систем управления дорожным движением [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902094407>, свободный;

17. Мониторинг и прогнозирование влияния автомобильного транспорта на воздушный бассейн города Пенза / А. Д. Шумилин, Н. Н. Вершинин, Л. А. Авдоница // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 2 (14). – С. 97–103;

18. Обоснование экономической целесообразности введения светофорного регулирования на перекрестке: Методические указания по выполнению контрольной работы по курсу “Экономика дорожного движения” для студентов заочной формы обучения, а также для практических занятий дневного обучения специальности 240400 “Организация дорожного движения” / Сост. Е.В.Кривко. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. – 12 с.;

19. Об утверждении программы комплексного развития

транспортной инфраструктуры муниципального образования город Пенза на 2017 - 2026 годы: Решение Пензенской городской Думы от 31 марта 2017 № 676-32/6;

20. Об утверждении Генерального плана города Пензы: Решение Пензенской городской Думы от 28.03.2008 № 916-44/4;

21. Сайт о Пензе [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://penza.ml>, свободный;

22. Салмин, В.В. Повышение безопасности дорожного движения в Пензенской области / В.В. Салмин, Н.А. Волкова // сборник статей XII Международной научно-практической конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса» – Пенза, 2018. – С.78-182;

23. Салмин, В.В. Применение интеллектуальной системы управления для организации и регулирования дорожного движения в городе Пенза / В.В. Салмин, Н.А. Волкова // сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения)» - Пенза, 2019. – С.119-124;

24. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (с Изменением N 1);

25. Средства организации дорожного движения и парковки. Детектор транспорта инфракрасный (PIR) [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://dorstroy-systems.ru/shop/svetofori_i_kontrolleri/detektor-transporta-infrakrasnyj-pir/, свободный;

26. Студенческая библиотека онлайн. Детекторы транспорта [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://studbooks.net/81362/tehnika/detektory_transporta, свободный;

27. Торговый дом «Мегапром». Дорожный контроллер ДК-Л (ДК «Каскад») [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://tdmegaprom.ru/dorozhnyj-kontroller-dk-l.html>, свободный;

28. Электромеханика. Средства управления дорожным движением.

Дорожный контроллер «Каскад» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.elmeh.ru/catalog/traffic-control/traffic-controllers/traffic-controller-kaskad/>, свободный;

29. Hounsell, Nick. Intelligent Bus Priority in London: Evaluation and Exploitation in INCOME. Paper presented at the 6th World Congress Conference on ITS. Toronto, Canada. 6 - 12 November 1999. 9. Halkias, John and Michael Schauer. Red;

30. Joseph Sussman, et al. (MIT). What Have We Learned About ITS? Federal Highway Administration, U.S. DOT. December 2000;

31. Lehtonen, Mikko and Risto Kulmala. The Benefits of a Pilot Implementation of Public Transport Signal Priorities and Real-Time Passenger Information. Paper presented at the 81st Annual Transportation Research Board Meeting. Washington, District of Columbia. 13-17 January 2002.

Тема, цель и задачи выпускной квалификационной работы

Тема: "Повышение пропускной способности УДС г. Пензы путем применения интеллектуальной системы управления"

Цель: Повышение пропускной способности улично-дорожной сети в центре г. Пензы.

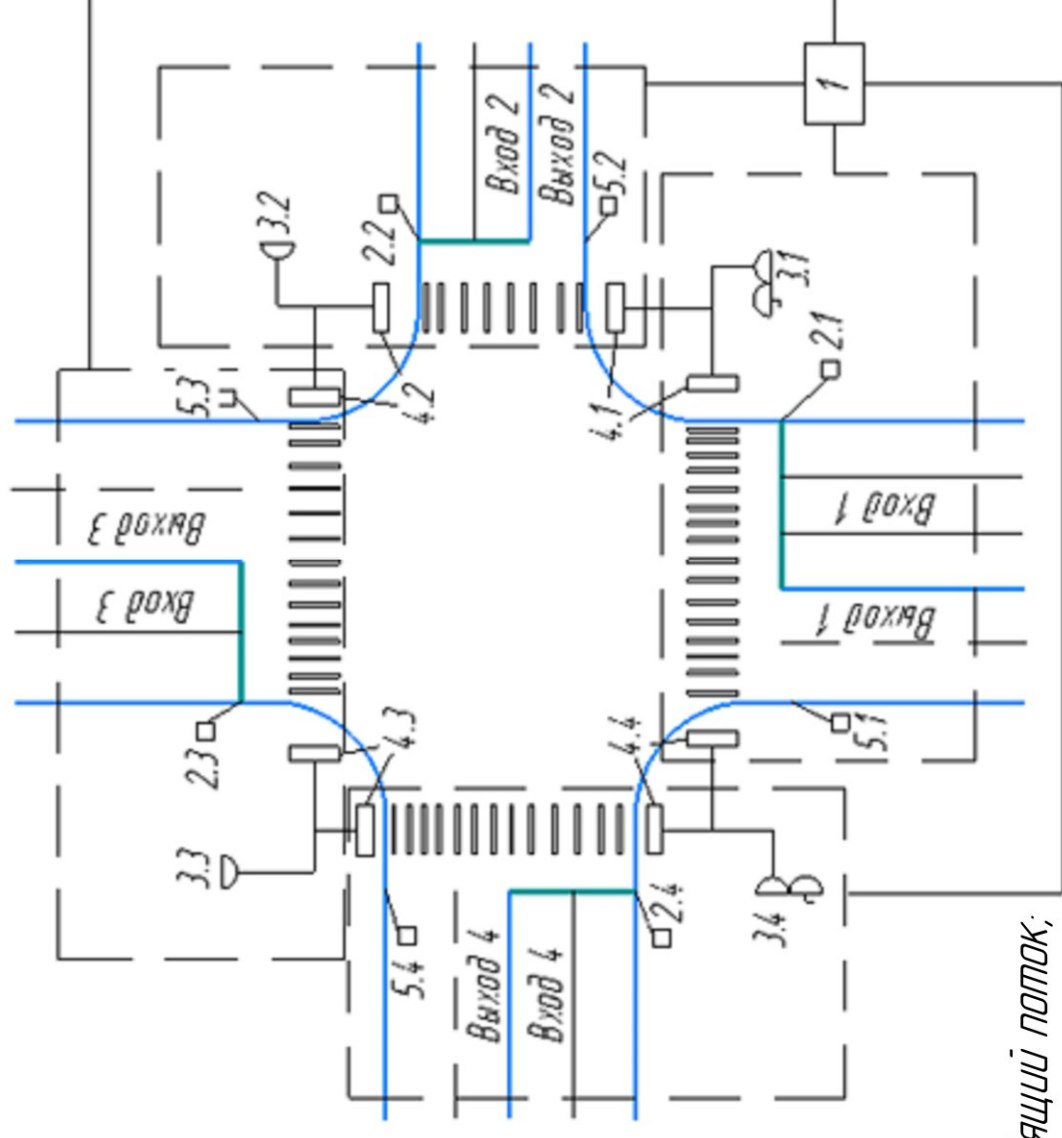
Задачи:

1. Выполнить анализ современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы, а также анализ существующих систем повышения ее пропускной способности;
2. Предложить мероприятия по повышению пропускной способности улично-дорожной сети г. Пензы;
3. Провести оценку экономической эффективности от предложенных мероприятий

Существующие интеллектуальные транспортные системы

Наименование системы	Параметры, по которым можно использовать данную систему	Параметры, по которым нельзя использовать данную систему
ACS-Lite	К системе можно подключать детекторы любого типа. Существует возможность бесцентрового режима работы. Не требует большого количества обслуживающего персонала. Для работы системы не требуется обеспечение высокоскоростных коммуникаций. Возможность интегрировать на наиболее проблемных магистралях.	Использование системы невозможно, так как существует необходимость внедрения стандартов NTCIP и система имеет совместимость только с дорожными контроллерами производства США.
SCOOT	Возможно использовать на улично-дорожной сети любой конфигурации и адаптировать модули данной системы под структуру другой системы.	Данная система имеет совместимость только с дорожными контроллерами Siemens.
UTOPIA	Система способна управлять дорожной ситуацией на всей улично-дорожной сети. Имеется возможность выбора управляющей стратегии.	Данная система имеет совместимость с дорожными контроллерами только иностранного производства.

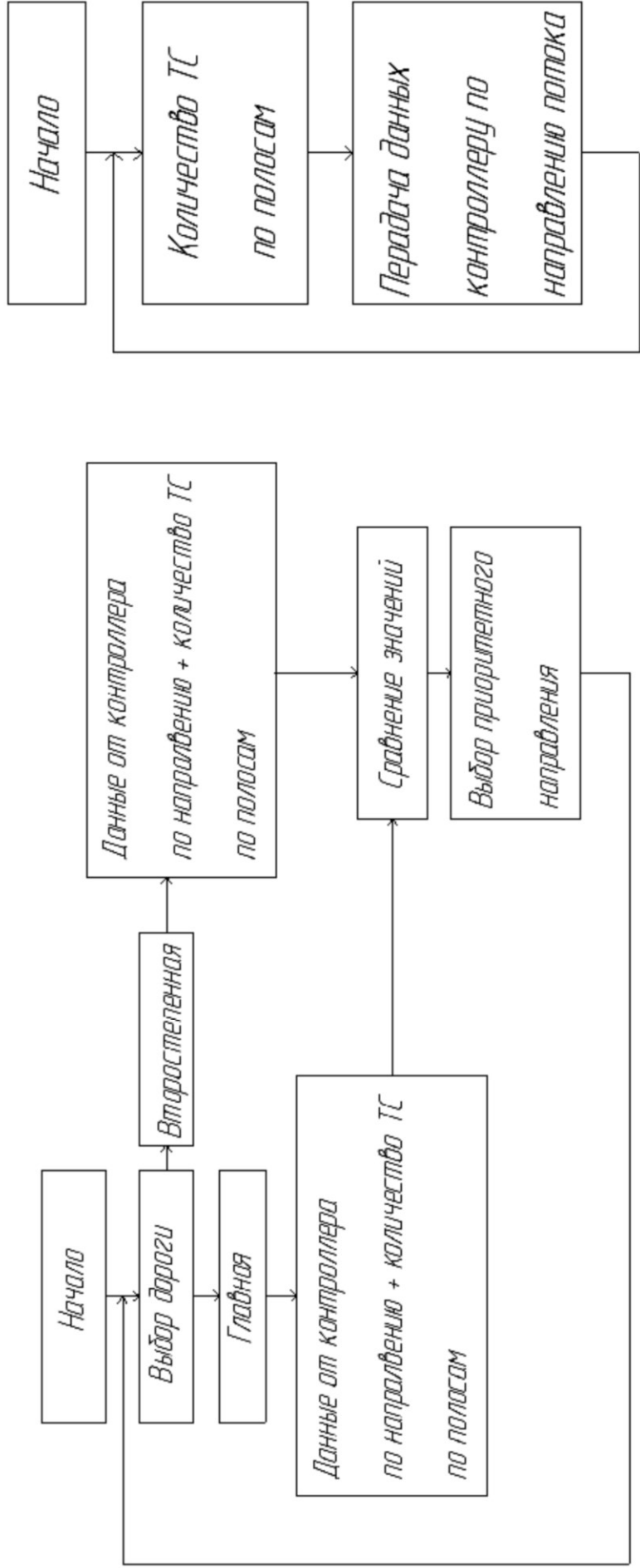
Схема расположения элементов системы



ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- 1 – контроллер;
- 2 – детектор на входящий поток;
- 3 – транспортный светофор;
- 4 – пешеходный светофор;
- 5 – детектор на выходящие поток.

Алгоритмы работы контроллера



Алгоритм работы контроллера на входящие потоки

Алгоритм работы контроллера на выходящие потоки

Экономическое обоснование предложенных мероприятий

Показатель	Значение
Капитальные вложения, тыс. руб.	883,5
Эксплуатационные затраты, тыс. руб.	342,955
Годовые потери времени ТС до внедрения системы, авт.-ч	45293
Годовые затраты пассажиров, тыс. руб.	5717,233
Годовой эффект от сокращения потерь времени ТС, тыс. руб.	2088,111
Годовой эффект от сокращения потерь пассажирами, тыс. руб.	1257,791
Общая сумма экономии, тыс. руб.	3002,947
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	2870,442
Расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений	3,4
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,3

Выводы:

1. В ходе анализа современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы было выявлено, что при существующем способе светофорного регулирования она не справляется с транспортным потоком и существует необходимость в применении более усовершенствованных методов организации дорожного движения;
2. Разработана интеллектуальная система управления транспортными потоками на основе использования инфракрасных детекторов транспорта PIR, позволяющая сократить потери времени участников дорожного движения. Предложен алгоритм работы дорожного контроллера на входящие и выходящие с перекрестка транспортные потоки.
3. Проведенная оценка экономической эффективности от разработанной системы показала, что годовой экономический эффект после внедрения системы составит 2870442 рубля при капитальных вложениях - 883500 рублей. Срок окупаемости капитальных вложений составит 3,5 месяца.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
Политехнический институт
Факультет машиностроения и транспорта
Кафедра «Транспортные машины»

ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу студентки группы 15МГ1, обучающейся по направлению 23.03.01 - «Технология транспортных процессов», профиль «Организация и безопасность движения» Волковой Натальи Александровны, выполненную на тему:
«Повышение пропускной способности УДС г. Пензы путем применения интеллектуальной системы управления»

Бурный рост автомобилизации городов, за последние 20 лет, привёл к резкому отставанию улично-дорожной сети от транспортных потребностей, что привело к перегруженности транспортных узлов и магистралей. Проведение строительных мероприятий по повышению пропускной способности требует значительных капитальных вложений и не всегда возможно. Поэтому, в связи с повышением уровня автомобилизации населения на фоне недостаточных темпов развития улично-дорожной сети остро стоит проблема применения различных методов управления дорожным движением, учитывающих постоянно меняющиеся условия.

Выпускная квалификационная работа студентки группы 15МГ1 Волковой Н.А. состоит из введения, трех разделов, заключения и списка использованных источников.

В первом разделе приводится анализ современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы, а также анализ существующих систем повышения пропускной способности транспортных узлов и магистралей.

Во втором разделе приводится исследование уровня загрузки центрального транспортного узла улично-дорожной сети г. Пензы, а также предлагаются мероприятия по повышению ее пропускной способности.

В третьем разделе студентка выполнила оценку экономической эффективности от предлагаемых мероприятий и обосновала их целесообразность в применении.

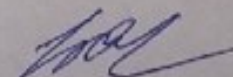
В ходе подготовки к защите бакалаврской работы студентка Волкова Н.А. показала себя грамотным специалистом, способным:

- изучать и анализировать информацию, технические данные, показатели и результаты работы транспортных систем с использованием современных информационно-компьютерных технологий при управлении дорожным движением;
- применять методики проведения исследований, разрабатывать проекты и программы проведения необходимых мероприятий, связанных с управлением и организацией дорожного движения, обеспечением пропускной способности на улично-дорожной сети;
- проводить технико-экономический анализ по поиску путей сокращения затрат участников дорожного движения.

В ходе работы над бакалаврской работой студентка Волкова Н.А. выполнила в полном объеме все поставленные в работе задачи. ВКР выполнена на высоком уровне. По теме проведенного исследования студентка имеет две публикации, зарегистрированные в РИНЦ.

Резюмируя вышесказанное следует отметить, что выпускная квалификационная работа заслуживает оценки "Отлично", а Волкова Н.А. присвоения ей академической степени бакалавра по направлению 23.03.01 - «Технология транспортных процессов», профиль – Организация и безопасность движения.

Научный руководитель ВКР, д.т.н., профессор



В.В. Салмин

«3» июня 2019 г.



СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Волкова Наталья Александровна
Подразделение	Факультет машиностроения и транспорта ка федра Транспортные машины
Тип работы	Не указано
Название работы	Выпускная квалификационная работа.Волкова Н.А
Название файла	Выпускная квалификационная работа.Волкова Н.А.docx
Процент заимствования	18,49%
Процент цитирования	1,35%
Процент оригинальности	80,16%
Дата проверки	11:36:12 11 июня 2019г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Модуль поиска Интернет; Коллекция Медицина; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска перефразирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска "ПГУ"; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Кольцо вузов
Работу проверил	Жук Александр Порфирьевич
	ФИО проверяющего

Дата подписи

14.06.19г

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.



Пензенский государственный университет

Кафедра «Транспортные машины»



**Тема: «Повышение пропускной способности
улично-дорожной сети г. Пензы применением
интеллектуальной системы управления»**

Волкова Наталья

Александровна

группа 15МГ1

**Руководитель: д.т.н.,
профессор Салмин В.В.**

Пенза, 2019

Актуальность темы

Постоянный рост автомобилизации приводит к ухудшению дорожно-транспортной ситуации вследствие повышения интенсивности дорожного движения, что в последствии является причиной низкой пропускной способности на улично-дорожной сети и возникновения заторов.



Решение проблемы с помощью архитектурно-планировочных мероприятий не всегда является возможным. Необходимо применение усовершенствованных методов организации дорожного движения.



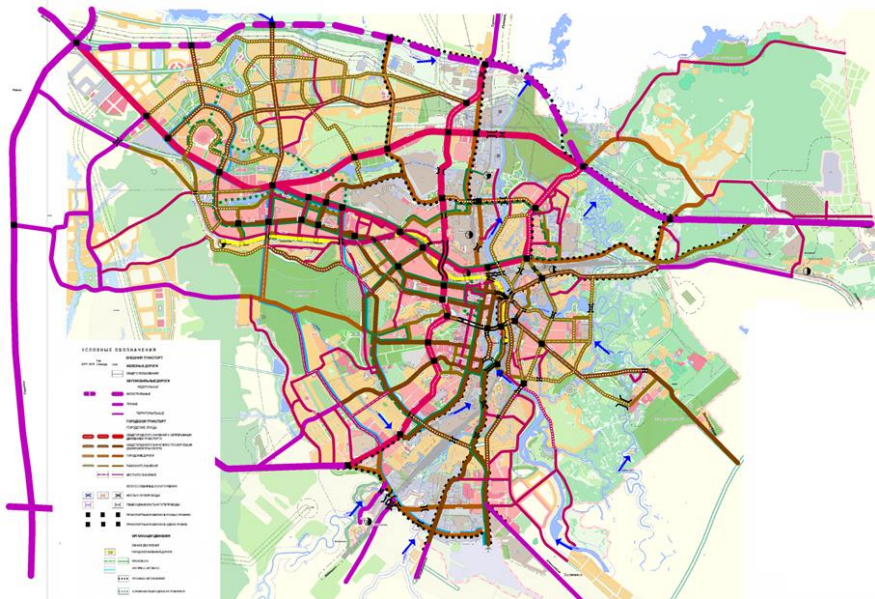
Цель выпускной квалификационной работы:

«Повышение пропускной способности улично-дорожной сети в центре г. Пензы»

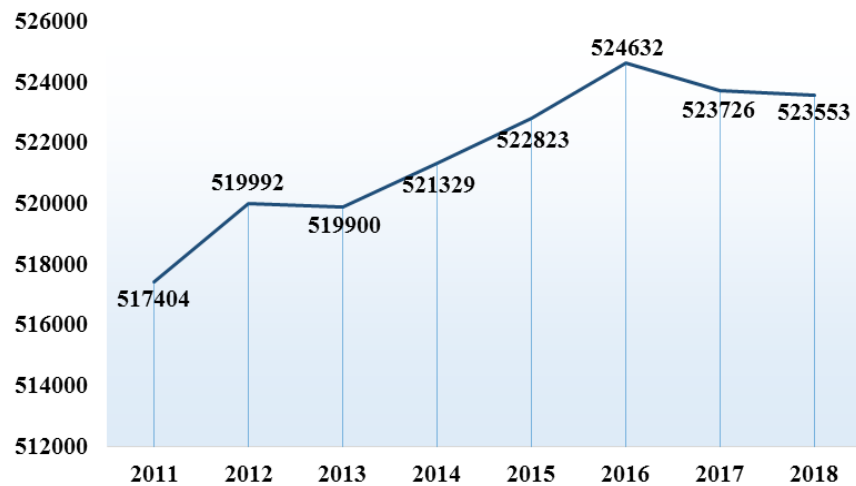
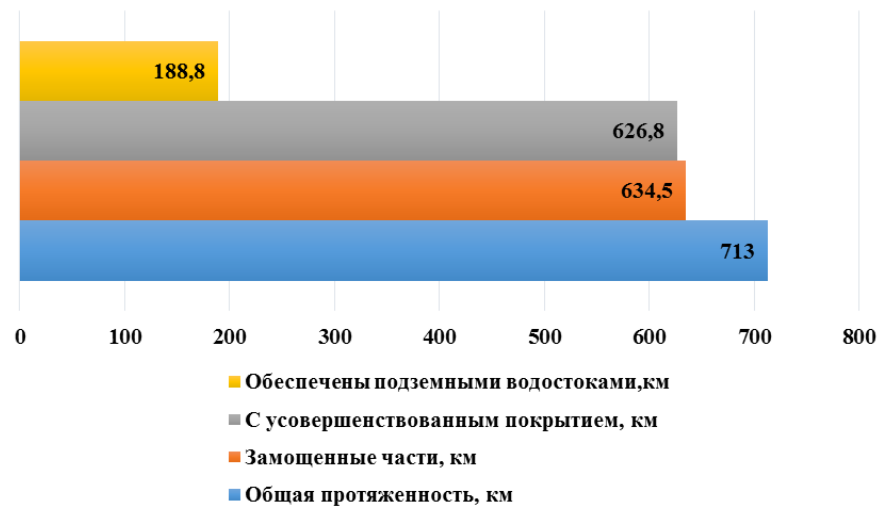
Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Выполнить анализ современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы, а также анализ существующих систем повышения ее пропускной способности;
2. Предложить мероприятия по повышению пропускной способности улично-дорожной сети г. Пензы;
3. Провести оценку экономической эффективности от предложенных мероприятий.

Характеристика УДС и уровень автомобилизации в г. Пензе



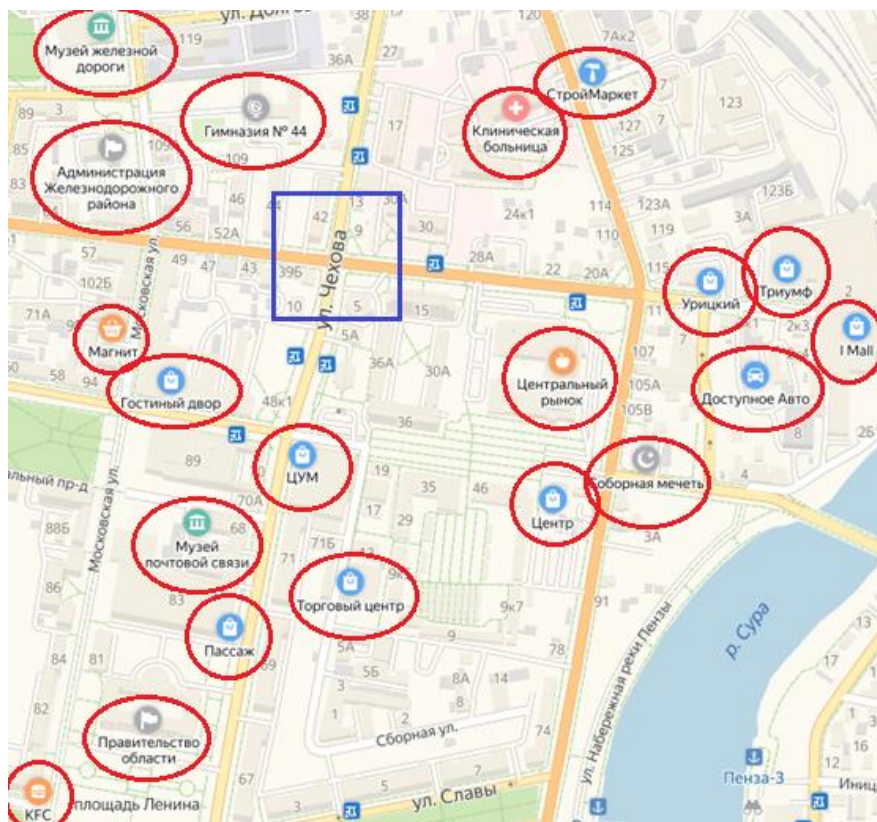
План УДС г. Пензы



Динамика изменения количества ТС



Характеристика пересечения улиц Суворова и Чехова



Городские центры тяготения

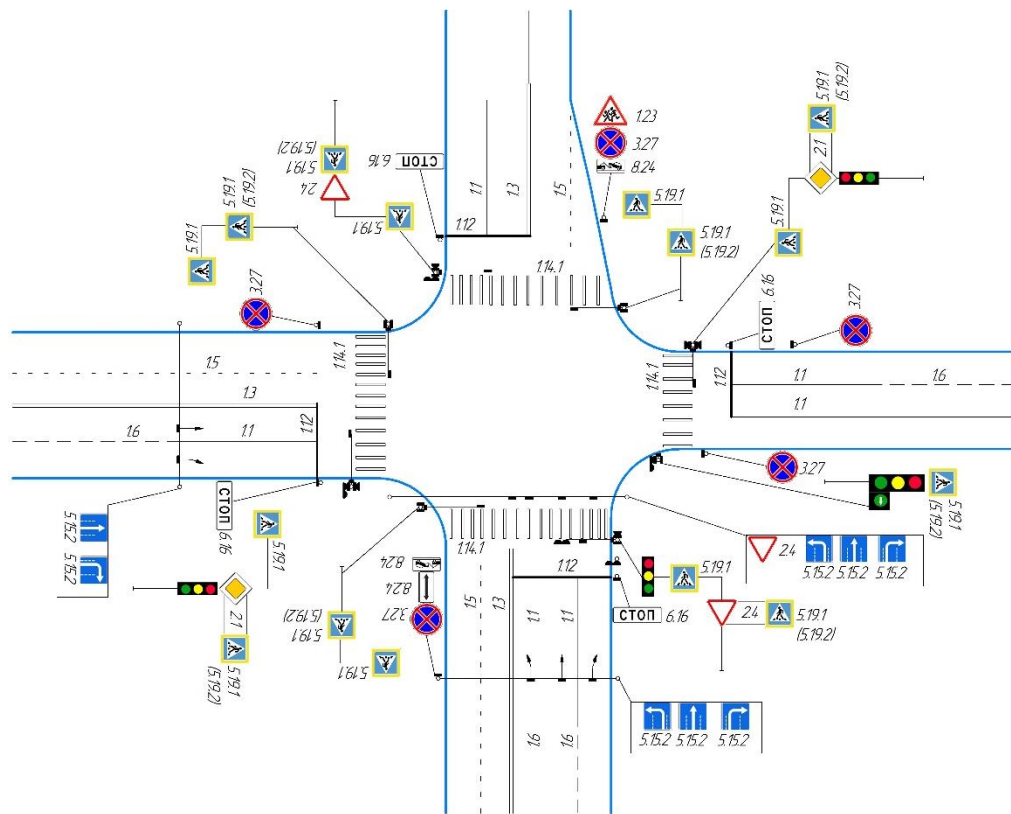


Схема пересечения улиц Суворова - Чехова

Существующий цикл регулирования дорожного движения на перекрестке

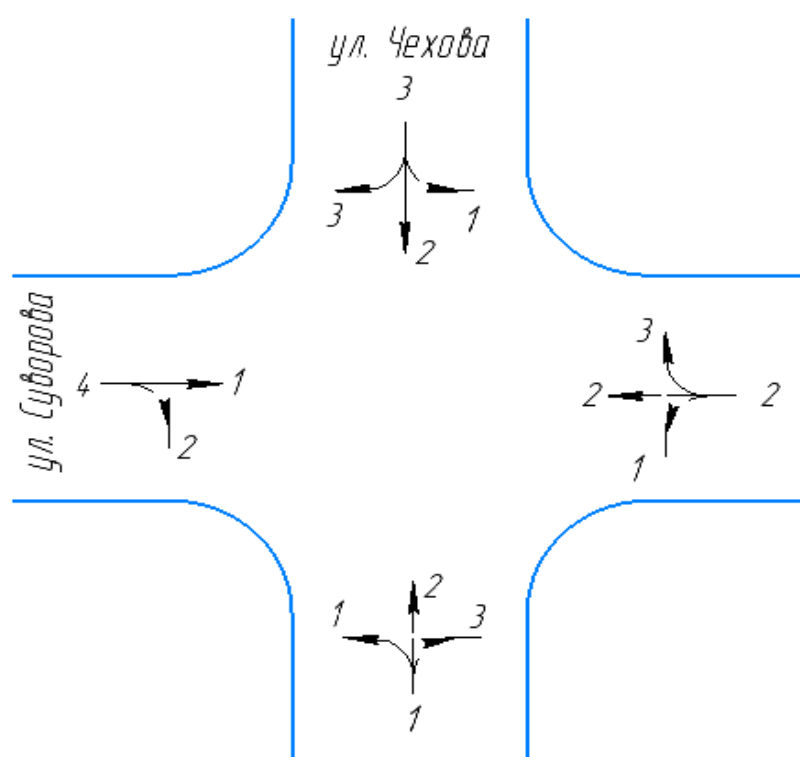
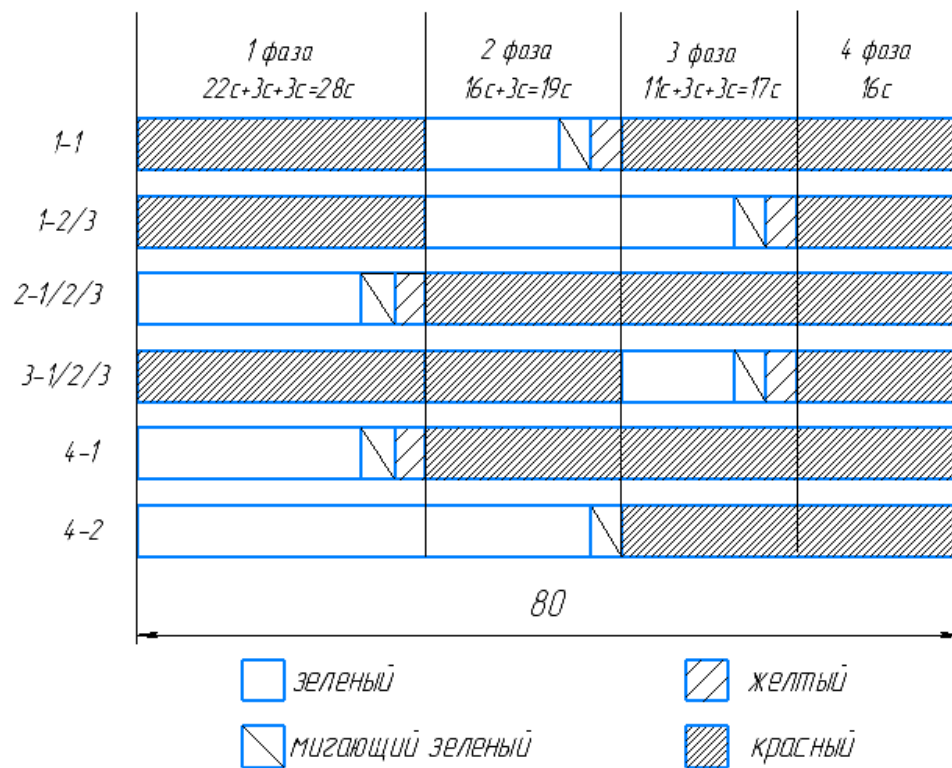
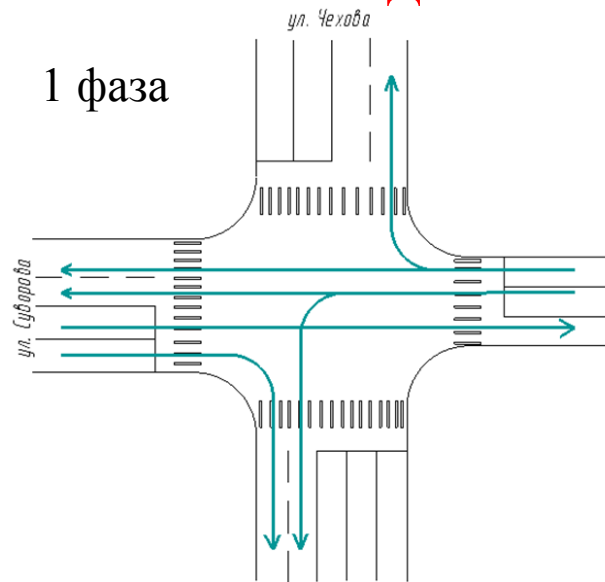
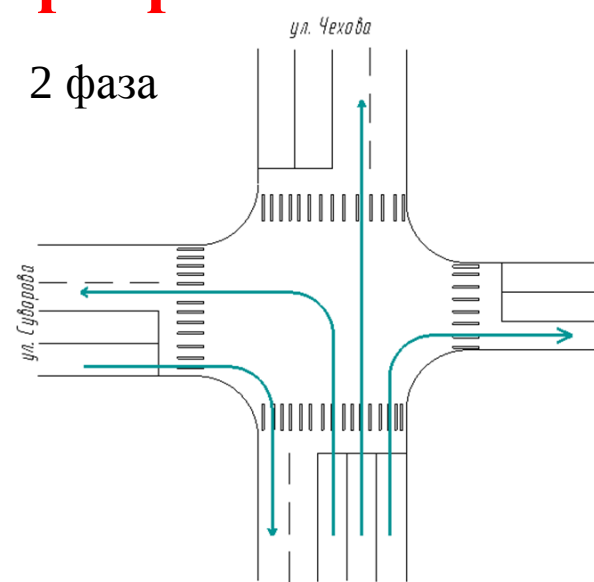
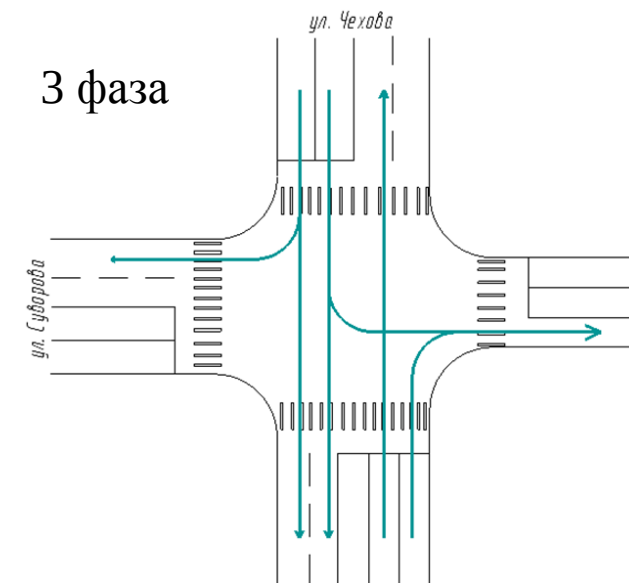
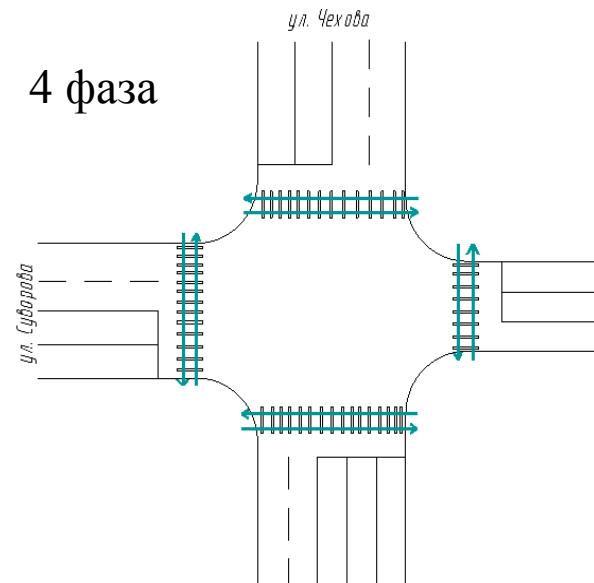


Схема пофазного регулирования дорожного движения на перекрестке



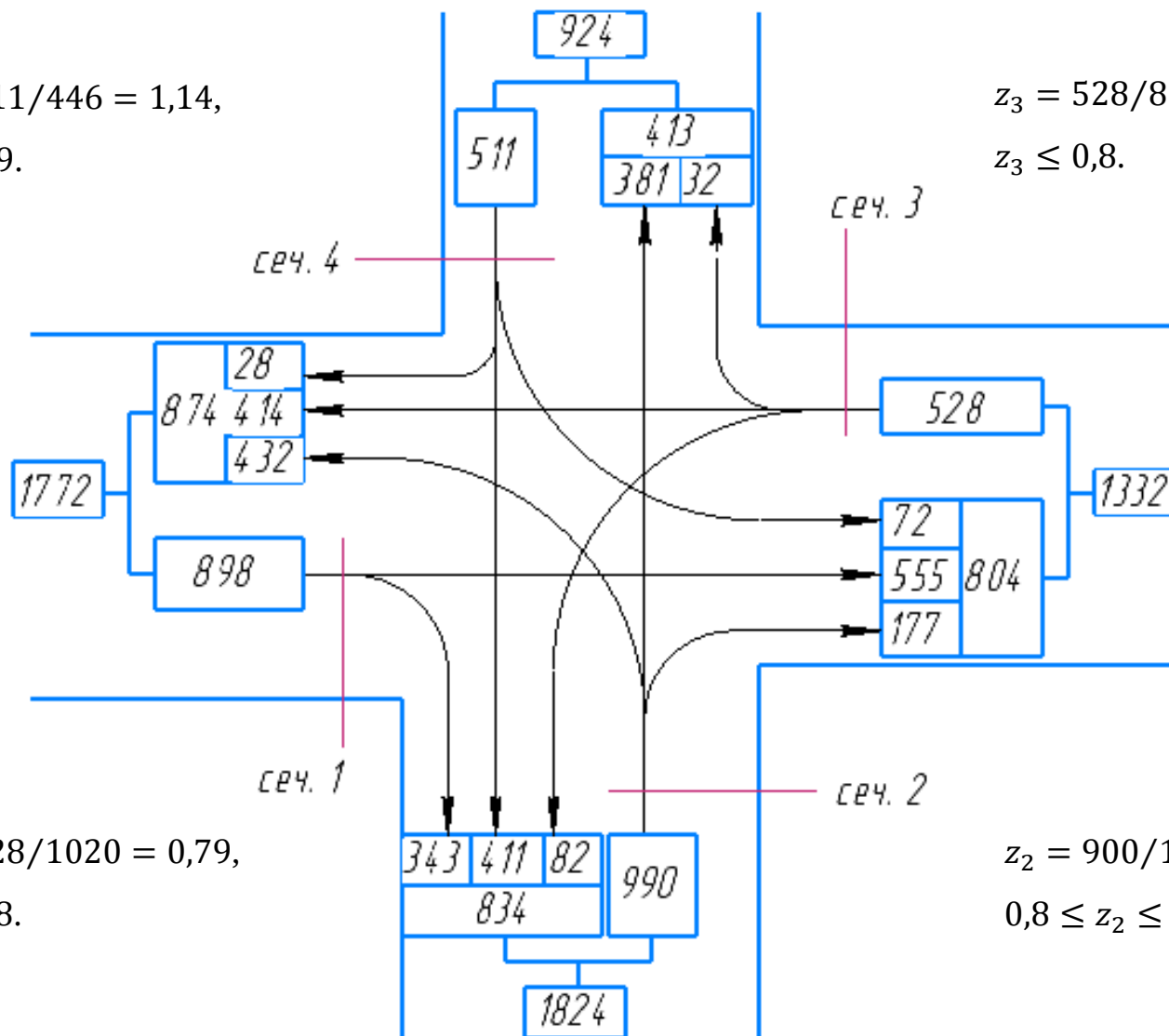
Определение уровня загрузки в сечениях стоп-линий

$$z_4 = 511/446 = 1,14,$$

$$z_4 \geq 0,9.$$

$$z_3 = 528/828 = 0,64,$$

$$z_3 \leq 0,8.$$



$$z_1 = 828/1020 = 0,79,$$

$$z_1 \leq 0,8.$$

$$z_2 = 900/1110 = 0,81,$$

$$0,8 \leq z_2 \leq 0,9.$$

Существующие интеллектуальные транспортные системы

Наименование системы	Достоинства	Недостатки
ACS-Lite	К системе можно подключать детекторы любого типа. Существует возможность бесцентрового режима работы. Не требует большого количества обслуживающего персонала. Для работы системы не требуется обеспечение высокоскоростных коммуникаций. Возможность интегрировать на наиболее проблемных магистралях.	Использование системы невозможно, так как существует необходимость внедрения стандартов NTCIP и система имеет совместимость только с дорожными контроллерами производства США.
SCOOT	Возможно использовать на улично-дорожной сети любой конфигурации и адаптировать модули данной системы под структуру другой системы.	Данная система имеет совместимость только с дорожными контроллерами Siemens.
UTOPIA	Система способна управлять дорожной ситуацией на всей улично-дорожной сети. Имеется возможность выбора управляющей стратегии.	Данная система имеет совместимость с дорожными контроллерами только иностранного производства.

Предлагаемая структура ИТС

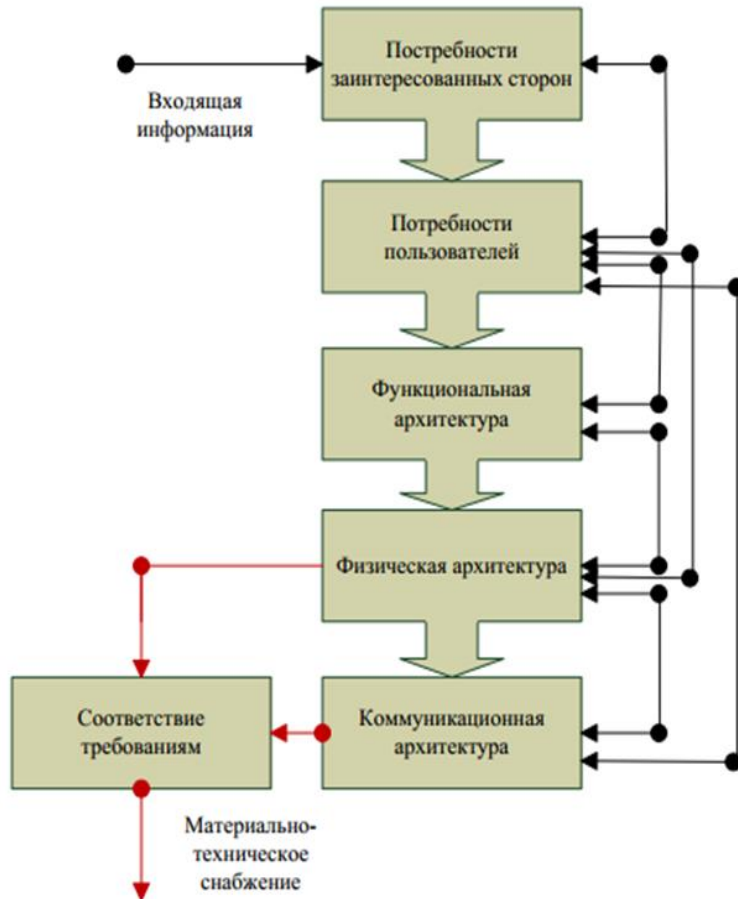
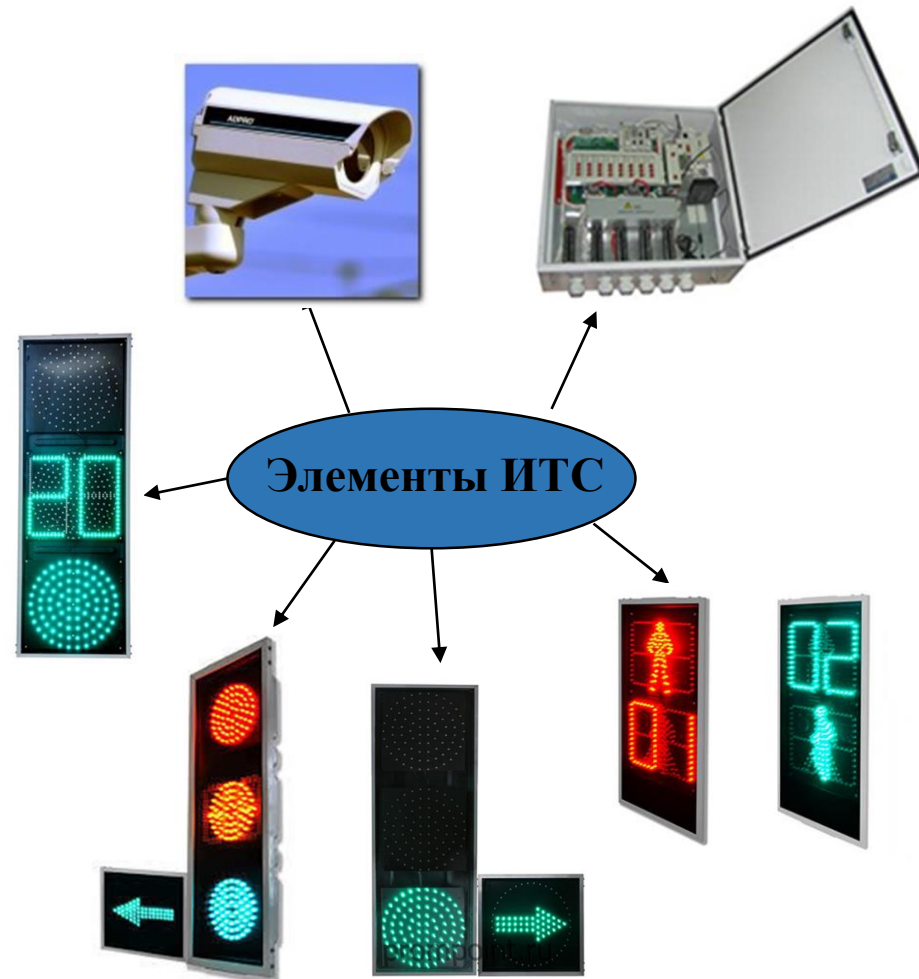
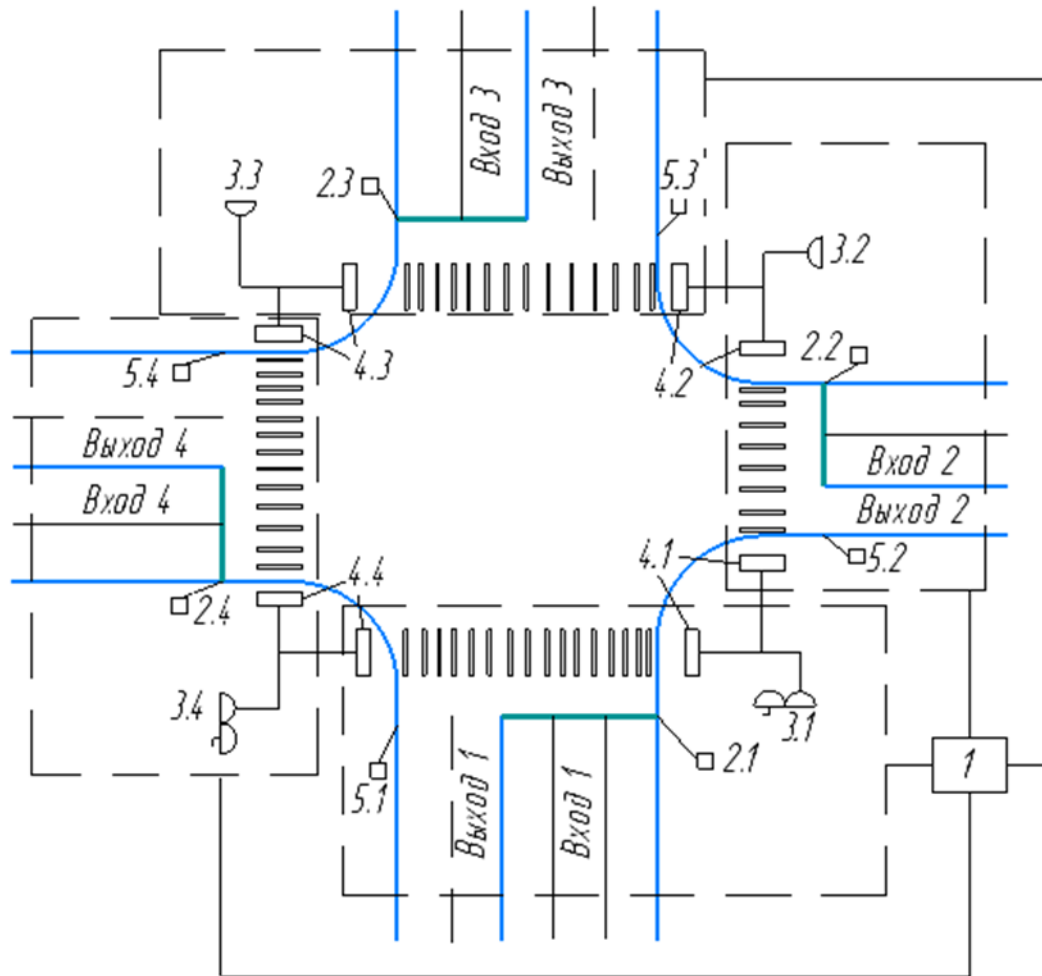


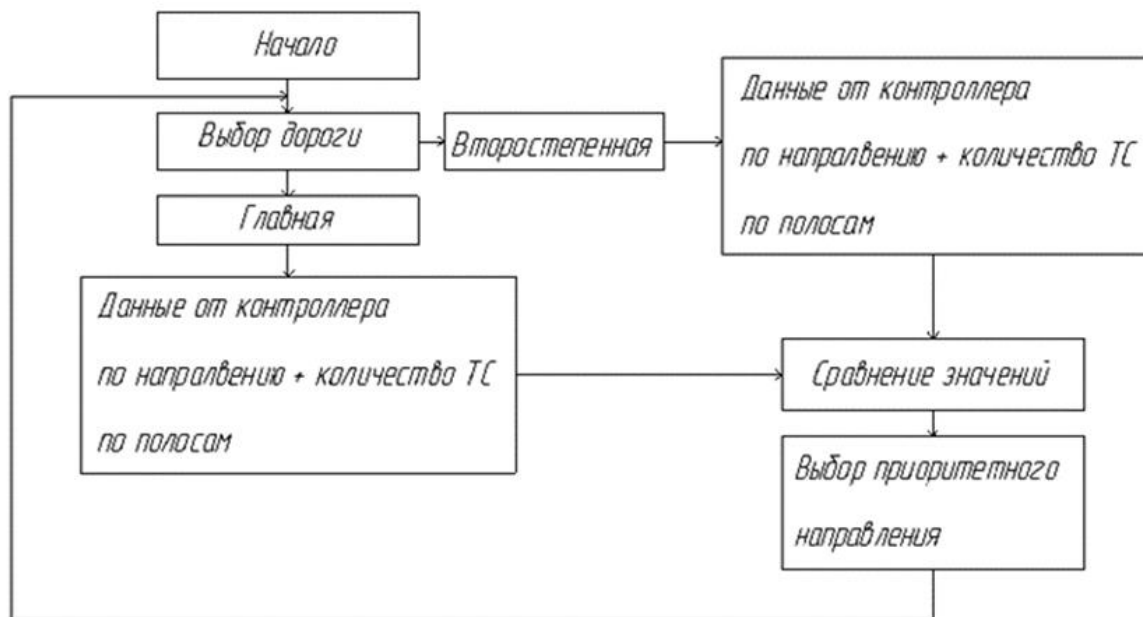
Схема расположения элементов предлагаемой системы



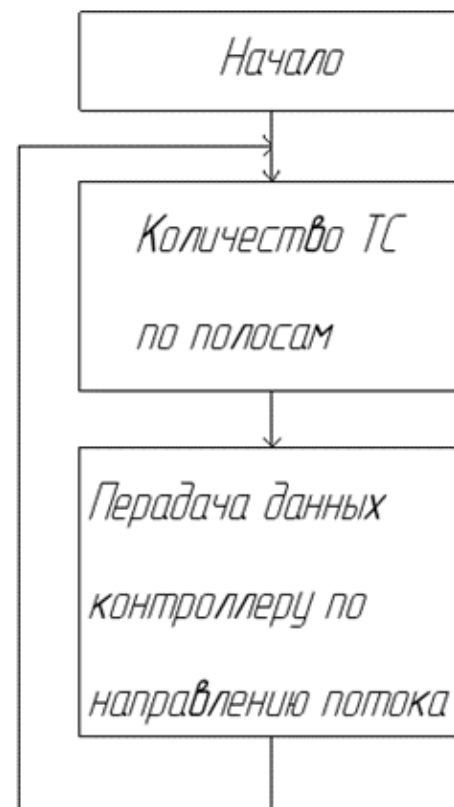
Элементы:

1. Контроллер;
2. Детектор транспорта на входящие потоки;
3. Транспортные светофоры;
4. Пешеходные светофоры;
5. Детектор транспорта на выходящие потоки.

Алгоритмы работы контроллера системы



Алгоритм работы контроллера на входящие потоки



Алгоритм работы контроллера на выходящие потоки

Экономическое обоснование предлагаемых в ВКР мероприятий

Показатель	Значение
Капитальные вложения, тыс. руб.	883,5
Эксплуатационные затраты, тыс. руб.	342,955
Годовые потери времени ТС до внедрения системы, авт.-ч	45293
Годовые затраты пассажиров, тыс. руб.	5717,233
Годовой эффект от сокращения потерь времени ТС, тыс. руб.	2088,111
Годовой эффект от сокращения потерь пассажирами, тыс. руб.	1257,791
Общая сумма экономии, тыс. руб.	3002,947
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	2870,442
Расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений	3,4
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,3

Выводы:

1. В ходе анализа современного состояния улично-дорожной сети г. Пензы было выявлено, что при существующем способе светофорного регулирования она не справляется с транспортным потоком и существует необходимость в применении более усовершенствованных методов организации дорожного движения;

2. Разработана интеллектуальная система управления транспортными потоками на основе использования инфракрасных детекторов транспорта PIR, позволяющая сократить потери времени участников дорожного движения. Предложен алгоритм работы дорожного контроллера на входящие и выходящие с перекрестка транспортные потоки.

3. Проведенная оценка экономической эффективности от предложенных мероприятий показала, что годовой экономический эффект после внедрения системы составит 2870442 рубля при капитальных вложениях - 883500 рублей. Срок окупаемости составит 3,5 месяца.

Спасибо за внимание!