

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика
 Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Имитационное моделирование дорожного движения на примере одного из перекрестков города Томска

УДК 519.876.656.11(517.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Блаженкова Анна Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОИТ	Мартынова Юлия Алексеевна	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Подопригора Игнат Валерьевич	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Шевелев Геннадий Ефимович	к.ф-м.н., доцент		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
01.03.02 «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять глубокие математические и профессиональные знания для решения задач научно-исследовательской, проектной, производственной и технологической деятельности в области системного и прикладного программирования.
Р2	Умение использовать знания по естественнонаучным дисциплинам при определении задач математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях.
Р3	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
Р4	Выполнять инновационные проекты с применением глубоких профессиональных знаний и эффективных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества в условиях экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р5	Демонстрировать знание о формах организации образовательной и научной деятельности в высших учебных заведениях, иметь навыки преподавательской работы.
Р6	Способность осуществлять организационно-управленческую и социально-ориентированную деятельность с соблюдением профессиональной этики
Универсальные компетенции	
Р7	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, включая разработку документации и представление результатов инновационной деятельности. Толерантность в восприятии социальных и культурных решений.
Р8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
Р9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности. Способность к интеллектуальному, культурному, нравственному и профессиональному саморазвитию.

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
 Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. руководителя
 ОИТ ИШИТР ТПУ
 _____ Шерстнев В.С.
 (подпись) (дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Блаженковой Анне Владимировне

Тема работы:

Имитационное моделирование дорожного движения на примере одного из перекрестков города Томска	
Утверждена приказом (дата, номер)	№1101/с от 12.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> – объект исследования: участок транспортной сети – перекресток города Томска, расположенный на пересечении улиц Пушкина и Яковлева; – интенсивность потоков движения; – руководство по пакету программы AnyLogic; – литературные источники.
Перечень подлежащих к исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> – постановка проблемы и анализ существующих решений; – описание объекта исследования; – выбор методов и средств имитационного моделирования;

	<ul style="list-style-type: none"> – расчет режима светофорного регулирования; – разработка имитационной модели; – проведение экспериментов и анализ результатов.
Перечень графического материала	Мультимедийная презентация в формате *.ppt.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора Игнат Валерьевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОИТ	Мартынова Юлия Алексеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Блаженкова Анна Владимировна		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
 Отделение информационных технологий
 Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.06.2019 г.	Основная часть	75
14.06.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
11.06.2019 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОИТ	Мартынова Ю.А.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Шевелев Г.Е.	к.ф-м.н., доцент		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Блаженкова Анна Владимировна

Инженерная школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение	Информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Имитационное моделирование дорожного движения на примере одного из перекрестков города Томска	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциального потребления исследования; swot-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, определение трудоёмкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности исследования.
Перечень графического материала:	
1. Календарный план-график	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И.В.	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Блаженкова Анна Владимировна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Блаженкова Анна Владимировна

Инженерная школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение	Информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Имитационное моделирование дорожного движения на примере одного из перекрестков города Томска

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</p>	<p>Разработка имитационной модели участка транспортной сети – перекрестка «ул. Пушкина – ул. Яковлева» г. Томска, на основании результатов работы которой можно производить оптимизацию регулирования, в частности системы светофорного регулирования.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды:</p>	<p>Монотонный режим работы, перенапряжение зрения, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны.</p>
<p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды:</p>	<p>Механических опасностей проектируемой производственной среды нет Термических опасностей проектируемой производственной среды нет Статическое электричество. Пожароопасность.</p>
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<p>Воздействующих факторов на окружающую среду нет.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>ЧС, которые могут возникнуть при работе в помещении: - пожар</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p>	<p>Соблюдать правила работы за персональным компьютером, раскрытые в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и</p>

– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	организации работы» и Инструкции по охране труда при работе на ПК.
---	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Блаженкова А.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 72 страницы, 13 рисунков, 21 таблицу, 16 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: имитационная модель, транспортная сеть, перекресток, регулирование, оптимизация регулирования.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является перекресток Ул. Яковлева – Ул. Пушкина города Томска.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка имитационной модели одного из перекрестков города Томска с целью определения оптимальных значений цикла светофорного регулирования.

В процессе исследования проводились изучение процесса оптимизации регулирования городской транспортной сети и средств, автоматизирующих данный процесс, разработка автоматизирующего средства – имитационной модели участка городской транспортной сети, проведение экспериментов и анализ результатов. В результате исследования была разработана модель участка городской транспортной сети, позволяющая оценить эффективность процесса оптимизации. Данную модель могут использовать такие организации, как Отдел организации движения и Отдел содержания и эксплуатации объектов дорожного хозяйства Департамента городского хозяйства г. Томска и Управление ГИБДД УМВД России по Томской области.

Согласно проведенным исследованиями, разработанное приложение, является экономически эффективным и конкурентно способным.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	14
1.1. Постановка задачи и методы её решения	14
1.2. Выбор среды моделирования.....	16
1.3. Объект исследования	18
2. РЕЖИМ РАСЧЁТА СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ	21
2.1. Методика расчета циклов светофорного регулирования.....	21
2.2. Расчёт потоков насыщения.....	23
2.3. Вычисление фазовых коэффициентов	24
2.4. Подсчёт промежуточных тактов	25
2.5. Расчёт цикла регулирования	25
2.6. Вычисление основных тактов.....	25
2.7. Составление схемы светофорного регулирования	26
2.8. Показатели транспортной эффективности	26
3. ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	29
3.1. Разработка графической части имитационной модели	29
3.2. Разработка динамической части имитационной модели.....	30
3.3. Проведение эксперимента	36
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	40
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	40
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	40
4.1.3 SWOT-анализ.....	41
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	43
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	43
4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	44
4.2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	44
4.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	47
4.2.5 Накладные расходы	47
4.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	48
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	49
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	53

5.1 Производственная безопасность	53
5.1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды	53
5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды ..	58
5.2 Экологическая безопасность.....	60
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	60
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	62
5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	62
5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
ПРИЛОЖЕНИЕ А	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	71

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, за счёт того, что увеличивается количество транспортных средств, таких как личные автомобили и общественный транспорт, возникает проблема управления транспортными потоками. Это приводит к транспортным задержкам, увеличению количества аварий и т.д.

Водители транспортных средств могут вести себя на дороге абсолютно по-разному и соответственно на каждую ситуацию реагировать не всегда предсказуемо, поэтому данный аспект значительно усложняет построение такой системы. Объект управления системы-транспортный поток, который состоит из технических средств.

Таким образом, дорожное движение представляет собой техносциальную систему, что и определяет его специфику как объекта управления. Даже рассматривая только технические аспекты управления дорожным движением, необходимо иметь в виду, что этот объект весьма своеобразен и сложен с точки зрения управления его свойствами.

Особенности транспортных систем делают невозможным построение адекватной аналитической модели, позволяющей исследовать варианты управления в этой системе и ее характеристики в различных условиях. В то же время имитационное моделирование как метод исследования подобных объектов представляется обещающим подходом к решению этой проблемы: оно позволяет быстро и с хорошей точностью прогнозировать характеристики сложных систем подобной природы и оптимизировать существенные параметры, выбирая соответствующие параметры оптимизации.

В рамках данной выпускной квалификационной работы была поставлена следующая цель: разработка имитационной модели одного из перекрестков города Томска с целью определения оптимальных значений цикла светофорного регулирования.

Для реализации данной цели были поставлены следующие задачи:

- выбор участка транспортной сети;

- расчет светофорной фазы;
- разработка модели участка транспортной сети;
- определение оптимальных параметров регулирования;
- проведение экспериментов;
- анализ результатов.

1. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1. Постановка задачи и методы её решения

Современные тенденции развития и уровень жизни – научно-технический прогресс, уровень комфорта и др., ведут к постоянному росту количества транспортных средств (ТС). Растет число грузовых и легковых автомобилей, автобусов общего пользования, троллейбусов. В России, по данным Росстат, общее количество ТС в среднем увеличивается на 14% в год. Рост количества транспортных средств, в свою очередь, влечет за собой рост интенсивности движения и, как следствие, снижение пропускной способности городской транспортной сети (ГТС). Из-за нехватки предоставляемых ГТС транспортных возможностей возникает масса проблем. Длинные очереди – заторы или «пробки», образуют задержки в движении, ведут к бесполезному расходу топлива и износу как ТС, так и обслуживающей транспортной инфраструктуры, отрицательно влияют на безопасность и экологию. Таким образом, несоответствие интенсивности движения и пропускной способности ГТС является важной проблемой, заслуживающей рассмотрения [1].

Существует два подхода к решению описанной выше проблемы:

- реконструкция существующих и строительства новых дорог, входящих в состав ГТС.
- повышение эффективности регулирования ГТС.

Реконструкция существующих и строительство новых дорог носит кардинальный характер и является наиболее очевидным решением проблемы, но имеет ряд недостатков:

- обладает высокой капиталоемкостью;
- требует значительных временных затрат;
- не может быть применимо ко всем участкам транспортной сети (узкие улицы, участки, имеющие историческую ценность).

Кроме того, опыт, как отечественный, так и многих зарубежных стран показывает, что данные меры, при постоянном росте количества ТС, не позволяют полностью сократить разницу между пропускной способностью и интенсивностью движения.

Повышение эффективности регулирования является менее затратным решением и не зависит от организации ГТС. Оно заключается в перенастройке параметров регулирования ГТС, например, светофорных фаз.

Как правило, перенастройка параметров регулирования осуществляется на основании расчетов и субъективном мнении экспертов. Однако современные технологии позволяют автоматизировать данный процесс. Под автоматизацией подразумевается использование интеллектуальных транспортных систем.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) – это системная интеграция современных информационных и коммуникационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, ориентированная на повышение безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта [3].

Задача повышения эффективности с использованием ИТС решается путем построения интегрированной системы: люди - транспортная инфраструктура - транспортные средства, с максимальным использованием новейших информационно-управляющих технологий. ИТС подразумевает использование источников информации – средств связи и средств управления и контроля (светофоры, камеры наблюдения, умные знаки, информационное табло), встроенных в транспортные средства и объекты инфраструктуры, и многоуровневой системы управления. На основе получаемой в реальном времени информации, система управления осуществляет управление ГТС.

Одним из упрощенных, но не менее эффективных вариантов ИТС является имитационное моделирование (ИМ) [4].

Имитационное моделирование предоставляет возможность имитации движения транспорта, базирующаяся на шаге времени и на поведении водителя.

Движение транспорта имитируется в различных условиях, с возможностью учета разделения полос движения, индивидуального и общественного транспорта, регулирования с помощью светосигнальных установок и т.д [5].

Рассмотренная выше проблема и способ ее решения актуальны и для Томска. Несмотря на то, что город является достаточно маленьким, по данным Росстат (таблица 1) количество транспорта по области увеличивается на 11% в год, на отдельных участках его ГТС так же встречаются дорожные заторы. Кроме того, особенности организации УДС города – большое количество архитектурных памятников, имеющих историческую ценность, узкие улицы, ограничивают возможность реконструкции его дорог, поэтому он идеально подходит для исследований транспортной проблемы.

Таблица 1 – число индивидуальных легковых автомобилей на 1000 человек населения

	2014	2015	2016	2017
г. Томск	223	240	247	255
Всего по области	250	264	270	276

1.2. Выбор среды моделирования

Одним из распространённых методов разработки моделей и процессов, позволяющий с достаточной точностью описывать реальную систему, является имитационное моделирование. Данное моделирование имеет большое преимущество в том, что гораздо удобнее все эксперименты проводить на созданной модели, чем проводить кардинальные перемены на реальной системе с большими финансовыми и временными затратами. Поэтому данный вид моделирования применяется в различных сферах, таких как: дорожное движение, поставки, логистика, боевые действия и т.д.

Для построения имитационных моделей существуют такие средства, как Arena, AnyLogic, GPSS и т.д. Каждое из средств имеет свои плюсы и минусы, а также оснащены различными библиотеками.

Например, система GPSS имеет огромный недостаток в том, что данный язык не имеет графической интерпретации, а не каждый процесс обработки можно представить в виде алгоритма. В основном применяется для моделирования систем массового обслуживания.

Arena – позволяет описывать процессы в различных нотациях, а также отображать графически. Язык программирования – SIMAN. Недостатком данного средства является интерфейс, который нагружен большим количеством библиотек и элементов, изучение которого может отнять много времени.

AnyLogic – программное обеспечение для имитационного моделирования, которое разработано российской компанией The AnyLogic Company. Данное ПО обладает удобным, современным пользовательским интерфейсом, с помощью которого легко и удобно реализовывать модели для моделирования процессов. В качестве языка, встроенного в данное ПО, является язык Java.

Таблица 2 – Сравнение средств имитационного моделирования

Средство моделирования	Поддержка агентного моделирования	Поддержка дискретно-событийного моделирования	Наличие библиотеки элементов транспортной сети	Графический интерфейс	Специализированный язык
Arena	Нет	Есть	Есть	Перегружен	Нет
GPSS	Нет	Нет	Есть	Отсутствует	GPSS
AnyLogic	Есть	Есть	Есть	Присутствует	Java

Так как необходимо построить модель транспортного движения, среди данных средств имитационного моделирования наиболее подходящим оказалось программное обеспечение AnyLogic. Данное ПО разработано российской компанией, поэтому имеет справку на русском языке, что является большим плюсом в изучении библиотек. Язык программирования java – является современным языком программирования, с большой технической поддержкой, который был уже изучен ранее.

Функционирование перекрестка осуществляется согласно схеме, указанной на рисунке 2.

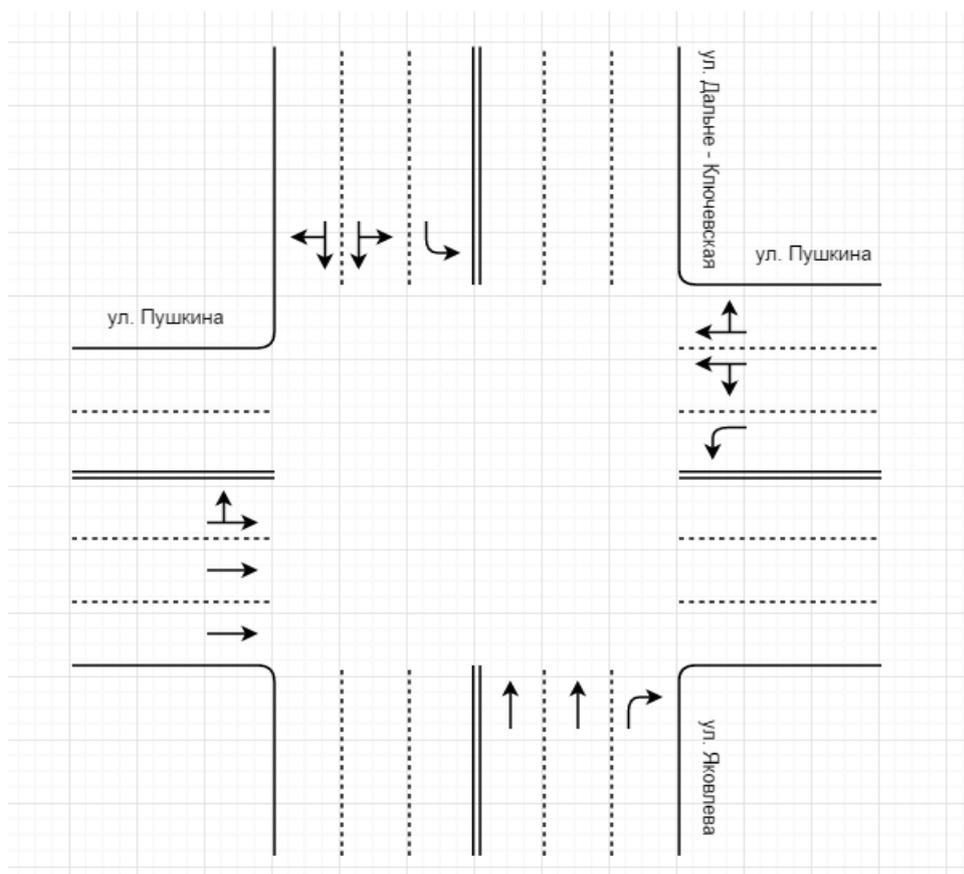


Рисунок 2 – Общая схема перекрестка

Каждое направление перекрестка характеризуется такими показателями, как интенсивность движения, пропускная способность и светофорный цикл, которым в рамках данного исследования были даны следующие определения:

Интенсивность движения – это количество ТС, прошедших через точку входа – точку (сечение), с которой начинается направление исследуемого участка ГТС, за единицу времени, равную светофорному циклу.

Пропускная способность – это количество ТС, прошедших через точку выхода – точку (сечение), на которой заканчивается направление исследуемого участка ГТС, за единицу времени, равную светофорному циклу [5].

Значения перечисленных выше показателей для наглядности результатов исследования были определены путем сбора информации в течение 5 рабочих дней в интервале времени с 08:00 до 09:00, являющимся часом «Пик».

Значения светофорного цикла для перекрестка указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Значения светофорного цикла

Направление	Время фазы (с)			Время цикла (с)
	Красная	Зеленая	Доп. секция	
Ул. Пушкина (со стороны Иркутского тракта) – ул. Пушкина (в сторону ул. 1905 года) (1)	39	71	47	110
Ул. Пушкина (со стороны ул. 1905 года) – ул. Пушкина (в сторону Иркутского тракта) (2)	83	21	-	104
Ул. Яковлева – ул. Дальне-Ключевская (3)	83	27	54	110
Ул. Дальне-Ключевская – ул. Яковлева (4)	75	35	-	110

Значения интенсивности движения и пропускной способности были взяты из результатов комплексного обследования транспортных потоков центральных перекрестков, проводимого в 2017 г. ТПУ. Данные для направлений «1», «2», «3» и «4» указаны в таблицах А.1, А.2, А.3 и А.4 приложения А соответственно.

2. РЕЖИМ РАСЧЁТА СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

2.1. Методика расчета циклов светофорного регулирования

Для того чтобы рассчитать цикл светофорного регулирования в первую очередь необходимо собрать исходные данные, такие как:

1. Планировочные характеристики перекрестка (для построения схемы перекрестка):

- Ширина проезжей части каждого направления;
- Количество полос в каждом направлении движения;
- Ширина пешеходного перехода.

2. Транспортные характеристики (для наполнения движения потоками):

- Поток движения транспорта в каждом направлении движения;
- Картограмма;
- Длина автомобиля;
- Средняя скорость движения транспорта;
- Среднее значение замедления.

3. Характеристики пешеходных потоков:

- Поток пешеходов, ед/ч;
- Средняя скорость пешеходов.

Все вышеперечисленные данные были собраны непосредственно на перекрестке с помощью натуральных измерений.

Перед расчётом режима светофорного регулирования:

1. Построим картограмму, на которой отобразим номера каждого из направлений, а также интенсивность движения транспорта. Картограмма одного из перекрестков города Томска представлена на рисунке 3.

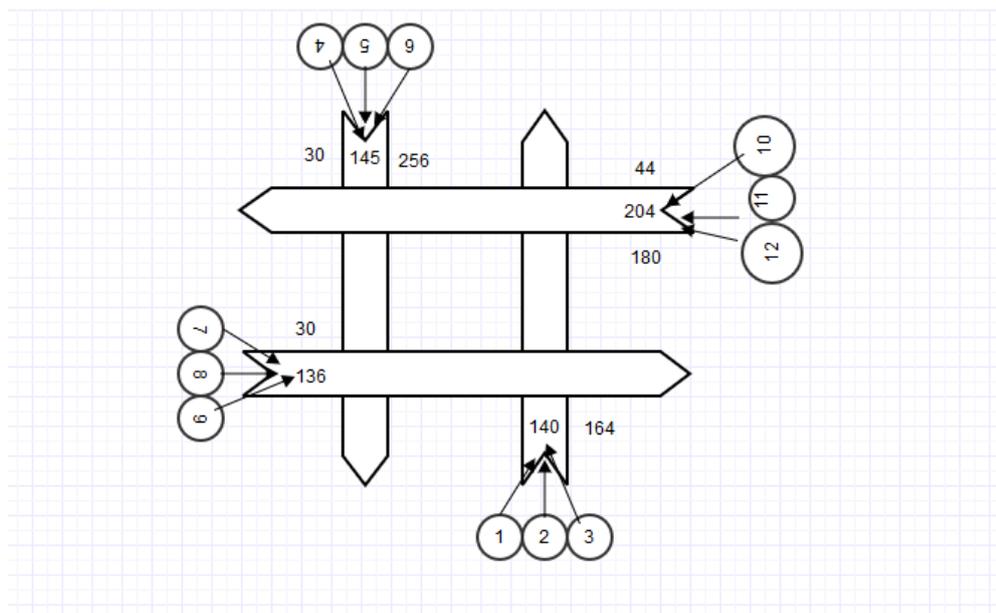


Рисунок 3 – Картограмма

2. Составим схему организации движения и разделим его по фазам. Для наглядности отобразим на рисунке 4. Число фаз определяет количество основных и промежуточных тактов.

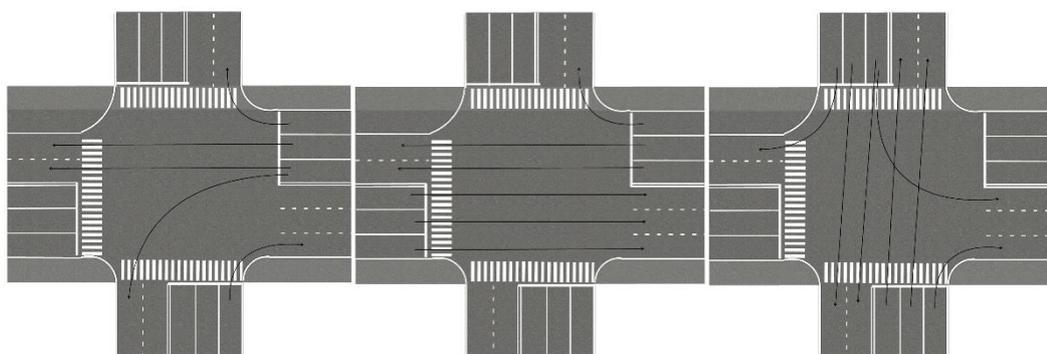


Рисунок 4 – Пофазный разъезд транспортных потоков

Для непосредственно расчёта светофорного цикла необходимо выполнять определённую последовательность. В первую очередь, используя интенсивность движения, рассчитываем потоки насыщения и фазовые коэффициенты. Затем, на основании исходных данных находим длительность промежуточных тактов. Следующим этапом является расчёт длительности цикла регулирования (по формуле Вебстера) и конечным этапом является нахождение основного такта [6].

Выделим следующие пункты для расчёта светофорного режима:

1. Расчёт потоков насыщения;
2. Вычисление фазовых коэффициентов;
3. Подсчёт промежуточных тактов;
4. Расчёт (по формуле Вебстера) цикла регулирования;
5. Вычисление основных тактов;
6. Составление схемы светофорного регулирования.

Расчёт режима светофорного регулирования для перекрестка Ул. Яковлева – Ул. Пушкина города Томска.

Данный перекресток имеет три фазы светофорного регулирования, которые отображены на рисунке 2.

2.2. Расчёт потоков насыщения

Потоки насыщения рассчитываются для каждого направления отдельно, в зависимости от того, какие направления имеет движение. Для движения в прямом направлении используем формулу (1).

$$M_{\text{прямо}} = 525 * B_{\text{пч}}, \quad (1)$$

где $B_{\text{пч}}$ – ширина проезжей части.

Для движения, в котором присутствуют левоповоротные и правоповоротные потоки, а также их интенсивность составляет более 10% от общей интенсивности используем формулу (2):

$$M_{ij} = M_{\text{прямо}} * \frac{100}{a + 1.75 * b + 1.25 * c}, \quad (2)$$

где a , b , c – интенсивность движения потоков прямо, налево, направо соответственно (измеряется в процентном соотношении).

Для таких дополнительных секций, как отдельные полосы, выделенные для левоповоротных и правоповоротных потоков, в зависимости от радиуса направления, определяется поток насыщения по формуле (3):

$$M_{ij}^{\text{пов}} = \frac{1800}{1 + 1,525 / R}, \quad (3)$$

где R – радиус поворота, м.

1 фаза:

$$M_{10-12} = 1181 \text{ ед/ч}$$

$$M_3 = 1440 \text{ ед/ч}$$

2 фаза:

$$M_{10-11} = 1507 \text{ ед/ч}$$

$$M_{7-8} = 1378 \text{ ед/ч}$$

3 фаза:

$$M_{4-6} = 1247 \text{ ед/ч}$$

$$M_{1-3} = 1386 \text{ ед/ч}$$

2.3. Вычисление фазовых коэффициентов

Фазовые коэффициенты определяются по формуле (4):

$$y_{ij} = N_{ij} / M_{ij}, \quad (4)$$

где N_{ij} – интенсивность движения в данном направлении, ед/час; M_{ij} – поток насыщения, ед/час.

1 фаза:

$$y_{10-12} = 0,36$$

$$y_3 = 0,11$$

2 фаза:

$$y_{10-11} = 0,16$$

$$y_{7-8} = 0,12$$

3 фаза:

$$y_{4-6} = 0,2$$

$$y_{1-3} = 0,21$$

За расчётный коэффициент примем наибольшее значение в каждой из фаз:

$$y_1 = 0,36 – \text{ в 1ой фазе}$$

$$y_2 = 0,16 – \text{ во 2ой фазе}$$

$$y_3 = 0,21 – \text{ в 3ой фазе}$$

$$Y = 0,36 + 0,16 + 0,21 = 0,73$$

2.4. Подсчёт промежуточных тактов

Формула определения длительности промежуточных тактов:

$$t_n = \frac{v_a}{7,2 * a_\tau} + \frac{3,6 * (l_i + l_a)}{v_a}, \quad (5)$$

где l_a - средняя длина транспортного средства, м; a_τ - среднее замедление автомобиля, м/с; l_i - расстояние от стоп линии до дальней конфликтной точки, м; v_a - средняя скорость транспортного средства км/ч.

$$t_{n1} = 4 c$$

$$t_{n2} = 4 c$$

$$t_{n3} = 4 c$$

$$T_n = 4 + 4 + 4 = 12 c$$

2.5. Расчёт цикла регулирования

Длительность цикла светофорного регулирования определяется по формуле (6):

$$T_y = \frac{1,5 * T_n + 5}{1 - Y} \quad (6)$$

$$T_y = 86 c$$

2.6. Вычисление основных тактов

Для вычисления основных тактов необходимо использовать формулу (7).
Рассчитаем отдельно для каждой фазы:

$$T_{oi} = \frac{(T_y - T_{II}) * y_n}{Y} \quad (7)$$

$$T_{o1} = 36 c$$

$$T_{o2} = 16 c$$

$$T_{o3} = 21 c$$

2.7. Составление схемы светофорного регулирования

Для определения светофорного цикла необходимо сложить основные и промежуточные такты каждой из фаз:

$$T_{\text{ц}} = 36 + 4 + 16 + 4 + 21 + 4 = 86 \text{ с}$$

Структура светофорного цикла представлена в таблице 4.

Таблица 4 – схема светофорного цикла:

Номер фазы	Длительность, с		
	Тз	Тж	Тк
1	36	4	46
2	16	4	66
3	21	4	61

Так как на данном перекрестке нет отдельно выделенной фазы для промежуточного такта, то время горения желтого цвета суммируется с временем горения зелёного цвета.

2.8. Показатели транспортной эффективности

Для определения эффективности необходимо рассчитать транспортные задержки для каждого из направлений:

$$t_{\Delta} = 0,9 * \left[\frac{T_{\text{ц}} * \left(1 - \frac{t_p}{T_{\text{ц}}}\right)^2}{2 * \left(1 - \frac{N_i}{M_{ni}}\right)} + \frac{x^2 * 3600}{2 * N_i * (1 - x)} \right], \quad (8)$$

где $T_{\text{ц}}$ - длительность светофорного регулирования, с; t_p - длительность основного такта, с; x - степень насыщения; N_i - интенсивность движения для каждого из направлений, ед/ч; M_{ni} - поток насыщения для каждого из направлений, ед/ч;

Степень насыщения представляет собой отношение интенсивности движения в течении цикла транспортных средств к максимальному числу

покинувших перекресток в том же направлении [7]. Рассчитывается по формуле (9):

$$x = \frac{N}{M_n} * \frac{T_u}{t_p}, \quad (9)$$

Удовлетворительным показателем степени насыщения следует считать степень насыщения не более 0,85.

1 фаза:

$$x_1 = 0,78$$

$$t_1 = 20c$$

$$x_2 = 0,25$$

$$t_2 = 12c$$

2 фаза:

$$x_3 = 0,71$$

$$t_3 = 16c$$

$$x_4 = 0,52$$

$$t_4 = 15c$$

3 фаза:

$$x_5 = 0,71$$

$$t_5 = 24c$$

$$x_6 = 0,75$$

$$t_6 = 24c$$

Рассчитаем среднее время задержки:

$$t_{cp} = 20c$$

Для сравнения эффективности светофорных циклов вычислим значения задержки транспортных средств для настоящих значений:

1 фаза:

$$x_1 = 0,78$$

$$t_1 = 42c$$

$$x_2 = 0,25$$

$$t_2 = 30 c$$

2 фаза:

$$x_3 = 0,91$$

$$t_3 = 49 c$$

$$x_4 = 0,66$$

$$t_4 = 46 c$$

3 фаза:

$$x_5 = 0,64$$

$$t_5 = 42 c$$

$$x_6 = 0,69$$

$$t_6 = 43 c$$

Рассчитаем среднее время задержки:

$$t_{cp} = 43 c$$

По данным показателям можно заметить, что значение x_3 , рассчитанное для настоящих значений превышает допустимое значение, а также можно сделать вывод, что рассчитанные данные эффективнее.

3. ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

С учетом особенностей имитационного моделирования в AnyLogic весь процесс разработки для удобства был разбит на следующие этапы:

- разработка графической части имитационной модели;
- разработка динамической части имитационной модели;
- демонстрация результата.

3.1. Разработка графической части имитационной модели

Разработка графической части имитационной модели заключается в построении визуального отображения участка улично-дорожной сети – дорог, светофоров, пешеходных переходов, попадающих в участок моделирования, при помощи элементов из встроенных библиотек.

Для разработки графической части имитационной модели использовались библиотеки: дорожного движения и презентация.

Элементы, которые были использованы при построении модели, указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Элементы библиотек, используемые для разработки графической части имитационной модели

Библиотека	Название элемента	Описание
Презентация	Изображение	Позволяет добавлять изображения на презентацию
	3D окно	Элемент, задающий на диаграмме агента область, в которой будет отображаться трехмерная анимация этого объекта
	3D объект	Объект для импортирования изображений в трехмерные объекты
Дорожного движения	Дорога	Графический элемент разметки пространства
	Перекресток	Графический элемент для соединения двух и более дорог

Продолжение таблицы 5

Библиотека	Название элемента	Описание
	Стоп линия	Графический элемент разметки пространства, задающий точку на дороге, у которой транспорт должен останавливаться
Пешеходная	PedAreaDescriptor	Задаёт область, определяющую правила и ограничения на скорость пешеходов
	Target Line	Место появления пешеходов в моделируемой среде и цель перемещения пешеходов

Результат разработки графической части имитационной модели представлен на рисунке 5.

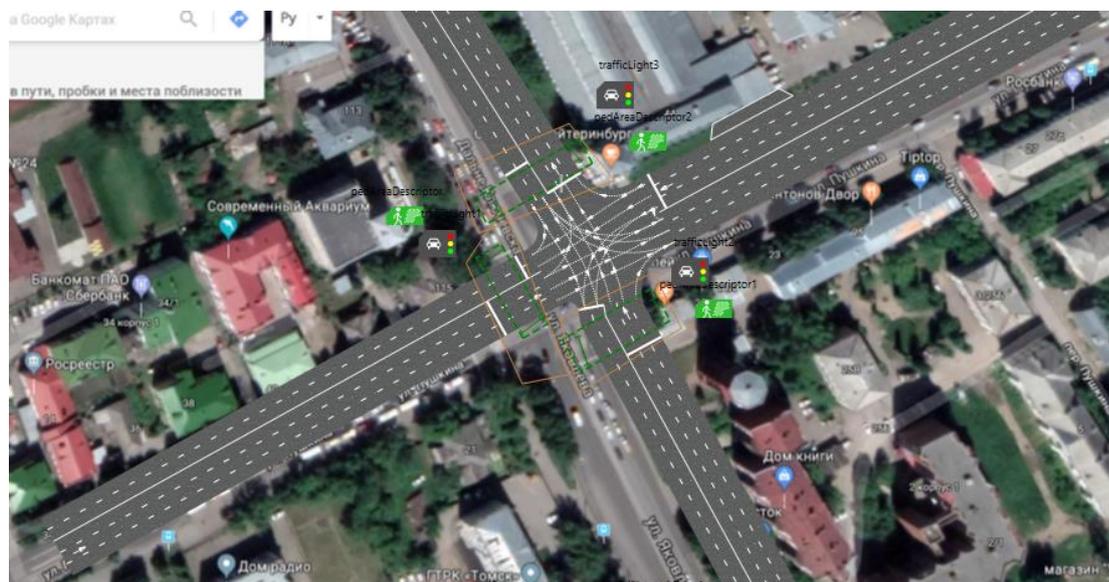


Рисунок 5 – Разработка графической части

3.2 Разработка динамической части имитационной модели

Разработка динамической части имитационной модели заключается в построении диаграммы процесса при помощи элементов из встроенных библиотек, описывающей логику движения агентов [8].

Элементы, которые используются для разработки динамической части имитационной модели представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Элементы, используемые для разработки динамической части имитационной модели

Библиотека	Название элемента	Описание
Дорожного движения	Road Network	Задаёт сеть дорог, основываясь на нарисованной пользователем графике, проверяет правильность сети и отображает сеть дорог на анимации во время выполнения модели
	Traffic Light	Моделирует светофор-оптическое устройство, предназначенное для регулирования движения на автомобильных, пешеходных перекрестках
	Car Source	Создаёт автомобили и помещает их в указанное место дорожной сети
	Car Move To	Блок, который управляет движением
	Car Dispose	Блок, который удаляет машины из модели
Моделирования процессов	Select Output 5	Объект направляет входящих агентов в один из пяти выходных портов в зависимости от выполнения заданных с помощью вероятностей условий
	Тип агента	Используется для задания типов агентов в модели
	Расписание	Используется для задания различных потоков движения во временных промежутках
Пешеходная библиотека	Ped Source	Создаёт пешеходов и пытается поместить их в указанное место
	Ped Go To	Блок для управления движением пешеходов
	Ped Sink	Блок для удаления пешеходов из модели

Результат разработки динамической части имитационной модели представлен на рисунке 6.

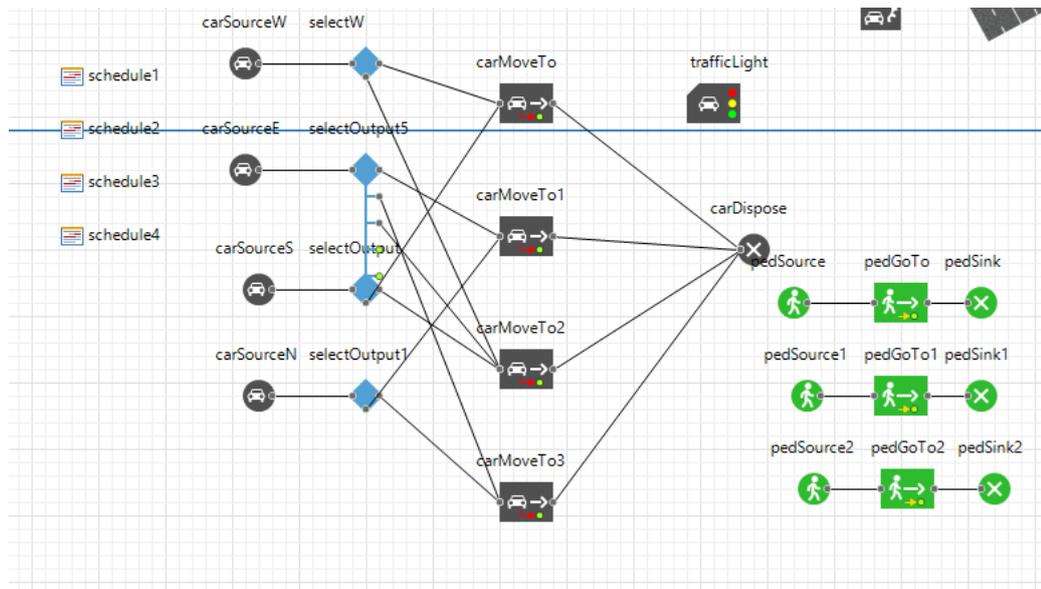


Рисунок 6 – Разработанная диаграмма процесса имитационной модели

Разработка динамической части модели была начата с элемента Road Network, задающего транспортную сеть. Были установлены направление движения и ширина полосы. Далее была разработана диаграмма процесса движения с заданной интенсивностью и пропускной способностью. Построение диаграммы участка транспортной сети было начато с элемента Car Source, генерирующего агентов. Свойства элемента представлены в таблице 7. Таблица 7 – Основные свойства элемента Car Source

Элемент	Название	Значение	Свойства
	CarCourseW	Создаёт автомобили и помещает их на объекты RoadW	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прибывают согласно: расписанию интенсивностей 2. Расписание интенсивностей 3. Schedule1 4. Предпочитаемая скорость агента: 60 км/ч 5. Длина автомобиля: 5м
	CarCourseN	Создаёт автомобили и помещает их на объекты RoadN	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прибывают согласно: расписанию интенсивностей 2. Расписание интенсивностей 3. Schedule2 4. Предпочитаемая скорость агента: 60 км/ч 5. Длина автомобиля: 5м

Продолжение таблицы 7

Элемент	Название	Значение	Свойства
	CarCourseE	Создаёт автомобили и помещает их на объекты RoadE	1. Прибывают согласно: расписанию интенсивностей 2. Расписание интенсивностей 3. Schedule3 4. Предпочитаемая скорость агента: 60 кч/ч 5. Длина автомобиля: 5м
	CarCourseS	Создаёт автомобили и помещает их на объекты RoadS	1. Прибывают согласно: расписанию интенсивностей 2. Расписание интенсивностей 3. Schedule4 4. Предпочитаемая скорость агента: 60 кч/ч 5. Длина автомобиля: 5м

Для каждого элемента Car Source устанавливаем прибытие агентов по расписанию интенсивностей, так как в разное время суток на перекрестке поток движения меняется [9]. Рассмотрим основные свойства.

Таблица 8 – Свойства элемента Расписание

Элемент	Название	Значение	Свойства
	Schedule1	Используется для задания различных потоков движения для направления W	1. Тип: интенсивность 2. Единица измерения: в час 3. Расписание задаёт: интервалы (указанные в таблице с промежутком 1 час)
	Schedule2	Используется для задания различных потоков движения для направления N	
	Schedule3	Используется для задания различных потоков движения для направления E	
	Schedule4	Используется для задания различных потоков движения для направления S	

Начало	Конец	Значение
7:00	8:00	171.0
8:00	9:00	456.0
9:00	10:00	199.0
10:00	11:00	181.0
11:00	12:00	141.0
12:00	13:00	219.0

Рисунок 7 – Задание интенсивности потоков с промежутком 1 час

После того, как автомобиль был сгенерирован и помещен на нужную дорогу, он обращается к элементу Select Output 5, для определения дальнейшего направления движения. Направление выбирается по вероятности, с которой передвигаются автомобили в реальной системе.

Далее задали пункт назначения для созданных автомобилей. Для этого выбрали CarMoveTo, задали участок дороги на котором закончится движение автомобиля. После того как автомобиль прошёл свой путь он должен быть удален из транспортной сети. Для этого использовали CarDispose. Аналогично разработаем диаграмму процесса движения пешеходов, с помощью элементов Ped Source, Ped Go To, Ped Sink.

Для начала с помощью элемента Ped Source сгенерируем пешеходов на заданной целевой линии.

Таблица 9 – основные свойства элемента Ped Source

Элемент	Название	Значение	Свойства
	PedSource	Создаёт пешеходов и помещает их на целевую линию	<ol style="list-style-type: none"> 1. Место появления: линия 2. Целевая линия: targetLine 3. Прибывают согласно: интенсивности 4. Интенсивность: 150 5. Начальная скорость: uniform(0.5,1)

Продолжение таблицы 9

	PedSource1		<ol style="list-style-type: none"> 1. Место появления: линия 2. Целевая линия: targetLine2 3. Прибывают согласно: интенсивности 4. Интенсивность:150 5. Начальная скорость: uniform(0.5,1)
	PedSource2		<ol style="list-style-type: none"> 1. Место появления: линия 2. Целевая линия: targetLine4 3. Прибывают согласно: интенсивности 4. Интенсивность:150 5. Начальная скорость: uniform(0.5,1)

Также на диаграмме процессов находятся элементы светофоров. Зададим фазы светофорного регулирования для пешеходных переходов и дорожного движения на перекрестке. На рисунке 8 представлены свойства светофора с расчётными фазами.

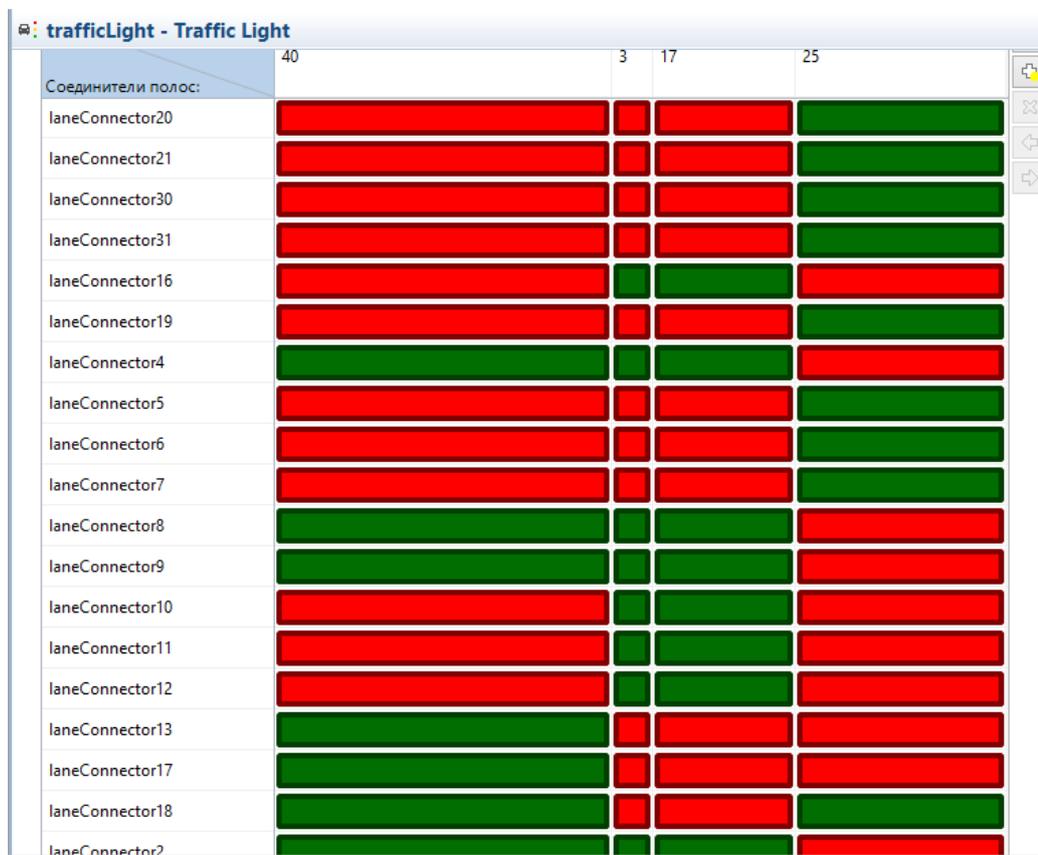


Рисунок 8 – Фазы светофорного регулирования

Так как данный перекрёсток имеет дополнительные секции в режиме светофорного регулирования, задаём время горения цикла для каждого из направлений отдельно, а не для общей стоп линии [9].

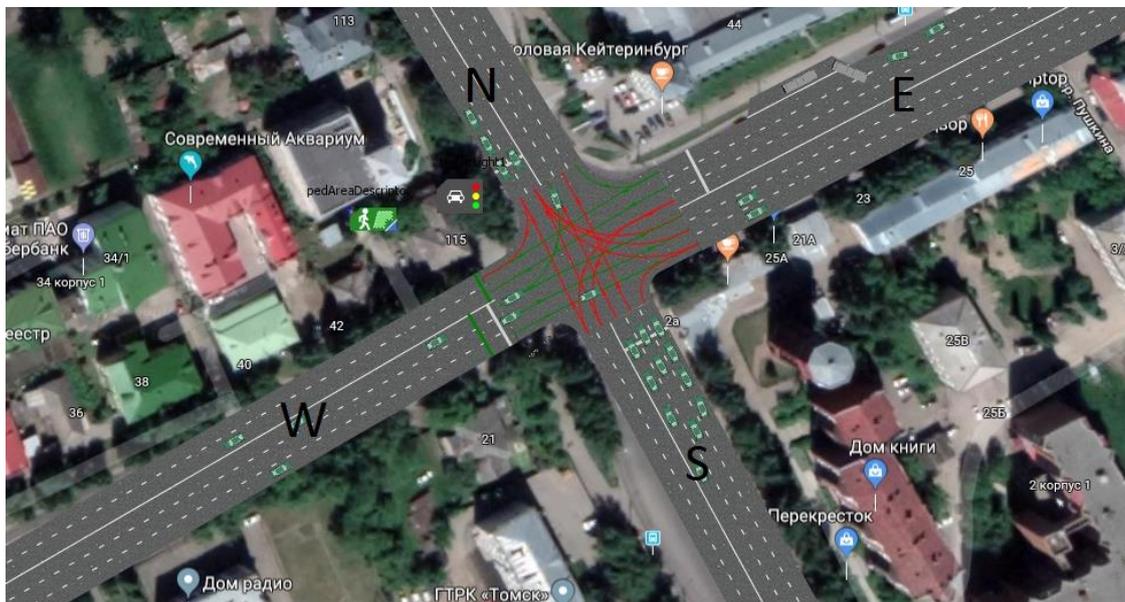


Рисунок 9 – Модель перекрестка с включенным светофорным регулированием для первой фазы

3.3. Проведение эксперимента

Для сравнения эффективности светофорного регулирования с фактическими данными и расчётными запустим модель два раза. Первый раз с исходными данными светофорного регулирования, второй раз с рассчитанными данными. Подключим карту плотности автомобилей для наглядности результата.

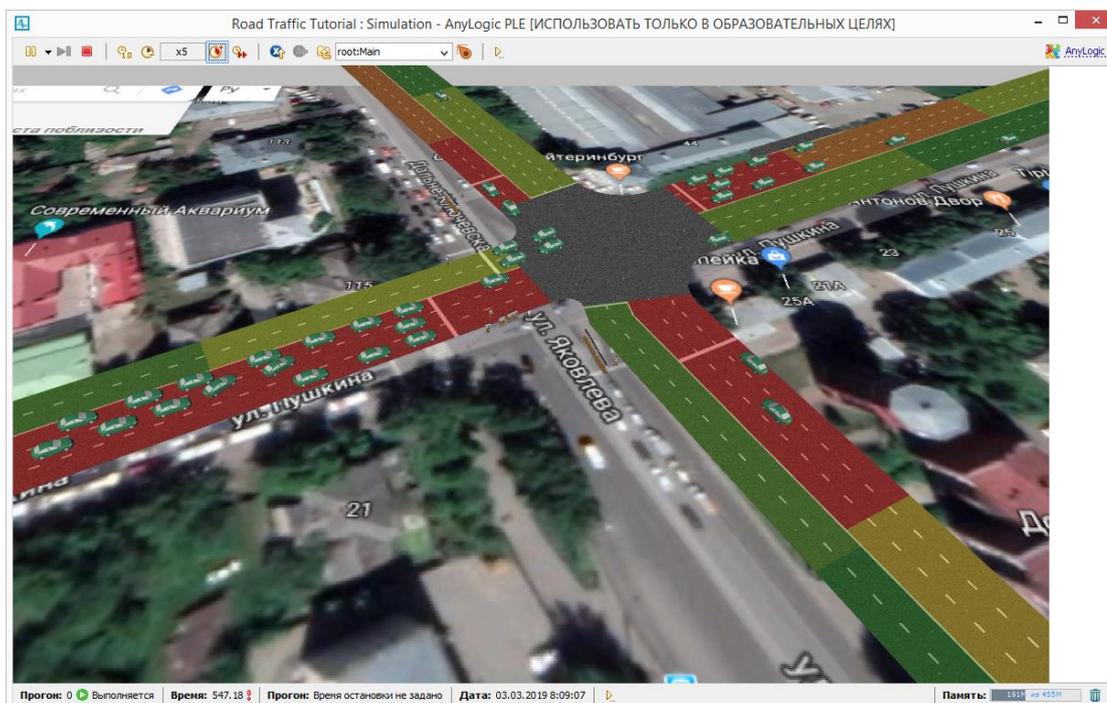


Рисунок 10 – Модель перекрестка с фактическими данными светофорных фаз

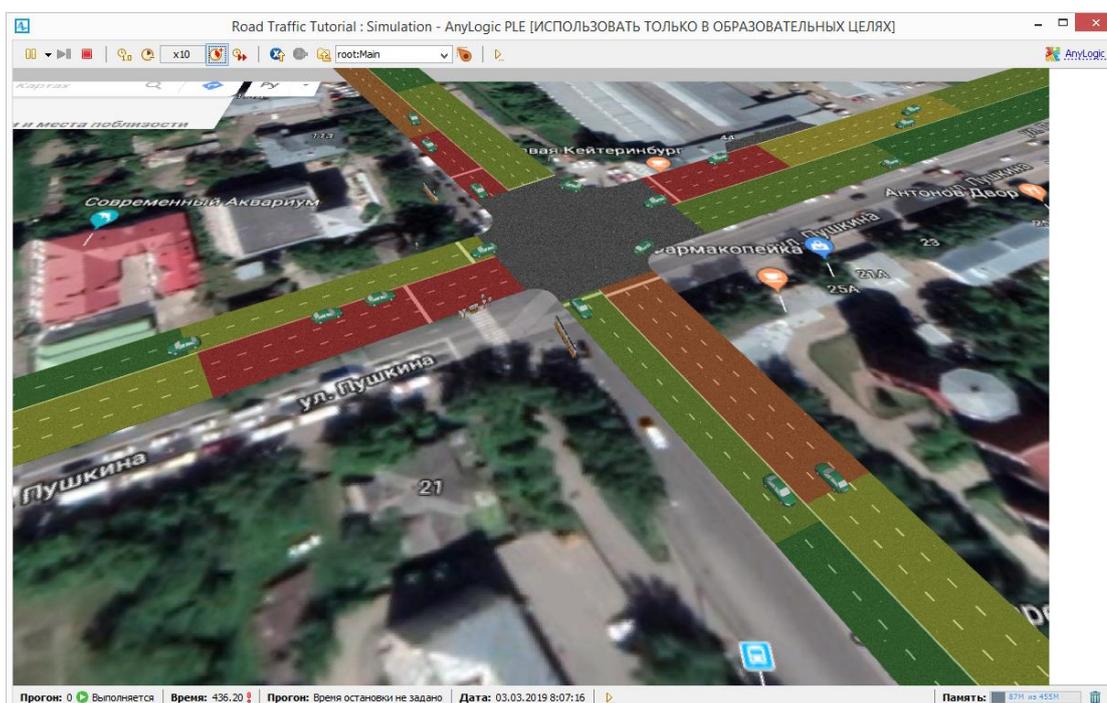


Рисунок 11 – Модель перекрестка с расчётными данными светофорных фаз

Исходя из представленных рисунков, можно сделать вывод, что модель, запущенная с расчётными данными, не имеет транспортных задержек, а значит работает эффективнее, чем модель с фактическими светофорными фазами.

Для подтверждения результатов, засечём время проезда каждого агента через перекресток, то есть вычислим разницу между временем появления и исчезновении агента на модели. Время проезда перекрестка с исходным светофорным циклом представлен на рисунке 12, с расчётным светофорным циклом на рисунке 13.

ВремяПроезда			
Кол-во	375		
Среднее	52.01		
Мин	12.562		
Макс	269.238		
Среднеквадр. отклонение	35.227		
Доверит. интервал для среднего	3.566		
Сумма	19,503.937		
От	До	Плотность	вероятности
12.5	55.7	229	229
55.7	98.9	118	347

Рисунок 12 – Время проезда перекрестка с исходным светофорным циклом

ВремяПроезда			
Кол-во	305		
Среднее	44.918		
Мин	12.562		
Макс	150.62		
Среднеквадр. отклонение	26.348		
Доверит. интервал для среднего	2.957		
Сумма	13,700.01		
От	До	Плотность	вероятности
9.4	27	97	97
27	44.6	73	170

Рисунок 13 – Время проезда перекрестка с расчётным светофорным циклом

Время проезда перекрестка с исходными данными гораздо превышает время проезда перекрестка с расчётными данными, это подтверждает ещё раз, что эффективнее расчётный светофорный цикл.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основной целью данной выпускной квалификационной работы является разработка имитационной модели участка транспортной сети – перекрестка «ул. Пушкина – ул. Яковлева» г. Томска, на основании результатов работы которой можно производить оптимизацию регулирования, в частности системы светофорного регулирования.

Потенциальными потребителями данной разработки являются Отдел организации движения и Отдел содержания и эксплуатации объектов дорожного хозяйства Департамента городского хозяйства г. Томска, а также Управление ГИБДД УМВД России по Томской области.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Разрабатываемая в рамках данного научного исследования имитационная модель является уникальной разработкой. Однако само моделирование участка транспортной сети, в частности перекрестка, не является новым техническим решением. Существует, например, имитационная модель перекрестка г. Москвы, г. Липецка и др. Каждая из этих моделей может быть частично перенастроена и использована для исследования оптимизирующих мер схожего по функционированию перекрестка, следовательно, можно говорить о конкурентоспособности каждой из них.

Для оценки конкурентоспособности перечисленных выше моделей – разрабатываемая модель (Ф), модель перекрестка г. Москвы (К1) и модель перекрестка г. Липецка (К2), был проведен анализ конкурентных технических решений с использованием оценочных карт, результаты которого представлены в таблице 10.

Таблица 10 – оценочная карта конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
Технические критерии оценки эффективности							
Удобство в эксплуатации	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Надежность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Потребность в ресурсах памяти	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
Функциональная мощность	0,2	5	5	4	1	1	0,8
Простота эксплуатации	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
Качество интеллектуального интерфейса	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
Уровень проникновения на рынок	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
Цена	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
Финансирование научной разработки	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
Срок выхода на рынок	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
Итого	1				4,6	4,5	3,95

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что разрабатываемая имитационная модель является конкурентоспособной.

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды разработки был проведен SWOT-анализ, результат которого представлен в таблице 11.

Таблица 11 – матрица SWOT

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Простота использования имитационной модели</p> <p>С2. Возможность настройки имитационной модели под различные условия окружающей среды.</p> <p>С3. Расширяемость имитационной модели.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал</p> <p>С5. Наличие финансирования.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Ограниченные возможности пользовательского интерфейса.</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе (настройке и расширению) с имитационной моделью.</p> <p>Сл3. Узкий круг целевой аудитории.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Внедрение данной разработки в других городах.</p>	<p>Использование имитационной модели для регулирования других перекрестков города.</p>	<p>Обучение персонала</p> <p>Проведение рекламы для увеличения целевой аудитории.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса.</p> <p>У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации.</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны инвесторов.</p>	<p>Улучшение качества модели для увеличения ее конкуренции на рынке.</p> <p>Привлечение инвесторов для своевременного финансового обеспечения.</p>	<p>Улучшение графического интерфейса.</p> <p>Поиск инвесторов</p>

В процессе проведения SWOT-анализа были определены слабые и сильные стороны разработки, угрозы и возможности конкуренции в данной области. На основании выявленных параметров были определены мероприятия, позволяющие противостоять угрозам и улучшить текущее состояние разработки.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Вся деятельность в рамках научного исследования представляет собой комплекс этапов и работ, перечень которых, с указанием исполнителей, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов	Выпускник
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Календарное планирование работ	Выпускник
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	5	Выбор участка транспортной сети (перекрестка) и параметров его регулирования	Выпускник
	6	Расчет параметров регулирования транспортной сети (перекрестка)	Выпускник
Изготовление и испытание опытного образца	7	Разработка имитационной модели участка транспортной сети (перекрестка)	Выпускник
	8	Проведение экспериментов	Выпускник
Оформление отчета	9	Составление пояснительной записки	Выпускник
	10	Внедрение проекта	Руководитель

4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Временные показатели проведения научного исследования – трудоемкость и длительность, перечисленных выше работ указана в таблице Б.1 (Приложение Б).

4.2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При формировании бюджета на выполнение НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей разработки;
- дополнительная заработная плата исполнителей разработки;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;

Далее приведены расчеты затрат по каждой статье.

4.2.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья учитывает расходы на все материальные ресурсы, используемые при реализации научно-технического исследования.

Результаты расчета материальных затрат представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, руб.		
		Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Накопитель SSD	Шт.	1	1	1	890 0	760 0	540 0	10680	9120	6480
Итого								10680	9120	6480

Наиболее дорогими являются материальные ресурсы, используемые в первой версии реализации научно-технического исследования; наиболее дешевыми – в третьей версии реализации научно-технического исследования.

4.2.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Данная статья учитывает расходы на специальное оборудование, используемое при реализации научно-технического исследования.

В качестве специального оборудования выступает ранее оборудованное рабочее место, и для выполнения разработки не было необходимости производить закупку нового оборудования. Следовательно, данная статья включает амортизационные отчисления.

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$Z_{ам} = \frac{(C_i \cdot H_a)}{100\%} \quad (10)$$

$Z_{ам}$ – ежедневная сумма амортизационных отчислений;

C_i – цена (балансовая стоимость) i -го оборудования;

H_a – норма амортизационных отчислений (%).

Норма амортизационных отчислений в соответствии с Налоговым кодексом РФ определяется по формуле:

$$H_a = \frac{1}{T_{п.и.}} \cdot 100\%, \quad (11)$$

$T_{п.и.}$ – срок полезного использования объекта (в днях) определяется в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.

Таблица 14 – Материальные затраты на специальное оборудование

Наим. оборудования	Кол-во	С первонач., руб			А в день., руб.			А за период, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Компьютер	1	47560	45100	50000	65,15	61,78	68,49	4365,09	5004,24	6849,31
Итого								4365,09	5004,24	6849,31

На основе полученного результата, можно сделать вывод, что в процессе реализации научно-технического исследования величина амортизационных отчислений в первом варианте расчета является наименьшей. В третьем варианте расчета наибольшая величина амортизационных отчислений.

4.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья учитывает расходы на основную заработную плату исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении НИИ, – руководителя и разработчика (выпускника).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зп_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (12)$$

D - месячный оклад работника;

K - районный коэффициент (для Томска – 30%);

F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Таблица 15 – Основная заработная плата

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
			Руководитель	14584,32	861,80	9	12	15
Разработчик	6976,22	412,23	58	69	75	23909,41	28443,95	30917,34
Итого						31665,62	38785,56	43844,35

4.2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Данная статья учитывает расходы на дополнительную заработную плату исполнителей темы, учитывающие величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при совмещении работы с учебой, при предоставлении ежегодно оплачиваемого отпуска и т.д.).

Таблица 16 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			К _{доп.}	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	7756,20	10341,61	12927,01	0,15	1163,43	1551,24	1939,05
Разработчик	23909,40	28443,95	30917,34	0,15	3586,41	4266,59	4637,60
Итого					4749,84	5817,83	6576,65

4.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной части представлены расчеты отчислений во внебюджетные фонды. Т.е. в данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	7756,20	10341,61	12927,01	1163,43	1551,24	1939,05
Разработчик	23909,40	28443,95	30917,34	3586,41	4266,59	4637,60
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,28					
Итого						
Исполнение 1	10924,63					
Исполнение 2	13381,01					
Исполнение 3	15126,30					

4.2.5 Накладные расходы

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

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 - 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, взят в размере 50%.

$Z_{\text{накл}} (\text{Исполнение 1}) = 0,5 * (10680 + 4365,09 + 31665,61 + 4749,84 + 10924,63) = 31192,59 \text{ руб.}$

$Z_{\text{накл}} (\text{Исполнение 2}) = 0,5 * (9120 + 5004,24 + 38785,56 + 5817,83 + 13381,02) = 36054,33 \text{ руб.}$

$Z_{\text{накл}} (\text{Исполнение 3}) = 0,5 * (6480 + 6849,31 + 43844,35 + 6576,65 + 15126,30) = 39438,31 \text{ руб.}$

4.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат дипломной работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НИИ	10680	9120	6480
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4365,09	5004,24	6849,31
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	31665,61	38785,56	43844,35
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4749,84	5817,83	6576,65
Отчисления во внебюджетные фонды	10924,63	13381,02	15126,30
Накладные расходы	31192,59	36054,33	39438,31
Бюджет затрат НИИ	93577,78	108163	118314,9

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что самый большой бюджет требуется для реализации первого варианта. Самый минимальный бюджет необходим, чтобы реализовать третий вариант. Это связано с тем, что в исполнении 1 наибольшие сроки разработки проекта, а также высокие затраты на заработную плату. В исполнении 3, сроки реализации самые

минимальные из всех трех исполнений, аналогично с выплатами заработной платы.

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 16). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект иссл. /Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,1	5	3	4
2. Безопасность	0,15	4	2	3
3. Потребность в ресурсах сервера	0,15	5	3	3
4.Предоставляемые возможности	0,20	4	3	3
5. Простота эксплуатации	0,25	4	4	4

Продолжение таблицы 19

Объект иссл. /Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
6.Качество интеллектуального интерфейса	0,15	4	4	4
Итого	1	3,94	3,15	3,5

$$I_{p-1} = 5*0,1 + 4*0,15 + 5*0,15 + 4*0,2 + 4*0,25 + 5*0,05 + 4*0,01 = 3,94;$$

$$I_{p-2} = 3*0,1 + 2*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 2*0,05 + 4*0,1 = 3,15;$$

$$I_{p-3} = 4*0,1 + 3*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 4*0,05 + 4*0,1 = 3,5.$$

Сравнение значений интегрального показателя ресурсоэффективности показывает, что разрабатываемая информационная система является наиболее эффективным вариантом для разработки с точки зрения ресурсной эффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{мах}}},$$

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

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

$\Phi_{\text{мах}}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный финансовый показатель разработки (Исполнение 1) = $93577,7 / 118314,92 = 0,79$;

Интегральный финансовый показатель разработки (Исполнение 2) = $108162,98 / 118314,92 = 0,91$;

Интегральный финансовый показатель разработки (Исполнение 3) = $118314,92 / 118314,92 = 1$;

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

($I_{исп.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.} = \frac{I_{p-исп}}{I_{финр}}$$

Интегральный показатель эффективности (Исполнение 1) = $3,94 / 0,79 = 4,98$;

Интегральный показатель эффективности (Исполнение 2) = $3,15 / 0,91 = 3,46$;

Интегральный показатель эффективности (Исполнение 3) = $3,5 / 1 = 3,5$;

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Далее представлены расчёты показателя сравнительная эффективность проекта для каждого из исполнений относительно Исполнения 1.

Сравнительная эффективность проекта (Исполнение 1) = $4,98 / 3,94 = 1,26$;

Сравнительная эффективность проекта (Исполнение 2) = $3,46 / 3,94 = 0,87$;

Сравнительная эффективность проекта (Исполнение 3) = $3,5 / 3,94 = 0,88$;

Сравнительная эффективность проекта представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,9	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,94	3,15	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	3,94	3,5	4,37
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,26	0,87	0,88

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что исполнение 2 является наиболее эффективным вариантом для разработки с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Основной целью данной выпускной квалификационной работы является разработка имитационной модели участка транспортной сети – перекрестка «ул. Пушкина – ул. Яковлева» г. Томска, на основании результатов работы которой можно производить оптимизацию регулирования, в частности системы светофорного регулирования.

Разработка имитационной модели велась исключительно при помощи компьютера. В данном разделе будут рассмотрены вопросы выполнения требований к безопасности труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению, непосредственно связанные с работой с ПК.

5.1 Производственная безопасность

К вредным проявлениям факторов производственной среды относятся[10]:

- монотонный режим работы
- перенапряжение зрения;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- недостаточная освещенность рабочей зоны.

К опасным проявлениям факторов производственной среды относятся:

- возникновение пожара;
- короткое замыкание;

К чрезвычайным ситуациям относятся:

- пожар.

5.1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды

Далее представлен анализ выявленных факторов среды. Данный анализ основывается на том, что процесс реализации информационной системы происходит за ПЭВМ.

Вредное проявление факторов:

1. Монотонный режим работы

Процесс реализации информационной системы требует длительного времяпровождения за компьютером в сидячем положении.

Сидячий образ жизни на протяжении длительного периода времени оказывает давление на бедра и ягодицы, препятствуя нормальному кровотоку в этих областях и повреждая хрупкие капилляры. Также данный образ жизни может отразиться на состоянии лимфатической и венозной систем и малого круга кровообращения, а также привести к чрезмерному набору веса.

Выполнение физических упражнений, занятие спортом, прогулки, бег помогут избежать вышеперечисленных последствий[2].

2. Перенапряжение зрения;

Процесс реализации информационной системы связан с длительным времяпровождением за монитором компьютера. Следовательно, происходит напряжение зрения.

Проведение гимнастики для глаз, периодические перерывы в течение работы за компьютером помогут избежать вышеперечисленных последствий[11].

3. Повышенный уровень шума на рабочем месте;

Процесс реализации информационной системой связан с длительным времяпровождением за компьютером. Компьютер может издавать различные шумы, например, шум вентилятора, шум от работы жесткого диска, шум от вибрации внутренних элементов компьютера.

Человек, постоянно подвергающийся воздействию шума, быстро переутомляется, отличается повышенной раздражительностью, становится забывчивым, чаще страдает от слабости и головокружения. Уровень звука на рабочих местах, связанных с творческой деятельностью, научной деятельностью, программированием, преподаванием и обучением не должен превышать 50 дБА согласно СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [12].

Замена составляющих компьютера, которые создают шумы на рабочем месте. Также необходимо совершать перерывы в работе за компьютером.

4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

В процессе реализации информационной системы возможны ситуации, когда на рабочем месте будет недостаточная освещенность, например, работа в вечернее время суток, расположение рабочего места далеко от окна.

Недостаточная освещенность может приводить к ухудшению зрения.

Необходимо оборудовать место источником света с дневным освещением, расположить рабочее место рядом с окном, обеспечить правильное проникновение световых лучей в комнату.

Анализ освещенности

Требования к освещению рабочих мест с компьютерами определяются характером зрительной работы персонала, пользующегося компьютерной техникой.

Освещение помещений с дисплеями характеризуется рядом специфических требований:

- обеспечение необходимых уровней освещенности в горизонтальной плоскости в зоне бумажного носителя и клавиатуры (при расположении бумажного носителя на пюпитре требуемая освещенность должна обеспечиваться в наклонной плоскости);
- исключение засветки изображения на дисплее путем ограничения освещенности в вертикальной плоскости экрана;
- обеспечение надлежащего распределения яркости в центральном поле зрения пользователя и на периферии;
- снижение прямой и отраженной блескости;
- ограничение глубины пульсации освещенности.

Нормативные требования к освещению рабочих мест с компьютерами определяются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [13].

Для общего освещения помещений следует использовать экономичные разрядные лампы со световой отдачей не менее 55 лм/Вт. Для освещения помещений с компьютерами следует применять систему общего освещения.

Нормативным значением освещенности в горизонтальной плоскости является 400 лк – общее освещение, или 500 лк – комбинированное освещение, 300 лк из которого – общее освещение. Освещенность нормируется в точках её минимального значения на рабочей поверхности.

С помощью люксметра измерена освещенность проектируемой производственной среды. Освещенность среды составила 411 лк. Это значение превышает нормируемое значение освещенности на 2.7%, что является допустимым.

Опасное проявление факторов:

1. Возникновение пожара

Процесс разработки информационной системы происходит в помещении, следовательно, не исключена ситуация возникновения пожара. Пожар может возникнуть как из-за компьютера (короткое замыкание), так и из-за других электрических приборов. Также пожар может возникнуть при неаккуратном обращении с огнем в помещении.

Пожар может привести к таким последствиям, как: отравление угарным газом, получение ожогов различной степени, летальный исход.

Необходимо соблюдать меры пожарной безопасности, а именно:

- не оставлять без присмотра включенные в электросеть бытовые электроприборы;
- эксплуатировать электроприборы в соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации заводов-изготовителей;
- следить за неисправностью электропроводки, не пользоваться поврежденными электроприборами, электророзетками;
- не включать в одну электророзетку одновременно несколько мощных потребителей электроэнергии, перегружая электросеть;

- не эксплуатировать электросветильники со снятыми защитными плафонами;
- не пользоваться в помещении источниками открытого огня (свечи, спички, факела);
- не хранить баллоны с горючими газами, емкости с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями [14].

2. Короткое замыкание

Компьютер – это электрический прибор, все комплектующие компьютера, так же являются электропроводящими составляющими. Следовательно, возможно возникновение короткого замыкания из-за неисправности какой-либо части компьютера, так же возможно электрической замыкание в приборах, которые находятся рядом с компьютером, на рабочем месте. Например, настольная лампа.

Данный фактор может привести к таким последствия, как поражение электрическим током, получение ожогов.

Необходимо следить за состоянием проводов на рабочем месте.

Чрезвычайные ситуации

1. Пожар

Возникновение пожара может произойти по различным причинам, например, неправильное обращение с огнем, короткое замыкание, возгорание электроприборов. Возможно получение ожогов, отравление угарным газом, летальный исход.

Соблюдать меры пожарной безопасности, а именно:

- не оставлять без присмотра включенные в электросеть бытовые электроприборы;
- эксплуатировать электроприборы в соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации заводов-изготовителей;
- следить за неисправностью электропроводки, не пользоваться поврежденными электроприборами, электророзетками;

- не включать в одну электророзетку одновременно несколько мощных потребителей электроэнергии, перегружая электросеть;
- не эксплуатировать электросветильники со снятыми защитными плафонами;
- не пользоваться в помещении источниками открытого огня (свечи, спички, факела);
- не хранить баллоны с горючими газами, емкости с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

В ходе анализа опасных факторов проектируемой среды, найдены потенциально опасные факторы в следующих категориях: электробезопасность, пожаробезопасность. Механических и термических опасностей проектируемой среды нет.

Электробезопасность — система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока и электрической дуги. В категорию электробезопасность входят такие проблемные вопросы, как статическое электричество и молниезащита. Статическое электричество — это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов изделий или на изолированных проводниках. Заряды накапливаются на оборудовании и материалах, а сопровождающие электрические разряды могут явиться причиной пожаров.

Источником статического электричества могут быть кондиционеры, компьютеры с вентиляторами в системном блоке, пылесосы и другие электрические бытовые приборы.

Существуют следующие основные меры защиты от статического электричества.

1. Заземление производственного и бытового оборудования.
2. Повышение электропроводности воздуха ионизацией.
3. Повышение электропроводности различных поверхностей за счет повышения влажности помещения и этих поверхностей, а также обработка их антистатиком.

Молниезащита — это комплекс технических решений и специальных приспособлений для обеспечения безопасности здания, а также имущества и людей, находящихся в нем.

Общепринято выделяют перенапряжения, вызванные прямыми и непрямыми ударами молнии. Прямые удары молнии происходят в случае попадания молнии в здание или в подведенные к зданию линии коммуникаций. Непрямые удары тока происходят вследствие ударов вблизи здания или удара молнии вблизи линий коммуникаций.

Пожаробезопасность — состояние объекта, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара. Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями[15].

Методы противодействия пожару делятся на:

- профилактические;
- защитные.

Существуют следующие профилактические действия.

- Изолирование электропроводки для избегания возникновения короткого замыкания, способного привести к пожару.
- Изолирование розеток, расположенных в санузлах и на внешних стенах, от влаги.
- Устанавливание устройств защитного отключения и автоматических предохранителей.

– Теплоизоляция газовых и электрических плит от деревянной мебели.

Тушение пожара производится огнетушителями различного наполнения, песком и другими негорючими материалами, мешающими огню распространяться и гореть.

Для самозвакуации людей из горящих зданий применяется лебёдка, закреплённая с внешней стороны окна, по которой проживающие на высоких этажах люди могут спуститься на землю.

5.2 Экологическая безопасность

В ходе исследования проектируемой среды не выявлено факторов, которые воздействуют на окружающую среду.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Из всех возможных чрезвычайных ситуаций на объекте возможен пожар. В связи с этим необходимо разработать превентивные меры по их предупреждению. Превентивные меры защиты от чрезвычайной ситуации – меры, которые предпринимаются заранее для уменьшения риска возникновения и негативных последствий от чрезвычайной ситуации.

Для предотвращения (снижения вероятности возникновения) чрезвычайных ситуаций предусматриваются работы в следующих категориях: Исключение событий, приводящих к чрезвычайным ситуациям. Для пожара к таким событиям можно отнести неисправность электрической проводки и короткие замыкания проводки.

Снижение вероятности явлений, которые могут перерасти из опасных явлений в чрезвычайные ситуации:

- Для пожара к таким явлениям можно отнести перегрузку сети. Чтобы избежать таких явлений, необходимо проводить диагностику оборудования, планово-предупредительные ремонты, снижение уровней нагрузок на сеть. Так же возможно обеспечить электрическую сеть в целом более надёжной системой защиты.

Для того, чтобы не допустить возникновения чрезвычайной ситуации необходимо разработать меры по повышению устойчивости объекта к пожару. Устойчивость объекта определяется рядом факторов, из которых важнейшими можно выделить следующие:

- Защищённость обслуживающего персонала и оборудования от воздействия поражающих факторов, возникающих в результате ЧС. Для пожара в таком контексте можно говорить об использовании оборудования, которое не может быть распространителем огня.
- Обеспечение безопасности жизнедеятельности людей. Для этой цели, при рассмотрении пожара, необходимо произвести ряд мер, таких как установка пожарной сигнализации, которая будет предупреждать о пожаре соответствующие органы, так же необходимо приобрести на объект необходимое количество огнетушителей, подходящих для тушения оборудования, находящегося на объекте. Важным шагом будет также регулярная проверка объекта на вероятности возникновения пожара, проверка электрической сети на наличие уязвимостей, перегрузок и тому подобного[15].

Если же чрезвычайная ситуация не была предупреждена и всё же возникла, то важнейшими действиями после неё является ликвидация последствий. Для того чтобы действовать наиболее эффективно , мероприятия по ликвидации должны быть разработаны заранее.

Ликвидация чрезвычайных ситуаций - это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни, и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

В условиях пожара самым первым шагом является вызов сотрудников министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,

чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и сотрудников пожарной охраны.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

При работе за компьютером существует несколько документов, регулирующих вопросы обеспечения безопасности. Это такие документы, как:

- Трудовой кодекс Российской Федерации,
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [13].

Так же существует большое число документов, которые определяют порядок на местах, то есть различных инструкции, постановлений и т.д.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Возможно сокращение рабочего времени. Для работников, возраст которых меньше 16 лет – не более 24 часа в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Также рабочее время зависит от условий труда: для работников, работающих на рабочих местах с вредными условиями для жизни – не больше 36 часов в неделю.

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ, учитывать размеры рабочей зоны, а также необходимость передвижения в ней работающего.

Площадь на одно рабочее место с ПЭВМ для взрослых пользователей должна составлять не менее 6,0 м².

Рабочее место также необходимо оборудовать подставкой для ног. Рабочий стул должен быть подъемно – поворотным, для регулировки высоты и угла наклона.

Невыполнение требований к расположению и компоновке рабочего

места может привести к получению работником производственной травмы или развития у него профессионального заболевания. Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Общие эргономические требования» [16].

Конструкция оборудования и рабочего места при выполнении работ в положении сидя должна обеспечивать оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, высоты сидения, оборудованием пространства для размещения ног и высотой подставки для ног.

Оптимальные параметры рабочего места при работе с ЭВМ представлены в таблице 21:

Таблица 21 - Оптимальные параметры рабочего места при работе с ЭВМ

Параметры	Значение параметра	Реальные значения
Высота рабочей поверхности стола	От 600 до 800 мм	700
Высота от стола до клавиатуры	Около 20 мм	20
Высота клавиатуры	600-700, мм	600
Удаленность клавиатуры от края стола	Не менее 80 мм	100
Удаленность экрана монитора от глаз	500-700, мм	500
Высота сидения	400-500, мм	500
Угол наклона монитора	0-30, град.	20
Наклон подставки ног	0-20, град.	0

Не рекомендуется располагать компьютеры рядом друг с другом в целях уменьшения действия переменного электрического поля.

При выполнении раздела социальная ответственность были установлены и исследованы на соответствие нормам вредные и опасные факторы, рассмотрены меры по противодействию данным факторам. Представленная работа не несет вреда для окружающей среды и жизни человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассчитан режим светофорного регулирования, с помощью расчёта транспортный задержки оценена его эффективность, а также построена схема светофорного регулирования.

Построена имитационная модель одного из перекрестков города Томска с применением различных библиотек и элементов в среде AnyLogic.

Результаты проведения экспериментов показали, что регулирование рассмотренного перекрестка является менее эффективным, по сравнению с расчётными данными светофорного регулирования.

В дальнейшем модель может быть расширена, с помощью добавления других участков сети. Это позволит проводить анализ транспортной ситуации, выявлять проблемные места и принимать решения по их устранению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Транспортная система [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортная_система, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 17.04.2019г.
2. Дорожно-транспортный комплекс [Электронный ресурс]. URL: <http://www.transportall.ru/info/perevozki/291/2125.html>, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 6.05.2019г.
3. Рассел, Норвиг. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. 2006 г.
4. В.Городецкий, О.Карсаев, В.Самойлов, С.Серебряков. Много-агентные системы и групповое управление. Журнал "Искусственный интеллект и принятие решений», № 2, 2009.
5. В.И. Городецкий. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации. Известия РАН "Теория и системы управления", 2012, № 2, с. 92–120
6. Организация дорожного движения в городах. Методическое пособие. Под общ. ред. Ю.Д. Шелкова. Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России. – М.: 1995. –143 с.
7. ОДМ 218.2.020-2013 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М.,2012.
8. Моделирование проезда перекрестка [Электронный ресурс]. URL: <https://domashke.com/referati/referaty-po-transportu/referat-modelirovanie-proezda-perekrestka>, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 21.04.2016г.
9. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]. URL: <http://www.anylogic.ru/use-of-simulation>, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 30.04.2016г.
10. Беляков Г. И. Охрана труда и техника безопасности: учебник для прикладного бакалавриата. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 404 с.

11. Кукин П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.: ил.
12. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. — М.: Информационно-издательский центр Минздрав России, 2003.
14. Шibaев Г. И., Гончарюк В. А., Полозков В. Т. Основы техники безопасности и противопожарной техники. М.: Недра, 1967. - 228 с. 20.
15. Возгорание персональных компьютеров // Tiny. URL: <http://tinyhack.ru/vozgoranie-personalnyh-kompyuterov/> (дата обращения: 21.05.2018).
22. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197ФЗ (ред. от 30.12.2015).
16. СНиП 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – значение интенсивности транспортного движения для направления 1.

время	с I направления								
	на II направление			на III направление			на IV направление		
	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)
7:00	0	0	2	35	0	0	19	0	2
7:30	8	0	0	71	3	0	34	0	0
8:00	7	1	2	46	5	0	34	1	0
8:30	10	0	0	46	2	0	17	1	0
9:00	11	0	2	36	6	0	34	1	0
9:30	8	0	1	55	1	1	36	2	0
10:00	3	0	0	47	5	0	17	7	0
10:30	4	0	1	41	5	0	19	0	0
11:00	7	0	1	26	11	0	22	6	0
11:30	3	0	1	27	4	1	28	4	0
12:00	7	1	1	50	12	0	32	6	0
12:30	4	1	1	57	6	1	39	1	1
13:00	7	0	0	41	7	0	18	1	0
13:30	9	0	1	48	4	1	23	3	0
14:00	4	0	1	45	6	1	31	2	0
14:30	5	0	1	28	5	0	18	2	0
15:00	4	0	0	42	8	0	16	2	0
15:30	4	0	2	40	10	0	30	2	0
16:00	6	0	0	46	5	0	31	1	0
16:30	7	0	1	30	6	1	14	2	0
17:00	5	0	0	47	7	0	17	0	0
17:30	6	0	1	51	1	1	32	4	0
18:00	5	1	0	42	3	0	21	0	0
18:30	4	0	0	34	2	1	19	2	0
19:00	2	0	1	43	1	0	18	1	0
19:30	4	0	0	42	2	0	26	0	0

Таблица А.2 – значение интенсивности транспортного движения для направления 2.

время	с II направления								
	на III направление			на IV направление			на I направление		
	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)
7:00				21	13	0	0	0	0
7:30				33	11	1	0	0	0
8:00				45	0	8	0	0	0
8:30				39	2	9	4	0	1
9:00				53	0	10	3	0	1
9:30				42	0	9	3	0	0
10:00				48	3	11	5	0	1
10:30				37	5	1	4	1	0
11:00				29	1	6	6	1	1
11:30				47	1	11	2	1	1
12:00				68	0	7	1	0	1
12:30				66	2	8	2	0	0
13:00				30	1	8	7	0	1
13:30				69	2	4	2	0	0
14:00				66	2	9	6	0	0
14:30				43	2	5	5	0	0
15:00				42	2	6	3	0	0
15:30				54	3	6	10	0	1
16:00				61	1	11	7	0	1
16:30				38	0	9	5	0	0
17:00				44	0	6	8	0	0
17:30				34	4	4	13	0	0
18:00				82	1	3	7	0	0
18:30				33	0	7	2	0	1
19:00				51	0	4	3	0	1
19:30				45	1	7	2	0	0

Таблица А.3 – значение интенсивности транспортного движения для направления 4.

время	с IV направления								
	на I направление			на II направление			на III направление		
	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)
7:00	16	2	0	44	0	6	47	1	4
7:30	30	4	0	88	0	10	90	3	2
8:00	22	1	0	102	3	8	73	4	5
8:30	22	0	0	86	3	9	54	4	4
9:00	14	5	1	60	2	6	27	1	30
9:30	18	2	0	76	0	7	58	4	4
10:00	10	10	0	29	1	5	26	2	1
10:30	33	5	0	76	3	8	45	3	4
11:00	26	4	0	43	1	4	18	5	1
11:30	18	4	1	56	1	5	54	1	2
12:00	25	3	1	68	4	6	58	0	3
12:30	10	3	0	44	1	6	70	3	1
13:00	37	2	0	50	3	6	28	3	2
13:30	19	5	0	62	0	6	37	3	3
14:00	29	0	0	59	4	10	47	4	6
14:30	21	3	0	68	2	5	69	2	5
15:00	18	0	0	58	4	6	45	5	3
15:30	20	6	1	53	2	7	34	2	1
16:00	22	2	0	52	2	10	59	3	3
16:30	26	1	0	47	0	5	48	3	2
17:00	20	1	0	32	1	7	43	0	2
17:30	28	2	0	52	1	9	43	2	1
18:00	21	5	0	81	0	10	45	0	4
18:30	22	1	0	52	1	7	32	1	4
19:00	8	1	0	22	1	5	35	0	0
19:30	20	0	0	49	0	0	34	4	3

Таблица А.4 – значение интенсивности транспортного движения для направления 3.

время	с III направления								
	на IV направление			на I направление			на II направление		
	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)	ЛА ()	ГА (X)	ОТ (O)
7:00	25	2	6	68	2	3			
7:30	43	1	3	42	2	1			
8:00	58	4	3	52	4	1			
8:30	45	2	4	57	2	0			
9:00	50	5	1	44	3	0			
9:30	44	0	3	36	0	0			
10:00	24	4	0	22	1	0			
10:30	44	7	3	67	5	0			
11:00	37	3	1	39	2	0			
11:30	47	6	2	51	6	0			
12:00	61	7	4	54	8	0			
12:30	33	2	3	41	5	0			
13:00	43	0	3	37	3	0			
13:30	38	3	2	50	4	0			
14:00	48	2	3	66	6	1			
14:30	45	2	2	50	8	0			
15:00	56	4	2	35	4	0			
15:30	44	3	1	40	6	0			
16:00	47	3	2	44	5	0			
16:30	85	4	2	55	2	0			
17:00	66	6	4	34	2	0			
17:30	49	1	1	50	1	0			
18:00	82	2	3	63	4	0			
18:30	63	2	3	64	1	0			
19:00	44	1	4	50	0	1			
19:30	33	0	0	54	1	0			

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работы									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях Тр			Длительность работ в календарных днях Тк		
	Тмин			Тмакс			Тож											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение технического задания	2	2	2	2	4	6	2	2,8	3,6	1	1	1	2	2,8	3,6	3	4	5
Подбор и изучение материалов	5	5	5	5	7	9	5	5,8	6,6	1	1	1	5	5,8	6,6	7	8	10
Выбор направления исследования	2	2	2	2	4	6	2	2,8	3,6	1	1	1	2	2,8	3,6	3	4	5
Календарное планирование работ	2	2	2	2	4	6	2	2,8	3,6	1	1	1	2	2,8	3,6	3	4	5
Выбор участка транспортной сети (перекрестка) и параметров регулирования	7	7	7	7	10	15	7	8,2	10,2	1	1	1	7	8,2	10,2	10	12	15

Продолжение таблицы Б.1

Название работы	Трудоемкость работы									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях Тр			Длительность работ в календарных днях Тк		
	Тмин			Тмакс			Тож											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Расчет параметров в регулировании участка транспортной сети (перекрестка)	5	5	5	5	7	9	5	5,8	6,6	1	1	1	5	5,8	6,6	7	8	10
Разработка имитационной модели участка транспортной сети (перекрестка)	10	10	10	10	15	20	10	12	14	1	1	1	10	12	14	14	17	20
Проведение экспериментов	5	5	5	5	7	9	5	5,8	6,6	1	1	1	5	5,8	6,6	7	8	10
Составление пояснительной записки	7	7	7	7	10	15	7	8,2	10,2	1	1	1	7	8,2	10,2	10	12	15
Внедрение проекта	2	2	2	2	4	5	2	2,8	3,2	1	1	1	2	2,8	3,2	3	4	5
Итого													47	57	68	67	81	100