

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Кафедра Автоматики и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Имитационная модель перекрестка с круговым движением (на примере Транспортного кольца города Томска)

УДК 656.13

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2А	Колесова Олеся Константиновна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. МЕН	Халперская А.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Мезенцева И.Л.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Фадеев А.С.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания в области информатики и вычислительной техники, достаточные для комплексной инженерной деятельности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием аппаратно-программных средств информационных и автоматизированных систем, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Разрабатывать программные и аппаратные средства (системы, устройства, блоки, программы, базы данных и т. п.) в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания аппаратных и программных средств информационных и автоматизированных систем.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные программно-аппаратные комплексы, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
Универсальные компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Кафедра Автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____
(Дата) Фадеев А.С.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8И2А	Колесовой Олесе Константиновне

Тема работы:

Имитационная модель перекрестка с круговым движением (на примере Транспортного кольца города Томска)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: участок транспортной сети – перекресток с круговым движением (Транспортное кольцо города Томска); Требования: имитационная модель, описывающая функционирование перекрестка в реальных условиях с возможностью регулирования управляющих параметров.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Постановка проблемы и анализ существующих решений; 2 Описание объекта исследования; 3 Выбор методов и средств имитационного моделирования; 4 Разработка имитационной модели; 5 Разработка панели управления параметрами имитационной модели; 6 Проведение экспериментов и анализ результатов.
Перечень графического материала	Презентация в формате *.pptx на 16 слайдах, включающая: 1. Титульный лист

	2. Актуальность 3. Цель работы 4. Поставленные задачи 5. Выбор участка транспортной сети 6. Выбор методов и средства имитационного моделирования 7. Процесс разработки имитационной модели 8. Сбор статистических данных о движении автотранспорта на перекрестке (1) 9. Сбор статистических данных о движении автотранспорта на перекрестке (2) 10. Построение имитационной модели перекрестка (1) 11. Построение имитационной модели перекрестка (2) 12. Построение имитационной модели перекрестка (3) 13. Анимация модели 14. Испытание модели 15. Заключение 16. Результаты работы
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская А.В., старший преподаватель каф. МЕН
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л., ассистент каф. ЭБЖ

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

– Введение
– Общая характеристика проблемы исследования и методы ее решения
– Разработка имитационной модели перекрестка с круговым движением (на примере Транспортного кольца г. Томска)
– Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
– Социальная ответственность
– Заключение
– Список источников

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.12.2015
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. АиКС	Мартынова Ю.А.	-		30.12.15

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2А	Колесова Олеся Константиновна		30.12.15

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики
 Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
 Уровень образования – бакалавриат
 Кафедра Автоматики и компьютерных систем
 Период выполнения – весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.05.2015	Основная часть	75
19.05.2015	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
29.05.2015	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Фадеев А.С.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа		ФИО	
8И2А		Колесовой Олесе Константиновне	
Институт	Кибернетики	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

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.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Анкетирование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Опрос.

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; QuaD-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, определение трудоёмкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. МЕН	Хаперская А.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2А	Колесова Олеся Константиновна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И2А	Колесовой Олесе Константиновне

Институт	Кибернетики	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является рабочая зона программиста, для работы с разработанной моделью
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	- Вредные факторы на организм человека: повышенная либо пониженная температура воздуха, превышение уровней ЭМП, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны, возникновение пожара, короткое замыкание, утечка газа, землетрясение, пожар - Статическое электричество - Пожароопасность
2. Экологическая безопасность:	Воздействующих факторов на окружающую среду нет
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- Возможная и наиболее типичная ЧС: пожар - В результате возникшей ЧС принять меры по устранению пожара, вызвать пожарных
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Соблюдать правила работы за персональным компьютером, раскрытые в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и 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 каф. ЭБЖ	Мезенцева И.Л.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2А	Колесова Олеся Константиновна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 83 с., 13 рис., 32 табл., 13 источников, 1 прил.

Ключевые слова: имитационная модель, транспортная сеть, характеристики транспортной сети, регулирование, перекресток.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является перекресток с круговым движением (Транспортное кольцо города Томска).

Цель работы – разработка имитационной модели перекрестка с круговым движением (на примере Транспортного кольца города Томска), позволяющей без экспериментов на реальном участке улично-дорожной сети принимать эффективные решения по настройке регулируемых параметров.

В процессе исследования проводились изучение и описание объекта исследования, выбор методов и средств имитационного моделирования, сбор исходных данных, непосредственная разработка имитационной модели, а также проведение экспериментов и анализ полученных результатов. Разработанная модель позволяет проводить анализ транспортной ситуации города, выявлять проблемные места и принимать решения по их устранению.

Разработанная модель является эффективным методом принятия решений в сфере управления и регулирования транспортной сети города. Данная модель может быть использована такими организациями, как Отдел организации движения и Отдел содержания и эксплуатации объектов дорожного хозяйства Департамента городского хозяйства г. Томска, Управление ГИБДД УМВД России по Томской области.

Согласно проведенным исследованиями, разработанная модель, является экономически эффективной (эффективность работы составила 56172 руб.) и конкурентно способной.

В будущем разработанная модель может быть расширена с помощью добавления других участков улично-дорожной сети.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ.....	13
1.1 Анализ проблемы современного состояния транспортных систем городов	13
1.2 Обзор методов решения проблемы совершенствования транспортных систем городов.....	16
1.3 Перекресток, как наиболее сложный элемент транспортной сети с точки зрения управления.....	18
1.4 Имитационное моделирование	20
1.5 Этапы разработки имитационных моделей.....	23
2 РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕКРЕСТКА С КРУГОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО КОЛЬЦА Г. ТОМСКА).....	25
2.1 Обзор и выбор средства имитационного моделирования.....	25
2.2 Объект исследования	28
2.3 Сбор исходных данных	29
2.4 Построение модели	33
2.4.1 Разработка графической части имитационной модели.....	33
2.4.2 Разработка агентной части имитационной модели	36
2.5 Испытание модели	44
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	46
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	46
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	47
3.1.3 Технология QuaD	47

3.1.4	SWOT-анализ.....	48
3.1.5	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	50
3.2	Планирование научно-исследовательских работ	51
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	51
3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	52
3.2.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	53
	Далее приведены расчеты затрат по каждой статье.	54
3.2.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	54
3.2.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	56
3.2.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	57
3.2.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	58
3.2.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	59
3.2.4	Накладные расходы	60
3.2.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	61
3.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	62
4	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	66
4.1	Производственная безопасность	67
4.1.1	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды.....	67
4.1.2	Отклонение показателей микроклимата в помещении	68
4.1.3	Превышение уровней ЭМП	69
4.1.4	Повышенный уровень шума на рабочем месте	70
4.1.5	Недостаточная освещенность рабочей зоны	70
4.2	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	71
4.2.1	Возникновение пожара.....	71
4.2.2	Электрический ток.....	72

4.3 Экологическая безопасность.....	74
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	74
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
4.5.1 Правовые нормы трудового законодательства	76
4.5.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
CONCLUSION	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
Приложение А	83

ВВЕДЕНИЕ

В современной жизни проблема организации городских транспортных сетей является очень актуальной. На городских улицах постоянно растет число автомобилей, что приводит к росту интенсивности движения, а плотная застройка городов не позволяет расширять дорожное полотно. Все это приводит к снижению пропускной способности городской транспортной сети, бесполезному расходу топлива, износу транспортных средств и отрицательному влиянию на безопасность и экологию. Таким образом, очень важно повышать эффективность регулирования городской транспортной системы. Имитационное моделирование является эффективным методом для принятия решений в сфере управления городским транспортом.

Объектом исследования работы является перекресток с круговым движением (Транспортное кольцо города Томска).

Предметом исследования является имитационное моделирование перекрестка с круговым движением (на примере Транспортного кольца города Томска).

Целью данной работы является разработка имитационной модели перекрестка с круговым движением (на примере Транспортного кольца города Томска), позволяющей без экспериментов на реальном участке улично-дорожной сети принимать эффективные решения по настройке регулируемых параметров.

Для реализации данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- выбор участка транспортной сети;
- выбор методов и средства имитационного моделирования;
- сбор статистических данных и разработка имитационной модели участка транспортной сети;
- испытание модели и анализ результатов.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ

1.1 Анализ проблемы современного состояния транспортных систем городов

Транспортная система – это совокупность транспортной инфраструктуры, транспортных средств и управления. Она обеспечивает согласованное развитие и функционирование всех видов транспорта для удовлетворения транспортных потребностей с минимальными затратами. [1]

Транспортная инфраструктура включает в себя используемые транспортные сети, пути сообщения, транспортные узлы и терминалы, где производится перегрузка груза или пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой.

Транспортными средствами являются все средства передвижения, от велосипедов до поездов.

Под управлением транспортной системой понимается контроль над системой. К нему относятся сигналы светофора, стрелки на железнодорожных путях и другие методы контроля.

Транспортная система предназначена для удовлетворения транспортных потребностей человека и включает в себя следующие компоненты:

- дорожно-транспортный комплекс;
- участники дорожного движения;
- окружающая среда.

Дорожно-транспортный комплекс – это совокупность различных транспортных средств, которые находятся во взаимосвязи и взаимодействии при выполнении перевозок. [2]

Участник дорожного движения – это лица, принимающее непосредственное участие в процессе дорожного движения (водители транспортного средства, пешеходы и пассажиры транспортного средства).

Окружающая среда – это среда обитания и деятельности человека. В транспортной системе – это все, что окружает человека в процессе дорожного движения.

Одним из основных показателей, отвечающих за современное состояние транспортных систем городов, является автомобилизация.

Автомобилизация – это показатель оснащенности населения автомобилями. Она является важной частью общественного прогресса. [3]

В настоящее время количество автомобилей постоянно растет. Это оказывает значительное влияние на экономику и социальное развитие общества. Поэтому сейчас негативные издержки автомобилизации и методы их решения активно обсуждаются во всем мире.

Автомобилизация является частью прогресса, но для современной жизни она несет как положительный, так и отрицательный характер.

Автомобиль позволяет людям обладать личной мобильностью и иметь возможность свободно передвигаться, что является очень важным в современной жизни.

Личный автомобиль сокращает время на дорогу, позволяет выбирать направления движения и время, без необходимости подстраиваться под расписание и маршрут движения автобуса, а также делает поездки более комфортными. Все это положительно влияет на настроение и, как следствие, на работоспособность.

Но, несмотря на положительные стороны транспортных средств, они также имеют и достаточно большое количество отрицательных показателей.

Транспорт является одним из основных потребителем энергоресурсов и источником загрязнения окружающей среды. Автомобильный транспорт наносит большой вред экологической обстановке.

В связи с ростом количества транспортных средств, возникает потребность в большем количестве дорог, и, как следствие, в большем количестве земли. Для содержания дорог зимой, используют соли и другие

химические реагенты. Для обеспечения лучшей видимости, вдоль дорог удаляют растительность. Все эти факторы оказывают отрицательное влияние на почву, грунтовые воды и растительность вблизи дорог.

Так же, при движении, автомобиль является источником шума. Его ежедневное влияние оказывает отрицательное влияние на человека. Возникают повышенная раздражительность, головные боли, быстрое утомление и снижается производительность труда.

Кроме того, в соответствии с числом аварий, автомобильный транспорт является самым опасным. При дорожно-транспортных происшествиях наносится материальный ущерб транспортным средствам, а также большой ущерб здоровью участникам.

Рост уровня автомобилизации приводит к созданию проблем в организации движения на дорогах, затруднению движения и росту заторов. Пробки являются настоящим коллапсом для больших городов.

Движение потока автомобилей, превышающего пропускную способность дорожно-транспортной сети из-за увеличения количества автотранспорта в час пик может приводить к заторам.

Так же причиной пробок может являться снижение пропускной способности по следующим причинам:

- аварийное состояние дороги;
- отсутствие парковочных мест;
- перегрузка улиц с большой концентрацией торговых центров и офисов;
- нарушение правил дорожного движения;
- дорожно-транспортные происшествия;
- погодные условия;
- проблемы организации дорожного движения;
- неправильно отрегулированные светофоры;
- перекрытие улиц.

Заторы ведут к увеличению задержек в передвижении пассажиров, увеличению времени в пути. Также из-за пробок увеличивается выброс вредных веществ, шум, износ транспортных средств, бесполезное использование топлива и количество аварий.

Таким образом, очень важно решать данную проблему и повышать эффективность регулирования транспортной системы.

1.2 Обзор методов решения проблемы совершенствования транспортных систем городов

Существует два подхода к решению описанной выше проблемы:

- реконструкция существующих и строительство новых дорог, входящих в состав городской транспортной сети.
- повышение эффективности регулирования городской транспортной сети.

Реконструкция существующих и строительство новых дорог не является решением, так как носит кардинальный характер и 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).

А также в долгосрочной перспективе такая политика может привести к противоположным результатам. В Великобритании было проведено исследование, которое подтверждало, что увеличение пропускной способности автомобильных дорог приводит к росту количества поездок на 20%, а в районах с высокой плотностью населения число поездок увеличивалось на 40%.

Кроме того, данные меры, при постоянном росте количества транспортных средств, не позволяют полностью сократить разницу между пропускной способностью и интенсивностью движения.

Повышение эффективности регулирования городской транспортной сети является менее затратным решением. Оно заключается в перенастройке параметров регулирования транспортной сети, например, светофорных фаз.

Современные технологии позволяют автоматизировать процесс перенастройки параметров регулирования. Под автоматизацией подразумевается использование интеллектуальных транспортных систем.

Интеллектуальная транспортная система – это интеллектуальная система, использующая инновационные разработки в моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков, предоставляющая конечным потребителям большую информативность и безопасность, а также качественно повышающая уровень взаимодействия участников движения по сравнению с обычными транспортными системами.

Задача повышения эффективности с использованием интеллектуальной транспортной системы решается путем построения интегрированной системы: люди - транспортная инфраструктура - транспортные средства, с максимальным использованием новейших информационно-управляющих технологий. Интеллектуальная транспортная система 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 транспортной сети.

Одним из упрощенных, но не менее эффективных вариантов интеллектуальных транспортных систем является имитационное моделирование.

1.3 Перекресток, как наиболее сложный элемент транспортной сети с точки зрения управления

Наиболее сложными с точки зрения управления элементами транспортной сети являются перекрестки

Перекресток – это место пересечения, примыкания или разветвления дорог на одном уровне, ограниченное воображаемыми линиями, соединяющими соответственно противоположные, наиболее удаленные от центра перекрестка начала закруглений проезжих частей. [4]

При исследовании скорости движения, по условиям движения транспортных средств, перекрестки улично-дорожной сети классифицируют на две группы:

- регулируемые;
- не регулируемые.

Регулируемые перекрестки, в свою очередь, делятся на:

- регулируемые светофором;
- регулируемые регулировщиком.

Не регулируемые перекрестки делятся на:

- пересечение равнозначных дорог;
- пересечение неравнозначных дорог;
- регулируемые знаками приоритета.

По форме перекрестки бывают четырех видов:

- крестообразные;
- Т-образные;
- У-образные;
- с организацией кругового движения.

На рисунках 1-4 приведены данные виды перекрестков.

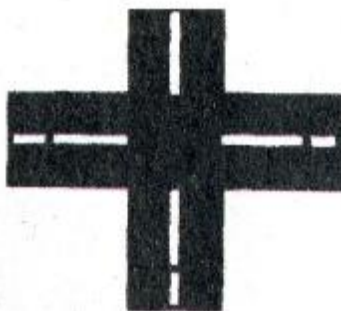


Рисунок 1 – Крестообразный перекресток

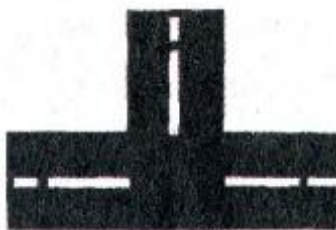


Рисунок 2 – Т-образный перекресток



Рисунок 3 – У-образный перекресток

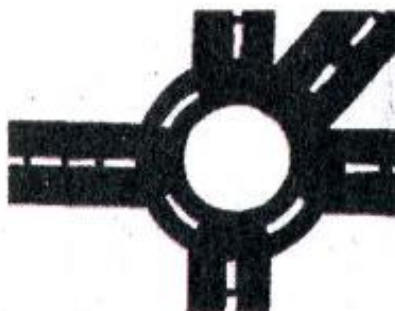


Рисунок 4 – Перекресток с организацией кругового движения

На скорость движения транспорта на перекрестках влияют несколько факторов:

- длительность светофорного цикла регулирования;

- изменение направления движения транспортных средств;
- взаимодействие автомобиля с транспортными потоками конфликтующих направлений;
- дорожно-транспортных происшествия.

Можно выделить несколько факторов, характеризующих условия движения транспортных средств на перекрестках:

- количество полос движения на основной дороге;
- интенсивность движения на основной дороге;
- количество полос движения на пересекаемой дороге;
- интенсивность движения на пересекаемой дороге.

Количество полос движения по основной и пересекаемым дорогам определяют геометрические размеры перекрестка, которые влияют на возможность маневрирования при движении на перекрестке. Так же на данную возможность влияет интенсивность движения на перекрестке. [5]

1.4 Имитационное моделирование

Моделирование – это метод решения задач, при котором исследуемая система заменяется более простым объектом, описывающим реальную систему и называемым моделью.

Оно применяется в случаях, когда проведение экспериментов над реальной системой невозможно или нецелесообразно, как в случае с транспортной ситуацией.

Различают физическое и математическое моделирование.

При использовании физического моделирования объектами деятельности являются физические подобию исследуемых систем.

При использовании математического моделирования поведение системы описывается с помощью формул. Особым видом математических моделей являются имитационные модели.

Имитационная модель – это компьютерная программа, которая описывает структуру и воспроизводит поведение реальной системы во времени. Имитационная модель позволяет получать подробную статистику о различных аспектах функционирования системы в зависимости от входных данных.

Имитационное моделирование – это разработка компьютерных моделей и постановка экспериментов на них. Целью моделирования в конечном счете является принятие обоснованных, целесообразных управленческих решений.

Преимущества использования имитационных моделей:

- стоимость (затраты на применение имитационной модели состоят лишь из цены программного обеспечения и стоимости консалтинговых услуг);
- время (имитационная модель позволяет определить эффективность за считанные минуты);
- повторяемость (с помощью имитационной модели можно проводить неограниченное количество экспериментов с разными параметрами, для определения наилучшего варианта);
- точность (имитационное моделирование позволяет описать структуру системы и её процессы в естественном виде, не прибегая к использованию формул и строгих математических зависимостей);
- наглядность (имитационная модель обладает возможностями визуализации процесса работы системы во времени, схематичного задания её структуры и выдачи результатов в графическом виде, что позволяет наглядно представить полученное решение и донести заложенные в него идеи);
- универсальность (имитационное моделирование позволяет решать задачи из любых областей, и в каждой области модель имитирует, воспроизводит, реальную жизнь и позволяет проводить широкий набор экспериментов без влияния на реальные объекты).

Выделяют три вида имитационного моделирования:

- агентное моделирование;
- дискретно-событийное моделирование;

– системная динамика.

Агентное моделирование – это метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как это поведение определяет поведение всей системы в целом. При разработке агентной модели, инженер вводит параметры агентов (агент – люди, компании, проекты, транспортные средства, города и т.д.), определяет их поведение, помещает их в некую окружающую среду, устанавливает возможные связи, после чего запускает моделирование. Индивидуальное поведение каждого агента образует глобальное поведение моделируемой системы.

Дискретно-событийное моделирование – это подход к построению имитационных моделей, предлагающий представить реальные действия и процессы, протекающие в мире, как последовательность отдельных важных моментов – событий.

Дискретно-событийное моделирование используется для построения модели, отражающей развитие системы во времени, когда состояния переменных меняются мгновенно в конкретные моменты времени.

Структура дискретно-событийного моделирования включает в себя следующие компоненты: сущности, действия и события, ресурсы, глобальные переменные, генератор случайных чисел, сборщики статистики.

Сущности – это динамические объекты, которые создаются, перемещаются по какой-либо части моделируемой системы, а затем обычно исключаются. Прогон модели завершается, когда в системе не остается ни одной активной сущности. Каждая сущность обладает уникальным набором свойств. Значения свойств могут меняться по ходу продвижения сущности и влиять на путь сущности в модели.

Действия – это процессы, происходящие по ходу моделирования и логика модели.

События – обстоятельства, которые в определенный момент времени изменяется состояние системы. Событие возникает, когда над сущностью производится какое-либо действие.

Ресурсы представляют собой все, что имеет ограниченную емкость.

Глобальные переменные – переменные доступные в любом месте модели в любое время.

Сборщики статистики – часть модели, собирающая статистику об определенных состояниях системы, значениях глобальных переменных или свойств сущностей.

Системная динамика – это метод имитационного моделирования, позволяющий своими методами и инструментами понять структуру и динамику сложных систем. Она используется в долгосрочных, стратегических моделях и принимает высокий уровень абстракции. Люди, продукты, события и другие дискретные элементы представлены в моделях системной динамики не как отдельные элементы, а как система в целом. Если же отдельные элементы модели важны, то для полной или частичной обработки лучше воспользоваться агентным или дискретно-событийным моделированием. [6]

1.5 Этапы разработки имитационных моделей

Имитационное моделирование состоит из двух больших этапов:

- создание модели;
- анализ полученных с помощью модели результатов с целью принятия решения.

При детальном рассмотрении построение имитационной модели можно разбить на большее количество этапов:

- определение разработчиком цели и задач, которые будут решаться с помощью модели;

- определение процессов, которые следует выделить и отразить в модели, от каких процессов нужно абстрагироваться, а также какие характеристики этих процессов учитывать, а какие – нет;
- определение соотношений между переменными и параметрами модели, которые должны быть отражены в модели.
- построение процедур вычисления изменения переменных и характеристик модели во времени;
- разработка анимационного представления процессов;
- калибровка модели – сбор данных и проведение измерений тех характеристик в реальной системе, которые должны быть введены в модель в виде значений параметров и распределений случайных величин;
- валидация модели – проверка правильности модели, выход модели проверяется на нескольких тестовых режимах, в которых, характеристики поведения реальной системы известны либо очевидны;
- эксперимент – выполнение модели при различных значениях ее существующих параметров и наблюдение за ее поведением с регистрацией характеристик поведения.

Названные выше этапы имитационного исследования редко выполняются в строго заданной последовательности. В ходе имитационного исследования могут быть сбои в прогонах модели, ошибочные допущения, от которых в дальнейшем приходится отказываться, переформулировки целей исследования, повторные оценки и перестройки модели. Такой итеративный процесс позволяет разработать имитационную модель, которая дает верную оценку альтернатив и облегчает процесс принятия решения

2 РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕКРЕСТКА С КРУГОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО КОЛЬЦА Г. ТОМСКА)

2.1 Обзор и выбор средства имитационного моделирования

На сегодняшний день, имитационное моделирование является одним из популярных методов, который позволяет разрабатывать модели и процессы так, как бы они могли происходить на самом деле. Имитационные модели можно применять в различных сферах человеческой деятельности, например, бизнес-процессы, дорожное движение, боевые действия, цепочки поставок и т.д. Удобство использования данного метода обуславливается тем, что выгодней один раз создать модель какого-либо процесса и проводить на ней все испытания, чем производить большие временные и финансовые затраты на реализацию процесса в реальности.

Существует большое разнообразие различных средств для имитационного моделирования. К таким средствам можно отнести: Arena, AnyLogic, GPSS World и другие. Каждый продукт обладает своими достоинствами и недостатками, в каждом продукте заложены различные возможности для моделирования.

Система имитационного моделирования Arena, позволяет описывать процессы в различных нотациях, а также моделировать описываемый процесс, что позволяет выявить и устранить узкие места всего процесса. В Arena используется процессор и язык имитационного моделирования SIMAN. Данный язык разработан в начале 80-х годов, прошлого века. Является гибким и удобным языком для моделирования процессов. В базовом шаблоне Arena представлены конструкции, позволяющие создавать дискретно-событийные модели: источники сущностей; уничтожители сущностей; действия, в которых

можно задавать доступные ресурсы; конструкции для изменения свойств сущностей; логические конструкции.

Arena выпускается только для операционной системы Windows. Так же в Arena предусмотрен экспорт данных из Microsoft Excel и Microsoft Access.

Основным недостатком Arena является интерфейс самой системы. Так как система нагружена большим количеством различного функционала и все возможности отражены в пользовательском интерфейсе, то процесс создания модели какого-либо процесса становится сложным. Так как приходится долго изучать интерфейс прежде чем сконструировать модель.

GPSS – система моделирования общего назначения. Является языком моделирования, который применяется для моделирования различных систем. Основное применение данного языка – это моделирование систем массового обслуживания. Основным недостатком данного языка является то, что очень сложно представить процесс обработки данных в виде алгоритма, так как данный язык не имеет графической интерпретации процесса, который разрабатывается. Следовательно, сам процесс реализации модели становится сложным.

AnyLogic является профессиональным отечественным инструментом нового поколения, предназначенным для разработки и исследования имитационных моделей.

AnyLogic разработан на основе новых идей в области информационных технологий, теории параллельных взаимодействующих процессов и теории гибридных систем. Благодаря этим идеям построение сложных имитационных моделей значительно упрощается, имеется возможность использования одного инструмента при изучении различных стилей моделирования.

Использование и создание компьютерных имитационных моделей в этой среде моделирования является доступными даже для начинающих, благодаря удобному интерфейсу и многочисленным средствам поддержки разработки моделей

При разработке модели на AnyLogic можно использовать концепции и средства из нескольких классических областей имитационного моделирования: динамических систем, дискретно-событийного моделирования, системной динамики, агентного моделирования. Поэтому AnyLogic является мультиагентной системой, в отличие от Arena и GPSS World, относящихся к дискретно-событийному моделированию. Кроме того, AnyLogic позволяет интегрировать различные подходы с целью получить более полную картину взаимодействия сложных процессов различной природы.

Сравнительный анализ описанных средств имитационного моделирования приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ 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	Есть	SIMAN
GPSS	Нет	Есть	Есть	Есть	GPSS
AnyLogic	Есть	Есть	Есть	Есть	Java

Так как темой данной выпускной квалификационной работы является разработка модели транспортного движения на основе перекрестка города Томска, то среди всех средств имитационного моделирования наиболее удобным является AnyLogic, по следующим причинам: в качестве языка встроенного в AnyLogic является язык java – данный язык является современным языком программирования, с большой технической поддержкой. А так же, AnyLogic разработала российская компания, поэтому всегда можно обратиться за помощью к справке, без необходимости знания другого языка.

2.2 Объект исследования

Наиболее сложными с точки зрения управления элементами транспортной сети являются перекрестки, в частности перекрестки с круговым движением. Для работы было выбрано Транспортное кольцо города Томска, так как данный участок является одним из самых проблемных в городе. Он находится в активном районе, в котором расположено большое количество магазинов и офисов, а также направления движения, проходящие через Транспортную площадь, ведут к Аэропорту города Томска и к вокзалу Томск-1. Таким образом данный участок транспортной сети характеризуется большой интенсивностью движения, из-за чего на нем часто возникают заторы и дорожно-транспортные происшествия.

На рисунке 5 представлен выбранный перекресток и схема движения на нем.

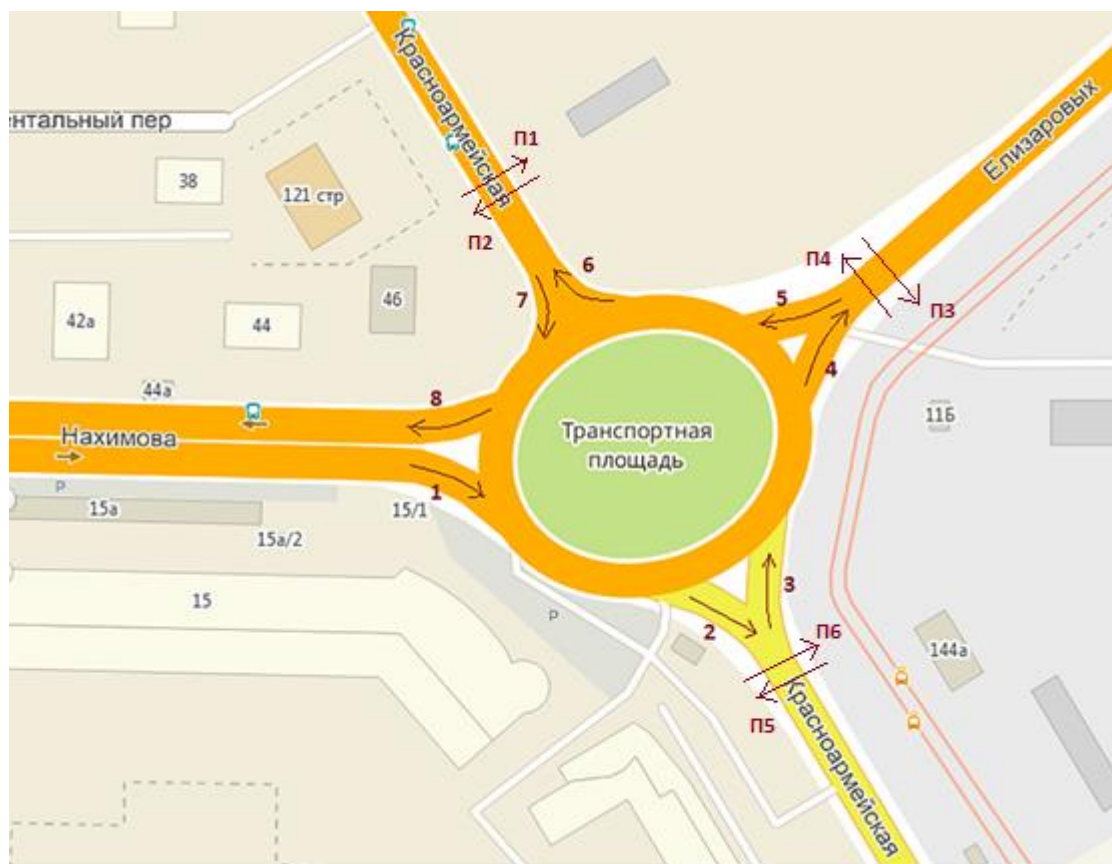


Рисунок 5 – Схема движения на Транспортном кольце города Томска

В таблице 2 представлены направления движений транспорта на данном участке.

Таблица 2 – Направления движений по Транспортному кольцу города Томска

№	Направления
1	ул. Нахимова – Транспортная площадь
2	Транспортная площадь – ул. Красноармейская
3	ул. Красноармейская – Транспортная площадь
4	Транспортная площадь – ул. Елизаровых
5	ул. Елизаровых – Транспортная площадь
6	Транспортная площадь – ул. Красноармейская
7	ул. Красноармейская – Транспортная площадь
8	Транспортная площадь – ул. Нахимова

Процесс разработки имитационной модели был разбит на несколько основных этапов:

1. Сбор статистических данных;
2. Построение имитационной модели перекрестка;
3. Испытание модели.

2.3 Сбор исходных данных

К основным статистическим данным необходимым для построения имитационной модели участка улично-дорожной сети относятся:

- количество транспорта и пешеходов, движущегося по всем направлениям;
- скорости движения транспорта.

Для получения данной информации был выбран способ непосредственного частичного наблюдения. Подсчет количества автомобилей

осуществлялся по веб-камере, расположенной на Транспортной площади города Томска, скорости движения транспортного потока были определены с помощью службы «Яндекс пробки», а количество пешеходов было подсчитано на месте с помощью наблюдения.

При использовании данного метода получения информации собираются недостаточно подробные данные. Замеры обычно производят на небольшом числе транспортных узлов и в короткий период времени. При этом невозможно определить точность и достоверность данного измерения в связи с использованием несертифицированных методов подсчета.

Тем не менее, данный метод является наиболее распространенным во всем мире, благодаря следующим факторам:

- дешевизна (не требуется дорогостоящая аппаратура);
- мобильность (не приходится ожидать установки и настройки аппаратуры);
- в процессе транспортного сбора данных у инженера создается персональное, экспертное впечатление об обследуемом пересечении.

Альтернативным методом сбора данных является непрерывный мониторинг с использованием детекторов транспорта. Данный способ дает возможность в один момент времени получать информацию из различных точек улично-дорожной сети города, что невозможно при транспортном обследовании из-за нехватки персонала.

Детекторы предоставляют более широкую номенклатуру данных и в настоящее время считаются современными и перспективными устройствами.

Для получения более достоверных данных, исследование проводилось в будни и выходные дни по трем основным промежуткам времени, которые характеризуются разным уровнем загрузки транспортной сети.

На рисунке 6 представлена диаграмма средних скоростей движения на выбранном участке.

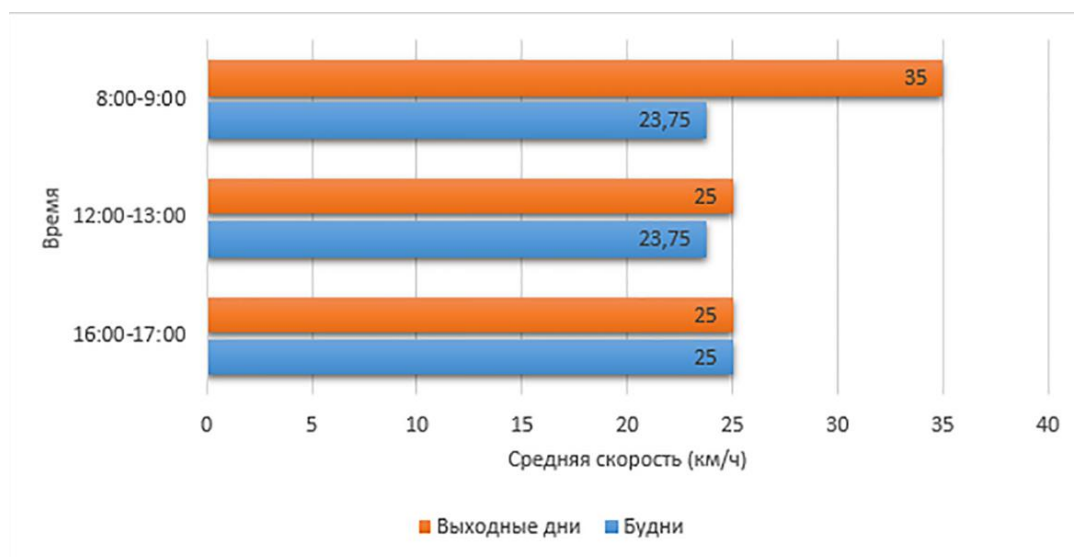


Рисунок 6 – Диаграмма средних скоростей движения

В таблице 3 представлены данные о количестве транспорта по направлениям движения.

Таблица 3 – Полученные данные о количестве транспорта по направлениям движения

Направление движения (из таблицы 2)	Количество автотранспорта					
	Будни			Выходные дни		
	7.00-9.00	12.00-14.00	16.00-18.00	7.00-9.00	12.00-14.00	16.00-18.00
1	2400	2240	2280	860	1920	2400
2	3000	2880	2880	1200	3240	2400
3	3120	3840	3120	1000	3600	2640
4	2480	2400	2160	720	2880	2400
5	2160	3000	2400	960	2640	2160
6	2080	2520	2040	720	2640	1920
7	1920	1560	2160	480	1680	1680
8	1920	2760	2640	720	2160	1560

В таблице 4 представлены данные о количестве пешеходов на пешеходных переходах.

Таблица 4 – Полученные данные о количестве пешеходов на пешеходных переходах

Направление движения (из рисунка 5)	Количество автотранспорта					
	Будни			Выходные дни		
	7.00-9.00	12.00-14.00	16.00-18.00	7.00-9.00	12.00-14.00	16.00-18.00
П1	88	120	100	45	100	65
П2	40	128	95	23	110	68
П3	144	160	156	78	144	75
П4	88	56	70	46	50	40
П5	352	320	310	160	315	150
П6	680	608	636	260	580	420

Так же, необходимыми данными, при построении имитационной модели перекрестка улично-дорожной сети является светофорный цикл.

Светофорный цикл – это периодически повторяющаяся совокупность всех фаз светофорного регулирования.

Светофорная фаза – это совокупность основного и промежуточного светофорного такта.

Светофорным тактом называется время, на протяжении которого действует та или иная комбинация светофорных сигналов.

На ул. Елизаровых находится нерегулируемый пешеходный переход, а на ул. Красноармейской, с обеих сторон от Транспортного кольца, находятся регулируемые пешеходные переходы.

Значения светофорного цикла для регулируемых участков представлены в таблицах 5-6.

Таблица 5 – Значения светофорного цикла для направлений 6 и 7 (из таблицы 2)

Такт для пешеходов	Время такта (с)
красный	30
желтый	3
зеленый	18
желтый	3

Таблица 6 – Значения светофорного цикла для направлений 2 и 3 (из таблицы 2)

Такт	Время такта (с)
красный	96
желтый	3
зеленый	22
желтый	3

2.4 Построение модели

Построение имитационной модели участка транспортной сети города включает в себя два основных этапа:

- разработка графической части имитационной модели;
- разработка агентной части имитационной модели.

2.4.1 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 таблицах 7-8.

Таблица 7 – Элементы библиотеки дорожного движения, используемые для разработки графической части имитационной модели.

Библиотека	Название элемента	Описание	Основные настраиваемые параметры
Дорожного движения	Дорога	Является графическим элементом разметки пространства, это непрерывная дорога (т.е. такая дорога, которая не содержит перекрестков)	Направление движения, ширина полосы, цвет дорожной разметки, количество полос основного движения, количество полос встречного движения, ширина разделительной полосы, цвет разделительной полосы
	Перекресток	Является графическим элементом разметки пространства, используется для соединения двух или больше дорог	Соединители полос (направления движения транспорта на перекрестке)
	Стоп-линия	Является графическим элементом разметки пространства, задающим точку на дороге, у которой транспорт должен останавливаться	Может добавлять дорожные знаки в местах собственного расположения на дорогах: ограничение скорости, конец ограничения скорости и уступить дорогу

Таблица 8 – Элементы библиотеки презентации, используемые для разработки графической части имитационной модели.

Библиотека	Название элемента	Описание	Основные настраиваемые параметры
Презентация	Прямоугольник	Геометрическая фигура, для рисования презентации модели	Цвет заливки, цвет линии, толщина линии, стиль линии
	Ломаная	Геометрическая фигура, для рисования презентации модели	Цвет заливки, цвет линии, толщина линии, стиль линии
	Овал	Геометрическая фигура, для рисования презентации модели	Цвет заливки, цвет линии, толщина линии, стиль линии
	Текст	Текстовое поле	Цвет, выравнивание, шрифт, курсив, полужирный
	Изображение	Используется для добавления на презентацию изображений из файлов	Ширина, высота, поворот
	Группа	Используется для группировки фигур презентации	-
	Область просмотра	Используется для выделения на диаграмме типа агента некоторых областей, содержащих логически обособленные группы элементов или участки диаграммы, для переключения между ними во время выполнения модели	Ширина, высота
	3D объект	Используется для отображения трехмерных объектов	Масштаб, ориентация
	3D окно	Элемент, задающий на диаграмме агента область, в которой во время запуска модели будет отображаться трехмерная анимация этого объекта	Ширина, высота, тип навигации

Результат разработки графической части имитационной модели представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Разработанная имитационная модель

Разработанная модель является максимально приближенной к реальной. Она позволяет переключаться между интервалами времени и форматами анимации для более детального изучения транспортной ситуации.

2.4.2 Разработка агентной части имитационной модели

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

Элементы, используемые для разработки агентной части имитационной модели представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Элементы, используемые для разработки агентной 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
	Car Source	Создаёт агентов и пытается поместить их в указанное место транспортной сети
	Car Move To	Блок для управления движением
	Car Dispose	Блок для удаления агентов из модели
Моделирования процессов	Select Output 5	Объект направляет входящих агентов в один из пяти выходных портов в зависимости от выполнения заданных условий
	Тип агента	Используется для задания типов агентов в модели

Разработка агентной части модели была начата с элемента Road Network, задающего транспортную сеть.

В таблице 10 указаны основные настраиваемые параметры и значения данного элемента.

Таблица 10 – Основные настраиваемые параметры элемента Road Network и их значения

Параметр	Описание	Значение в AnyLogic
Движение	Определяет сторону дороги, которой должен придерживаться транспорт при двустороннем движении	Правостороннее
Ширина полосы	Определяет ширину полос дорог сети в единицах измерения	3.5 м

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.

В таблице 11 указаны основные настраиваемые параметры и значения данного элемента.

Таблица 11 – Основные настраиваемые параметры элемента Car Source и их значения.

Параметр	Описание	Значение в AnyLogic
Прибывают согласно	Определяет, как будет прибывать агент	Интенсивности
Интенсивность прибытия	Интенсивность прибытия агентов	Для каждого направления своя интенсивность
Дорога	Дорога, на которой будет расположен агент после начала движения	Для каждого направления своя фигура
Полоса	Указывает, будет ли агент помещен на случайно выбранную полосу дороги	Выбирается случайно
Новый агент	Тип агента, созданный блоком CarSource	Для автомобилей Car, для пешеходов Peoples
Начальная скорость агента	Начальная скорость созданного агента	Для пешеходов 6 км/ч, для автомобилей задается для каждого направления
Ускорение агента	Ускорение агента	Для пешеходов 0.8 м/с ² , для автомобилей 1.8 м/с ²
Торможение агента	Торможение агента	4.2 м/с ²

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.

После определения направления дальнейшего движения, агент переходит к элементу Car Move To, для передвижения к назначенной точке.

В таблице 12 указаны основные настраиваемые параметры и значения данного элемента.

Таблица 12 – Основные настраиваемые параметры элемента Car Move To и их значения.

Параметр	Описание	Значение в AnyLogic
Цель движения	Определяет, до какого объекта необходимо доехать агенту	Дорога
Дорога	Дорога, до конца которой необходимо доехать агенту	Для каждого направления своя фигура

После того, как агент добрался до места назначения, он переходит к элементу Dispose, на котором удаляется из модели.

Так же, на диаграмме процесса находятся элементы светофоров, для регулируемых пешеходных переходов.

На рисунке 8 представлены свойства светофора для пешеходного перехода, находящегося по направлениям 2, 3 (из таблицы 2).

 **TrafficLightDown - Traffic Light**

Имя:

☒ Отображать имя ☐ Исключить

Задаёт режим работы для: ☒ Стоп-линий перекрестка
☐ Соединителей полос перекрестка
☐ Заданных стоп-линий

Перекресток:  intersection4  

Фазы:

Длительности, сек:	22	3	96	3
Стоп-линии:				
stopLinePeoples1				
stopLinePeoples2				
stopLineK				
stopLineK1				

Рисунок 8 – Свойства светофора

Результат разработки агентной части имитационной модели представлен на рисунке 9.

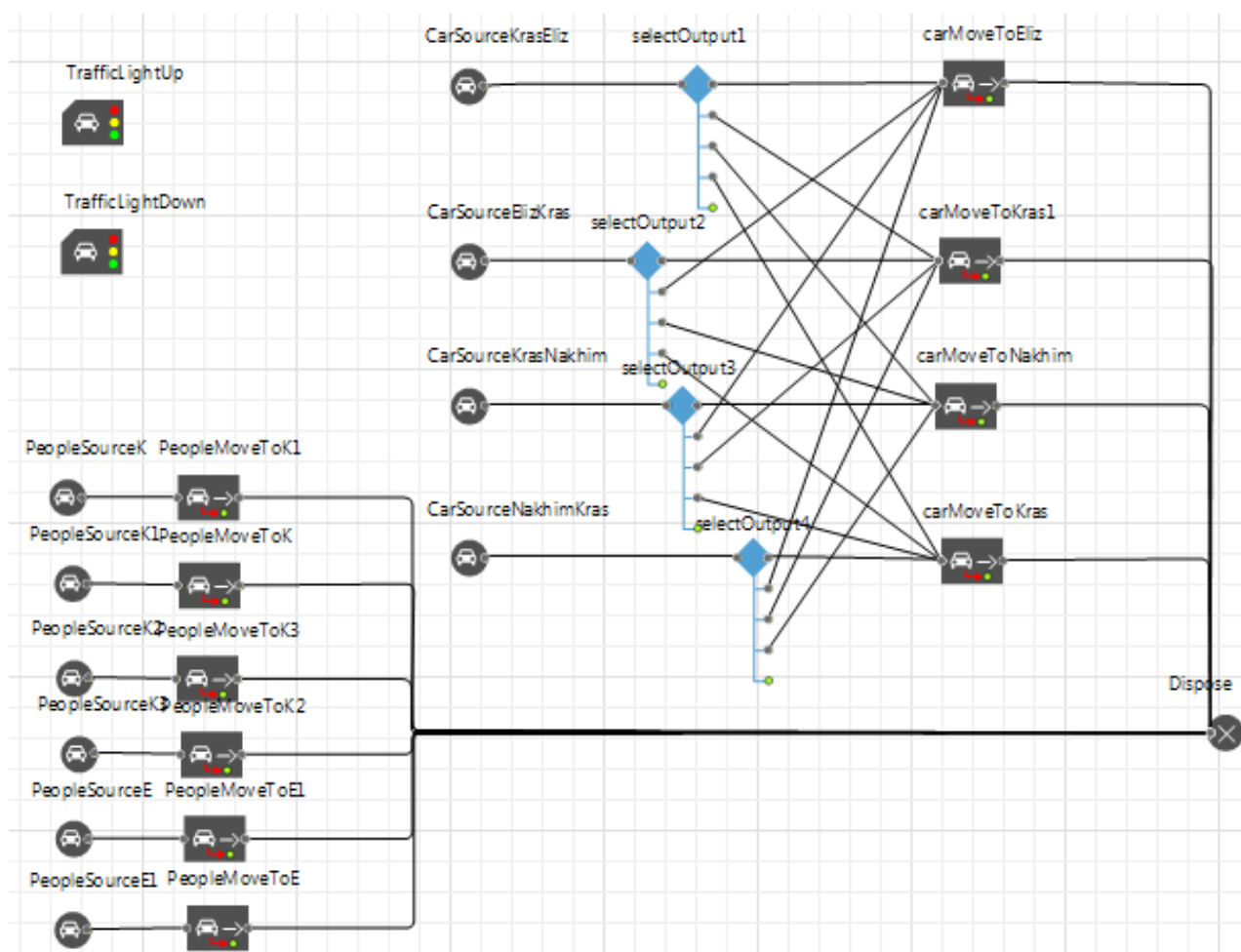


Рисунок 9 – Разработанная диаграмма процесса имитационной модели

Рассмотрим структуру разработанной модели. В модели находятся три агента: Main, Car и Peoples, а также эксперимент Simulation.

Агент – это элемент модели, который может иметь поведение.

С помощью эксперимента задаются настройки модели. Он запускает модель с заданными значениями параметров, поддерживает анимацию и отладку модели.

На рисунке 10 представлено дерево разработанной модели, на котором можно увидеть основные элементы модели.

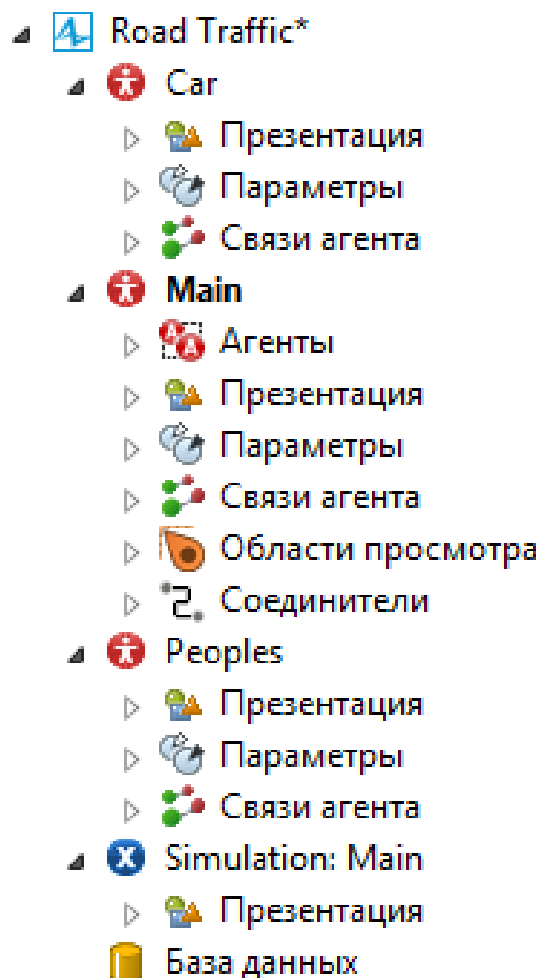


Рисунок 10 – Общее дерево разработанной модели

В Main задается вся логика модели. Здесь находится изображение участка карты GoogleMaps, на котором построена модель для более наглядного представления, вся развязка рассматриваемого участка: дороги и пешеходные переходы, а так же элементы диаграммы процесса.

На рисунке 11 представлено развернутое дерево агента Main.

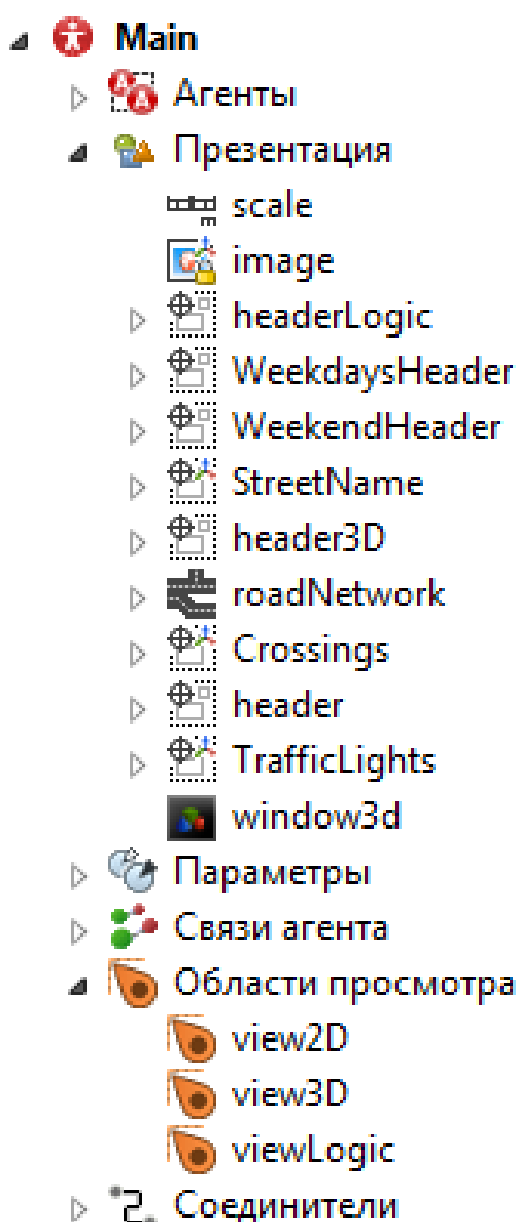


Рисунок 11 – Развернутое дерево объекта Main

Объекты Car и Peoples отвечают за отображение людей и машин на анимации модели. А Simulation позволяет визуализировать модель с помощью анимации.

На рисунке 12 представлено развернутое дерево данных элементов.

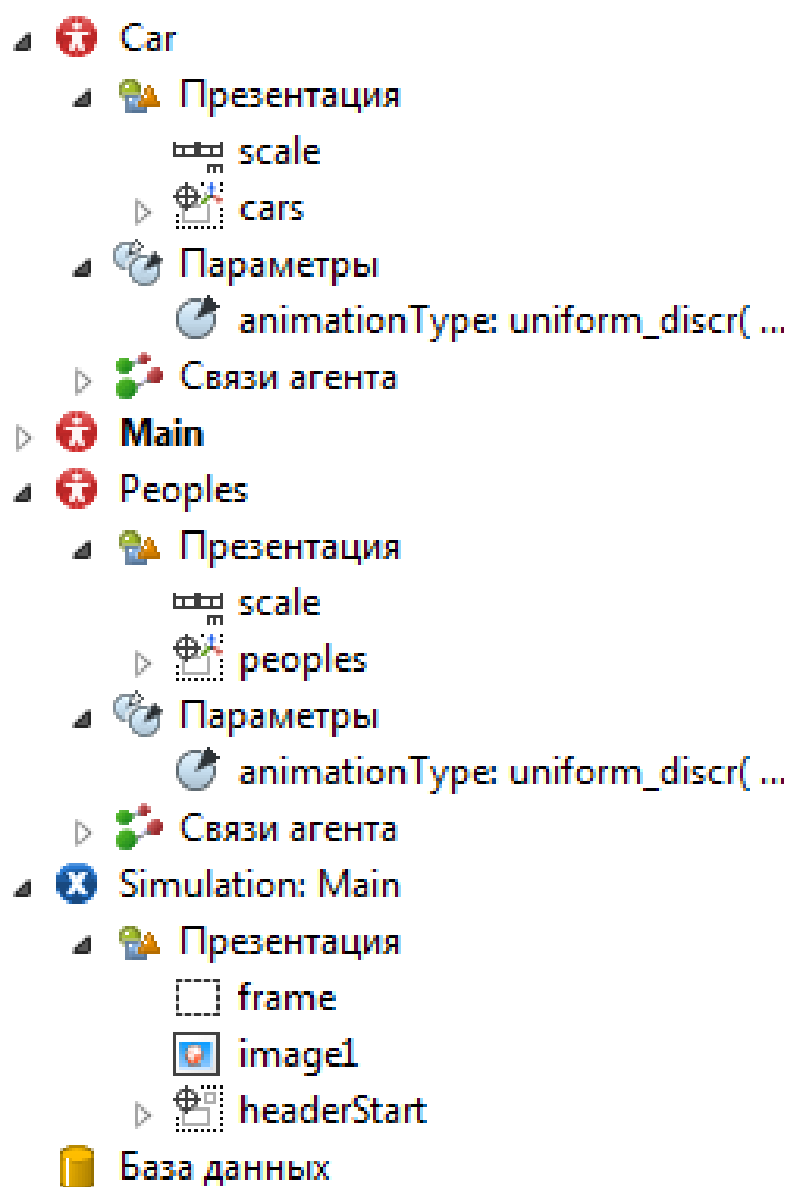


Рисунок 12 – Развернутое дерево элементов Car, Peoples и Simulation

На рисунке 13 представлена разработанная модель в формате 3D.



Рисунок 13 – Разработанная имитационная модель в формате 3D

Разработанная модель позволяет проводить различные эксперименты по поиску наилучшего варианта настройки регулируемых параметров выбранного участка улично-дорожной сети.

2.5 Испытание модели

В ходе испытания, над моделью было проведено несколько экспериментов по настройке регулируемых параметров. Поскольку на реальном участке улично-дорожной сети невозможно регулировать количество транспортных средств и пешеходов, были проведены эксперименты со светофорами и пешеходными переходами.

Результаты испытаний приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Испытания модели

Испытание	Результат	Причина испытания
Добавление нерегулируемого пешеходного перехода на ул. Нахимова	Транспорт незначительно задерживается на данном участке, пропуская пешеходов	В процессе сбора статистической информации было обнаружено, что некоторым пешеходам необходимо переходить дорогу в данном месте, но из-за отсутствия пешеходного перехода им приходится проходить большое расстояние. Так как пешеходов на данном участке было замечено не много, то было решено добавить нерегулируемый пешеходный переход
Добавление светофора на нерегулируемом пешеходном переходе на ул. Елизаровых	Образуются задержки транспорта на время работы красного сигнала светофора	На данном участке пешеходы проходят часто, поэтому было решено добавить светофор для удобства и безопасности пешеходов
Увеличение зеленого светофорного цикла для пешеходов на переходе по направлениям 2, 3 (из таблицы 2)	Образуются пробки с обеих сторон от пешеходного перехода	На данном участке проходит большое количество пешеходов, поэтому было решено увеличить зеленый цикл светофора
Увеличение зеленого светофорного цикла для пешеходов на переходе по направлениям 6, 7 (из таблицы 2)	Образуются пробки с обеих сторон от пешеходного перехода	На данном участке зеленый сигнал работает не долго, поэтому было решено увеличить время

По результатам экспериментов можно сделать вывод о том, что положительно на модели сказалось первое испытание, которое можно рассмотреть для изменения в реальной системе. Остальные эксперименты ведут к ухудшению транспортной ситуации на данном перекрестке. На ул. Елизаровых пешеходов проходит мало, и нет необходимости устанавливать светофор. На переходе по направлениям 2, 3 проезжает большое количество транспорта, поэтому светофор приводит к снижению пропускной способности и образованию пробок. А на переходе по направлениям 6, 7 пешеходы проходят редко, поэтому нет необходимости увеличивать зеленый светофорный цикл.

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является определение оценки коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основной целью данной выпускной квалификационной работы является разработка имитационной модели участка транспортной сети – Транспортного кольца 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 так же Управление ГИБДД УМВД России по Томской области.

3.1.2 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. Существуют имитационные модели перекрестка г. Астрахани, г. Хабаровска и др.

Для оценки конкурентоспособности перечисленных выше моделей – разрабатываемая модель (Ф), модель перекрестка г. Хабаровска (K1) и модель перекрестка г. Астрахани (K2), был проведен анализ конкурентных технических решений с использованием оценочных карт, результаты которого представлены в таблице А.1 приложения А.

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

3.1.3 Технология QuaD

Для измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект была применена технология QuaD, результат представлен в таблице А.2 приложения А.

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

3.1.4 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды разработки был проведен SWOT-анализ, результат которого представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT

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

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.

На втором этапе проведения SWOT-анализа проводится составление интерактивных матриц проекта, в которых производится анализ соответствия параметров SWOT каждого с каждым. Соотношения параметров представлены в таблицах 15-18.

Таблица 15 – Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта						
Направления развития		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	-	-

Таблица 16 – Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

Сдерживающие факторы		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	+	+

Таблица 17 – Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта						
Угрозы развития		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	+	+	-	-
	У3	-	-	-	-	+

Таблица 18 – Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз

Уязвимости		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	+
	У2	-	+	-
	У3	-	-	-

3.1.5 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения альтернативных путей проведения научных исследований и вариантов реализации технической задачи используется морфологический подход. Морфологическая матрица для составляющих реализации рассматриваемого проекта представлена в таблице 8.

Таблица 19 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Инструмент моделирования	AnyLogic	Arena	GPSS
Б. Поддержка агентного и дискретно-событийного моделирования	Дискретно-событийное, агентное	Дискретно-событийное	-
В. Специализированный язык	Java	-	GPSS
Г. Возможности ГИС	+	-	-
Д. Трёхмерные возможности	+	-	-

Из полученной морфологической матрицы, можно получить как минимум 3 варианта реализации и направления научных исследований при работе над проектом:

- исполнение 1. А1Б1В1Г1Д1;
- исполнение 2. А2Б2В2Г3Д3;
- исполнение 3. А3Б3В3Г2Д2.

В дальнейших расчетах именно эти варианты работы над проектом будут рассматриваться в качестве различных исполнений реализации разработки.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 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 20.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	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
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Выпускник
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Выпускник
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Выпускник
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Выпускник
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Выбор участка транспортной сети (перекрестка) и параметров его регулирования	Выпускник
	12	Расчет параметров регулирования транспортной сети (перекрестка)	Выпускник
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	13	Разработка имитационной модели участка транспортной сети (перекрестка)	Выпускник
	14	Проведение экспериментов	Выпускник
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	15	Составление пояснительной записки	Выпускник
	16	Внедрение проекта	Руководитель

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости выполнения работ необходимо на основе экспертной оценки ожидаемой трудоемкости выполнения каждой работы рассчитать длительность работ в рабочих и календарных днях для каждого из вариантов исполнения работ последующим формулам:

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

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость, чел.-дн.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Это необходимо для дальнейшего расчета заработной платы.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

Где T_{p_i} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, отвечающих одновременно за одну и ту же работу, человек.

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

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

В расчетах учитывается, что календарных дней в 2016 году 366, а сумма выходных и праздничных дней составляет 119 дней. Все рассчитанные значения представлены в таблице А.3 приложения А.

Для наглядного отображения графика и распределения работ между участниками проекта использована диаграмма Ганта. Диаграмма Ганта представляет собой ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующиеся датами начала и окончания выполнения того или иного этапа работ.

Диаграмма представлена в таблице А.4 приложения А.

3.2.3 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.

3.2.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

1. приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
2. покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
3. покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
4. сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента k_T , отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Результаты расчета материальных затрат представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), 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	8900	7600	5400	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.

3.2.3.2 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:

$$З_{ам} = \frac{(Ц_i \cdot H_a)}{100\%}, \quad (6)$$

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

$Ц_i$ – цена (балансовая стоимость) i -го оборудования;

H_a – норма амортизационных отчислений (%).

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

$$H_a = \frac{1}{T_{н.и.}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

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

Полученные расчеты представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Цена единицы оборудования, 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.

3.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}, \quad (9)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года (для научного руководителя – 11,2 месяца, для студента – 10,4 месяцев);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн (для научного руководителя – 199 раб. дн., для студента – 186 раб. дн.).

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (10)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Полученные расчеты представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнители по категориям	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, чел.-дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	14584,32	820,83	8	16	20	6566,64	13133,28	16416,6
Выпускник	6393,27	357,47	58	83	100	20733,26	29670,01	35747
Итого						27299,9	42803,29	52163,6

3.2.3.4 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 так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при совмещении работы с учебой, при предоставлении ежегодно оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

Полученные расчеты представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			$k_{\text{доп.}}$	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	6566,64	13133,28	16416,6	0,15	985	1970	2462,49
Разработчик	20733,26	29670,01	35747	0,15	3110	4450,5	5362,05
Итого					4095	6420,5	7824,54

3.2.3.5 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.

Величина отчислений определяется по формуле:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены таблице 25.

Таблица 25 – 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	6566,64	13133,28	16416,6	985	1970	2462,49
Разработчик	20733,26	29670,01	35747	3110	4450,5	5362,05
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,27					
Итого						
Исполнение 1	8476,62					
Исполнение 2	13290,42					
Исполнение 3	16196,8					

3.2.4 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:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, можно взять в размере 16%.

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп.1}} = (54916,61 \div 7) \cdot 0,16 = 1255,24 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп.2}} = (76638,45 \div 7) \cdot 0,16 = 1751,74 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп.3}} = (89514,25 \div 7) \cdot 0,16 = 2046,04 \text{ руб.}$$

3.2.5 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 таблице 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НТИ	10680	9120	6480
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4365,09	5004,24	6849,31
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	27299,9	42803,29	52163,6
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4095	6420,5	7824,54
Отчисления во внебюджетные фонды	8476,62	13290,42	16196,8
Накладные расходы	1255,24	1751,74	2046,04
Бюджет затрат НТИ	56171,85	78390,19	91560,29

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что самый большой бюджет требуется для реализации третьего варианта. Самый минимальный бюджет необходим, чтобы реализовать первый вариант.

3.3 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.

Наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{56171,85}{91560,29} = 0,61;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{78390,19}{91560,29} = 0,86;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{91569,29}{91560,29} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле:

$$I_p^i = \sum_i^n a_i b_i, \quad (15)$$

где I_p^i – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Бальная оценка каждого варианта исполнения по техническим критериям, учитывающая также и конкурентные технические решения, рассмотренные ранее, представлена в таблице 27.

Таблица 27– Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект иссл. /Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Повышение производительности труда пользователя	0,04	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,04	5	5	4
3. Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
4. Энергоэкономичность	0,07	5	4	4
5. Надежность	0,08	4	4	3
6. Уровень шума	0,05	5	4	5
7. Безопасность	0,07	5	5	5
8. Потребность в ресурсах памяти	0,03	4	5	5
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	5	5	4
10. Простота эксплуатации	0,04	4	5	5
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	5	5	4
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	4	5	5
13. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	5	5
14. Уровень проникновения на рынок	0,04	3	5	4
15. Цена	0,07	5	3	4
16. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4
17. Послепродажное обслуживание	0,03	4	5	4
18. Финансирование научной разработки	0,07	4	5	4
19. Срок выхода на рынок	0,03	5	5	3
20. Наличие сертификации разработки	0,04	3	4	4
Итого	1			

Исходя из данных таблицы 27, рассчитываются интегральные показатели ресурсоэффективности:

$$I_p^1 = 4,74;$$

$$I_p^2 = 4,57;$$

$$I_p^3 = 4,22.$$

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

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

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{финр}^i}. \quad (16)$$

$$I^1 = \frac{I_p^1}{I_{финр}^1} = \frac{4,74}{0,61} = 7,77;$$

$$I^2 = \frac{I_p^2}{I_{финр}^2} = \frac{4,57}{0,86} = 5,31;$$

$$I^3 = \frac{I_p^3}{I_{финр}^3} = \frac{4,22}{1} = 4,22.$$

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

$$\mathcal{E}_{cp}^i = \frac{I^i}{I^{i+1}}. \quad (17)$$

$$\mathcal{E}_{cp}^1 = \frac{I^1}{I^2} = \frac{7,77}{5,31} = 1,46;$$

$$\mathfrak{O}_{cp}^2 = \frac{I^2}{I^3} = \frac{5,31}{4,22} = 1,26;$$

$$\mathfrak{O}_{cp}^3 = \frac{I^3}{I^1} = \frac{4,22}{7,77} = 0,54.$$

Сравнительная эффективность проекта представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,61	0,86	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,74	4,57	4,22
3	Интегральный показатель эффективности	7,77	5,31	4,22
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,46	1,26	0,54

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что исполнение 1 является наиболее эффективным вариантом для разработки с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Обеспечение производственной и экологической безопасности является необходимым условием реализации любых проектов, в том числе конструкторских и исследовательских. Обеспечение безопасности, в общем, предполагает создание безопасных и благоприятных рабочих условий для всех лиц, задействованных в работах, предусмотренных проектом, а также условий, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды.

Первичным этапом в задаче обеспечения безопасности труда является выявление возможных причин потенциальных несчастных случаев, производственных травм, профессиональных заболеваний, аварий и пожаров. Дальнейшими этапами являются разработка мероприятий по устранению выявленных причин и их реализация. Потенциальные причины и риски, а также конкретный набор мероприятий по их устранению, определяются спецификой выполняемых работ и априорными условиями труда (в частности, видом и состоянием рабочих мест исполнителей).

В данной работе реализуется имитационная модель перекрестка с круговым движением. Основным исполнителем работы является программист. Объектом для исследования работы является перекресток с круговым движением на примере Транспортного кольца г. Томска.

На рабочем месте возможно возникновение вредных факторов, таких как: недостаточная освещенность рабочего места, повышенный уровень шума, повышенная либо пониженная температура воздуха.

Также на данном рабочем месте могут проявляться опасные факторы среды, например, поражение электрическим током. Возможной чрезвычайной ситуацией на рабочем месте является возникновение пожара.

4.1 Производственная безопасность

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием различных опасных и вредных производственных факторов, оказывающих негативное влияние на работников. Под вредными факторами, понимают такие факторы трудового процесса и рабочей среды, которые характеризуются потенциальной опасностью для здоровья, в частности способствуют развитию каких-либо заболеваний, приводят к повышенной утомляемости и снижению работоспособности. При этом, вредные факторы проявляются при определенных условиях таких как интенсивность и длительность воздействия. Опасные производственные факторы способны моментально оказать влияние на здоровье работника: привести к травмам, ожогам или к резкому ухудшению здоровья работников в результате отравления или облучения.

4.1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды

Выявленные опасные и вредные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения приведены в таблице 29.

Таблица 29 - Опасные и вредные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Процесс реализации информационной системы	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2. Превышение уровней ЭМП; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Возникновение пожара; 2. Электрический ток	Требования кэлектронно-вычислительным машинам иорганизации работы устанавливаются СанПиН 2.2.2.542-96[7].

Далее представлен анализ выявленных факторов среды.

4.1.2 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Одним из необходимых благоприятных условий труда является обеспечение в помещениях нормальных метеорологических условий, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека. Метеорологические условия в производственных помещениях (микроклимат), зависят от ряда особенностей технологического процесса, а также внешних условий. [8] Влияние температуры окружающего воздуха на человеческий организм связано в первую очередь с сужением или расширением кровеносных сосудов кожи. Под действием низких температур воздуха кровеносные сосуды кожи сужаются, в результате чего замедляется поток крови к поверхности тела и снижается теплоотдача от поверхности тела за счет конвекции и излучения. При высоких температурах окружающего воздуха, за счет расширения кровеносных сосудов кожи и увеличения притока крови существенно увеличивается теплоотдача в окружающую среду.

Постоянное отклонение от нормальных параметров микроклимата приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям: при перегреве – к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях – возникновению теплового удара. При переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

Для исключения перечисленных выше негативных последствий необходимо правильно выбирать параметры микроклимата в производственных помещениях.

Для безопасной работы необходимо соблюдать показатели микроклимата. В таблице 30 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений по СанПиН

2.2.4.548-96. Работа программиста относится к категории 1а, потому что уровень энергозатрат до 139 Вт.

Таблица 30 - Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а	20 - 25	15 - 75	0,1
Теплый	1а	21 - 28	15 - 75	0,1

Оптимальные значения параметров для работы с ПК, установленные санитарными нормами, приведены в таблице 31.

Таблица 31 - Оптимальные значения показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	19-26	10-80	0,1
Теплый	23-25	20-29	10-80	0,1

4.1.3 Превышение уровней ЭМП

Мониторы являются источниками интенсивных электромагнитных полей. Электромагнитные поля могут вызывать изменения в клетках.

Длительное воздействие низких частот ЭВМ вызывает нарушения сердечнососудистой и центральной нервной системы, небольшие изменения в составе крови. Возможно возникновение катаракты глаз, злокачественных опухолей при интенсивном длительном воздействии.

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей:

- Напряженность электрического поля: 25 В/м (в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц), 2,5 В/м (в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц);
- Плотность магнитного потока: 250 нТл (в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц), 25 нТл (в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц);
- Напряженность электростатического поля 15 кВ/м. [9]

4.1.4Повышенный 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.

По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА. [10]

Шум может приводить к возникновениюусталости, раздражительности, утомляемости.

Необходимо заменять составляющиекомпьютера, которые создают шумы на рабочем месте. Также необходимо совершать перерывы в работе за компьютером.

4.1.5Недостаточная 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.

Освещение должно включать в себя как естественное, так и искусственное. Для источников искусственного освещения применяют люминесцентные лампы типа ЛБ.

Минимальный размер объект различия входит в диапазон 0,5 до 1,0, следовательно, работа относится к разряду IV. Подразряд Г, т.к. контраст объектов различия с фоном большой, сам фон светлый. В соответствии с СП 52.13330.2011 норма освещенности в кабинете должна быть $E_n = 200$ лк. [11]

Пульсация при работе с компьютером не должна превышать 5%.

Увлечение коэффициента пульсации освещенности снижает зрительную работоспособность, повышает утомляемость, воздействует на нервные элементы коры головного мозга и фоторецепторные элементы сетчатки глаз.

Для снижения пульсации необходимо использовать светильники, в которых лампы работают от переменного тока частотой 400 Гц и выше.

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.

4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

4.2.1 Возникновение 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.

На организм человека может повлиять следующим образом: отравление угарным газом, получение ожогов различной степени, летальный исход.

Необходимо соблюдать меры пожарной безопасности, а именно:

- не оставлять без присмотра включенные в электросеть 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.

4.2.2 Электрический ток

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 электрическое замыкание в приборах, которые находятся рядом с компьютером, на рабочем месте. Например, настольная лампа. [12]

На организм человека может повлиять следующим образом: поражение электрическим током, получение ожогов.

Необходимо следить за состоянием проводов на рабочем месте.

Одним из выявленным опасных факторов является поражение электрическим током, так как напряжение считается безопасным при $U < 42 \text{ В}$, а вычислительная техника питается от сети 220 В 50 Гц. Ток является опасным, так как 20 – 100 Гц – ток наиболее опасен. Поэтому результатом воздействия на организм человека электрического тока могут быть электрические травмы, электрические удары, и даже смерть [ГОСТ Р 12.1.009-2009].

Виды электротравм: местные электротравмы, к ним относятся: электрический ожог, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения). Особую опасность представляют электрические травмы, которые выглядят в виде ожогов.

Чтобы защититься от поражения током, необходимо:

- обеспечить недоступность токоведущих частей от случайных прикосновений;

- электрическое разделение цепи;

- устранять опасности поражения при проявлении напряжения на разных частях;

При работе с компьютером прикосновения к его элементам могут возникнуть токи статического электричества, которые в свою очередь имеют свойство притягивать пыль и мелкие частицы к экрану. Пыль на экране ухудшает видимость, а при подвижности воздуха может попасть на кожу лица и в легкие, что вызывает заболевание кожи и дыхательных путей.

Есть специальные шнуры питания с заземлением и экраны для снятия статического электричества, это поможет защититься от статического электричества, а также необходимо проводить регулярную влажную уборку рабочего помещения.

По электробезопасности рабочее место относится к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность. К ним относятся жилые помещения, лаборатории, конструкторские бюро, заводоуправление, конторские помещения и другие.

Степень воздействия зависит от продолжительности работы и индивидуальных особенностей организма.

Для снижения уровня воздействия, необходимо:

- экранирование экрана монитора;

- соблюдать оптимально расстояние от экрана;

- рационально размещать оборудование (если имеется несколько компьютеров, то расстояние между боковыми и задними стенками компьютеров должно быть 1,22 м);

- организовывать перерывы 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы [СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03].

4.3 Экологическая безопасность

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

4.4 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 избегать 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:

- Защищенность 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.

Методы противодействия пожара 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.

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.

При ликвидации чрезвычайной ситуации первым шагом является определение границ чрезвычайной ситуации, это позволит определить площадь поражения, оценить потери, оценить необходимые средства для устранения последствий.

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.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.5.1 Правовые нормы трудового законодательства

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.

4.5.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

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

Светопроемы должны быть ориентированы преимущественно на север и северо-восток.

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. [13]

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».

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 32:

Таблица 32 - 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление движением автомобильного транспорта с помощью имитационного моделирования является эффективным, позволяющее без экспериментов на реальном участке улично-дорожной сети принимать оптимальные решения по настройке регулируемых параметров транспортной сети. В качестве доказательства этого была разработана имитационная модель Транспортного кольца города Томска, максимально приближенная к реальности.

Модель была реализована с применением инструментальных средств дискретно-событийного и агентного моделирования в среде AnyLogic. Моделирование проводилось с использованием встроенной в AnyLogic дорожной библиотеки.

Одной из основных сложностей на пути реализации модели является трудоемкость сбора данных о транспортных потоках и скоростях движения на каждом участке сети. Но эта проблема может быть решена с помощью использования детекторов транспорта.

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.

Результаты проведения экспериментов показали, что регулирование рассмотренного перекрестка является, в целом, эффективным, с незначительными недочетами, которые можно исправить для улучшения транспортной ситуации.

Статья по данной работе была представлена в этом году на III Международной научной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине» и опубликована в сборнике РИНЦ.

CONCLUSION

Motion control of road transport using simulation is effective, allows making optimal decisions for setting regulated transport network parameters without experimentation on a real site of the road network. As evidence of this, simulation model of Transport ring of the city of Tomsk was developed as close as possible to reality.

The model has been implemented with the use of tools discrete event and agent modeling in AnyLogic environment. The simulation was performed using the built-in AnyLogic road library.

One of the major impediments to the implementation of the model is the complexity of collecting data on traffic flows and speeds on each network segment. This problem can be solved by use of traffic detectors.

The model can be further expanded by the addition of other network segments. This will allow the transport situation analysis, identify problem areas and take decisions on their elimination.

The results of the experiments have shown that the regulation of examined crossroads, on the whole, efficient, with minor deficiencies that can be corrected to improve the transport situation.

An article on this work was presented this year at the III International Scientific Conference "Information Technologies in science, administration, social services and medicine" and published in the collection of RSCI.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Транспортная система [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортная_система, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 17.04.2016г.
2. Дорожно-транспортный комплекс [Электронный ресурс]. URL: <http://www.transportall.ru/info/perevozki/291/2125.html>, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 6.05.2016г.
3. Автомобилизация в России [Электронный ресурс]. URL: http://knowledge.allbest.ru/transport/2c0a65635b2ad69a5c43a89421216c37_0.html, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 18.04.2016г.
4. Правила проезда перекрестков [Электронный ресурс]. URL: <http://pddmaster.ru/pdd/pravila-proezda-perekrestkov-chast-1-chto-takoe-perekrestok.html>, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 21.05.2016г.
5. 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.
6. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]. URL: <http://www.anylogic.ru/use-of-simulation>, свободный. – Яз. рус. Дата обращения: 30.04.2016г.
7. http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/5/5223/#i98551 - СанПиН 2.2.2.542-96«Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
8. http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_333.html - СанПиН 2.2.4.548-96«Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
9. <http://www.vrednost.ru/2241191-03.php> - СанПиН 2.2.4.1191-03«Электромагнитные поля в производственных условиях».

10. [http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39082/-](http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39082/) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
11. <http://dokipedia.ru/document/5147250> - СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».
12. СанПиН 2.2.2. 542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
13. СНиП 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
2. Удобство в эксплуатации	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
3. Помехоустойчивость	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
4. Энергоэкономичность	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
5. Надежность	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
6. Уровень шума	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
7. Безопасность	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
8. Потребность в ресурсах памяти	0,03	4	5	5	0,12	0,15	0,15
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
10. Простота эксплуатации	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	4	5	5	0,12	0,15	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	3	5	4	0,12	0,2	0,16
3. Цена	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
5. Послепродажное обслуживание	0,03	4	5	4	0,12	0,15	0,12
6. Финансирование научной разработки	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
7. Срок выхода на рынок	0,03	5	5	3	0,15	0,15	0,09
8. Наличие сертификации разработки	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16
Итого	1				4,74	4,57	4,22

Продолжение приложения А

Таблица А.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,04	70	100	0,7	0,028
2. Помехоустойчивость	0,04	90	100	0,9	0,036
3. Надежность	0,05	90	100	0,9	0,045
4. Унифицированность	0,07	70	100	0,7	0,049
5. Уровень материалоемкости разработки	0,08	90	100	0,9	0,072
6. Уровень шума	0,05	90	100	0,9	0,045
7. Безопасность	0,07	90	100	0,9	0,063
8. Потребность в ресурсах памяти	0,03	60	100	0,6	0,018
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	90	100	0,9	0,063
10. Простота эксплуатации	0,04	90	100	0,9	0,036
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	80	100	0,8	0,024
12. Ремонтопригодность	0,03	80	100	0,8	0,024
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,07	80	100	0,8	0,056
14. Уровень проникновения на рынок	0,04	70	100	0,7	0,028
15. Перспективность рынка	0,07	90	100	0,9	0,063
16. Цена	0,05	80	100	0,8	0,04
17. Послепродажное обслуживание	0,03	70	100	0,7	0,021
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,07	80	100	0,8	0,056
19. Срок выхода на рынок	0,03	50	100	0,5	0,015
20. Наличие сертификации разработки	0,04	50	100	0,5	0,02
Итого	1				0,802

Продолжение приложения А

Таблица А.3 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожг}$, чел-дни											
	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	1	1	1	1	4	6	1	2,2	3	1	1	1	1	2,2	3	1	3	4
Подбор и изучение материалов	4	4	4	4	7	9	4	5,2	6	1	1	1	4	5,2	6	6	8	9
Выбор направления исследования	1	1	1	1	4	6	1	2,2	3	1	1	1	1	2,2	3	1	3	4
Календарное планирование работ	1	1	1	1	4	6	1	2,2	3	1	1	1	1	2,2	3	1	3	4
Проведение теоретических расчетов и обоснований	2	2	2	2	5	7	2	3,2	4	1	1	1	2	3,2	4	3	5	6
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	1	1	1	1	4	6	1	2,2	3	1	1	1	1	2,2	3	1	3	4
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	2	2	2	5	7	2	3,2	4	1	1	1	2	3,2	4	3	5	6

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.3

Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	2	5	7	2	3,2	4	1	1	1	2	3,2	4	3	5	6
Определение целесообразности проведения ОКР	2	2	2	2	5	7	2	3,2	4	1	1	1	2	3,2	4	3	5	6
Выбор участка транспортной сети (перекрестка) и параметров его регулирования	5	5	5	5	10	15	5	7	9	1	1	1	5	7	9	7	10	13
Расчет параметров регулирования транспортной сети (перекрестка)	4	4	4	4	7	9	4	5,2	6	1	1	1	4	5,2	6	6	8	9
Разработка имитационной модели участка транспортной сети (перекрестка)	10	10	10	10	15	20	10	12	14	1	1	1	10	12	14	15	18	21
Проведение экспериментов	4	4	4	4	7	9	4	5,2	6	1	1	1	4	5,2	6	6	8	9
Составление пояснительной записки	5	5	5	5	10	15	5	7	9	1	1	1	5	7	9	7	10	13
Внедрение проекта	2	2	2	2	5	7	2	3,2	4	1	1	1	2	3,2	4	3	5	6
Итого													46	66,4	82	66	99	120

Продолжение приложения А

Таблица А.4 – Календарный план-график проведения

[illegible]

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.4

10	Выбор участка транспортной сети (перекрестка) и параметров его регулирования	Выпускник	10															
11	Расчет параметров регулирования транспортной сети (перекрестка)	Выпускник	8															
12	Разработка имитационной модели участка транспортной сети (перекрестка)	Выпускник	18															
13	Проведение экспериментов	Выпускник	8															
14	Составление пояснительной записки	Выпускник	10															
15	Внедрение проекта	Руководитель	5															

 – Научный руководитель

 – Студент