

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

Институт кибернетики
Направление подготовки – информационные системы и технологии
Кафедра информационных систем и технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Разработка и оптимизация модели системы управления транспортными потоками в городе	

УДК 656.1–047.58–048.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кацман Ю.Я.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Данков А.Г.	к.и.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Акулов П.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Мальчуков А.Н.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общепрофессиональные компетенции	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
Профессиональные компетенции	
P5	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии проектирования геоинформационных систем (ГИС) или промышленного программного обеспечения.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания интеллектуальных ГИС и ГИС технологии или промышленного программного обеспечения с использованием методов системной инженерии.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и сопровождения ГИС и ГИС технологий или промышленного программного обеспечения с использованием методов и средств системной инженерии, осуществлять подготовку и обучение персонала.
P8	Формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории

	и практики ГИС и ГИС технологий или системной инженерии программного обеспечения. Разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач. Организовывать взаимодействие коллективов, принимать управленческие решения, находить компромисс между различными требованиями как при долгосрочном, так и при краткосрочным планировании.
Общекультурные компетенции	
P9	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
P10	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения.
P11	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P12	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

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

Институт	–	Институт кибернетики
Кафедра	–	Информационных систем и технологий
Направление, профиль	–	Информационные системы и технологии, геоинформационные системы

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) Мальчуков А.Н.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна

Тема работы:

Разработка и оптимизация модели системы управления транспортными потоками в городе	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.02.2017 №986/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Теория систем массового обслуживания; Литература по проблемам организации транспортных сетей.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Изучение среды разработки MATLAB; Изучение пакета Simulink и библиотеки SinEvents; Изучение Правил дорожного движения; Изучение теории массового обслуживания.
Перечень графического материала	Структура задач теории массового обслуживания; Схемы пешеходных переходов; Структурные схемы моделей транспортных узлов; Блоки библиотеки SinEvents; Реализованные модели в SinEvents; Модели подсистем в SinEvents; Цикл работы светофора;

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Данков А.Г.
«Социальная ответственность»	Акулов П.А.
Разделы на иностранном языке	Морозов В.С. Мирошниченко Е.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Разработка в среде MATLAB.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИСТ	Кацман Ю.Я.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики

Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»

Уровень образования магистр

Кафедра информационных систем и технологий

Период выполнения весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

03.06.2017

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.10.2016 г.	Анализ предметной области	10
28.10.2016 г.	Проектирование модели	15
30.11.2016	Разработка и оптимизация модели	30
19.04.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
28.04.2017 г.	Социальная ответственность	10
15.05.2017 г.	Обязательное приложение на иностранном языке	10
01.06.2017 г.	Оформление пояснительной записки	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИСТ	Кацман Ю.Я.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Информационных систем и технологий	Мальчуков А.Н.	д.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 141 страницы текстового документа, 38 рисунков, 18 таблиц, 38 использованных источников, 4 приложения.

Ключевые слова: моделирование, транспортные потоки, транспортный узел, транспортная система, система светофорного регулирования.

Объектом исследования являются статистические данные и их анализ.

Цель работы – разработать модель системы управления транспортными потоками.

В процессе исследования использовалась теория систем массового обслуживания.

В результате исследования была создана модель простейших транспортных узлов, на основе которой была создана модель перекрестка со светофорным регулированием.

Модель может использоваться для оптимизации работы системы перекрестков: создание различных режимов работы светофоров в зависимости от загрузки перекрестка.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Транспортная система – комплекс различных видов транспорта, путей сообщения, транспортной инфраструктуры, находящихся во взаимодействии и взаимной зависимости в процессе осуществления перевозок.

УДС – улично-дорожная сеть – территория общего пользования, предназначенная для обеспечения движения транспортных средств и пешеходов, обеспечения транспортными и пешеходными связями территорий населённых пунктов.

ТС – Транспортная сеть – совокупность улиц, дорог, площадей, дорожных сооружений, пригодных по своему техническому состоянию для движения подвижного состава автомобильного транспорта.

Моделирование – замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом или другим объектом (моделью) и изучение свойств оригинала путем исследования свойств модели.

СМО – системы массового обслуживания – это модели систем, в которые в случайные моменты времени извне или изнутри поступают заявки (требования).

MATLAB (Matrix Laboratory) – пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноименный язык программирования, используемый в этом пакете.

Simulink – система имитационного блочного моделирования динамических систем, являющаяся подсистемой MATLAB.

SimEvents – это библиотека Simulink для моделирования систем с дискретными состояниями, использующая теорию очередей и систем массового обслуживания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	15
1.1 Постановка проблемы.....	15
1.1.1 Особенности построения программно-аппаратных комплексов управления транспортными потоками.....	15
1.1.2 Концепция построения подсистемы управления дорожным движением	16
1.1.3 Области применения моделей транспортной системы города	17
1.1.4 Инструменты моделирования транспортных систем.....	19
1.1.5 Актуальность	19
1.2 Теория массового обслуживания	20
1.2.1 Основные понятия и терминология теории массового обслуживания	20
1.2.2 Марковские случайные процессы	22
1.3 Среда MATLAB для реализации задачи.....	23
1.3.1 Среда Simulink для решения задач моделирования СМО	23
1.3.2 Библиотека SimEvents для решения задач моделирования СМО.....	24
1.4 Современные принципы управления транспортными потоками.....	24
1.5 Постановка задач.....	25
2. РАЗРАБОТКА В СРЕДЕ MATLAB	26
2.1 Моделирование простого узла транспортной сети	26
2.1.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания.	26
2.1.2. Разработка модели.	27
2.2 Моделирование работы пешеходного перехода на участке дороги с двусторонним движением.	35
2.2.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания	35
2.2.2 Разработка модели	36
2.2.3 Описание модификации модели.....	38

2.3 Моделирование работы простого Т-перекрестка с пешеходными переходами, пересекающие все направления	39
2.3.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания.	39
2.3.3 Описание модификации модели.....	42
2.3.4 Анализ результатов моделирования.	44
2.4 Моделирование работы Х-перекрестка с пешеходными переходами, пересекающие направления движения налево и направо.....	45
2.4.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания.	45
2.4.2 Реализация модели.....	46
2.4.3 Описание модификации модели.....	48
2.4.4 Анализ результатов моделирования.	51
2.5 Моделирование работы Х-перекрестка, учитывающее поступление автомобилей со всех направлений и пешеходные переходы, пересекающие все направления.....	54
2.5.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания	54
2.5.2 Описание модификации модели.....	56
2.5.3 Анализ результатов моделирования	58
2.6 Заключение	61
ГЛАВА 3. ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ	62
3.1. Разработка модели перекрестка со светофорным регулированием.	62
3.1.1 Фазы работы светофора	62
3.1.2 Разработка модели таймера светофора.....	62
3.1.3 Создание модели перекрестка.	63
3.1.4 Анализ результатов моделирования.	65
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	68
4.1 Организация и планирование работ	68
4.1.1 Продолжительность этапов работ	69
4.1.1 Расчет накопления готовности проекта.....	75

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	76
4.2.1 Расчет затрат на материалы	77
4.2.2 Расчет заработной платы.....	78
4.2.3 Расчет взноса в социальные фонды	79
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	80
4.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	81
4.2.6 Расчет расходов на услуги связи	82
4.2.7 Расчет прочих расходов	82
4.2.8 Расчет общей себестоимости разработки.....	82
4.2.9 Расчет прибыли	83
4.2.10 Расчет НДС	83
4.2.11 Цена разработки НИР	84
4.3 Оценка экономической эффективности проекта.....	84
4.3.1 Определение срока окупаемости	85
4.3.2 Оценка научно-технического уровня НИР.....	85
ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	90
5.1 Производственная безопасность на стадии разработки.....	90
5.1.1 Вредные производственные факторы	92
5.1.2 Опасные производственные факторы.....	98
5.2 Экологическая безопасность.....	104
5.2.1 Влияние объекта исследования на окружающую среду	104
5.2.2 Мероприятия по защите окружающей среды	104
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	105
5.3.1 Основные чрезвычайные ситуации в офисном помещении.....	106
5.3.2 Типичные чрезвычайные ситуации.....	106
5.3.3 Применение разработанного продукта для организации эвакуации в случае ЧС	108
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	108
5.4.1 Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ	108

5.4.2 Влияние реализации проекта на работу транспортных систем	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	114
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	115
ПРИЛОЖЕНИЕ А	120
1.1 Task statement based on queuing system theory.	121
1.2 Development of the model.	122
1.3 Analysis of simulation results.	128
2. SIMULATION THE WORK OF A PEDESTRIAN CROSSING ON A ROAD WITH TWO-WAY TRAFFIC SECTION.	129
2.1 The task statement based on queuing system theory.	129
2.2 Development of the model.	129
3 SIMULATION OF THE X-JUNCTION	132
3.1 The task statement based on queuing system theory.	132
3.2 Model development.	133
3.3 Description of the model.	133
3.4 Analysis of simulation results	136
Results	139
Приложение 1	140
Приложение 2	141
Приложение 3	142

ВВЕДЕНИЕ

В перечне критических технологий РФ безопасность движения и управление транспортом были выделены как приоритетные направления [1].

В последние десятилетия в крупных городах России исчерпаны или близки к исчерпанию возможности эксплуатации транспортных сетей без перегрузки, а также возможности их дальнейшего развития. Это обусловлено такими факторами, как рост уровня оснащенности населения автомобилями, физической и экономической невозможности расширения пропускной способности транспортных сетей.

Особую важность приобретает планирование улично-дорожных сетей (УДС), организация движения, оптимизация системы маршрутов общественного транспорта. Решение таких задач невозможно без моделирования транспортных сетей [2].

Действительная польза от моделирования может быть получена только при соблюдении двух условий [3]:

- Модель обеспечивает корректное отображение свойств оригинала, существенных с точки зрения исследуемой операции [3];
- Модель позволяет устранить проблемы, присущие проведению измерений на реальных объектах [3].

Математические модели, применяемые для анализа транспортных сетей, разнообразны по классу решаемых задач, поэтому невозможно дать конкретную исчерпывающую классификацию [4]. В работе внимание уделено имитационному моделированию в среде MATLAB (Simulink и SimEvents).

Имитационное моделирование отвечает на вопрос: как в деталях будет происходить движение, если известны в среднем размер потока, направление его движения и приоритет обслуживания.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Постановка проблемы

Как показывает мировой опыт, невозможно полностью ликвидировать заторы на дорогах. Тем не менее, закономерен вопрос: а какую нагрузку на самом деле несут так называемые «перегруженные» дороги? При анализе статистики оказывается, что фактическая интенсивность движения по УДС современных городов колеблется в достаточно широких пределах: от 300 до 1200 автомобилей на полосу за час, то есть, в ряде случаев, значительно ниже нормы. Поэтому неудивительно, что во многих крупных городах проблему удалось решить путем внедрения так называемых интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [5].

1.1.1 Особенности построения программно-аппаратных комплексов управления транспортными потоками

Концепция интеллектуальных транспортных систем применима как для управления транспортными потоками в городских условиях, так и для контроля над дорожной обстановкой на автомагистралях. Выделяют четыре главные задачи применения ИТС-технологий [6]:

1. Оптимизация градостроительных решений путем учета особенностей организации дорожного движения на стадиях технико-экономического обоснования (ТЭО);
2. Обеспечение максимальной пропускной способности существующей дорожно-уличной сети (УДС) города;
3. Приоритетное движение маршрутных транспортных средств и автомобилей служб экстренного реагирования;
4. Паркинги;
5. Снижение экологической нагрузки на город.

Разумеется, программно-методическое обеспечение ИТС во всех перечисленных областях подразумевает взаимодействие всех задач. Тем не менее, каждая такая система должна строиться и функционировать независимо, так как попытки построить всеохватывающие системы регулирования городского транспорта оканчиваются потерей управляемости из-за искажения приоритетов [6].

Например, для системы, контролирующей городской общественный транспорт, уместно оценивать скорость доставки по маршрутам и охват этих маршрутов в пределах города, а для системы организации движения – среднюю скорость и средний расход топлива на УДС. Очевидно, что эти показатели несопоставимы. Таким образом, если упомянутые службы будут объединены и представят городу единый, комплексный отчет, то высока вероятность, что пользователи не смогут обоснованно оценить качество работы каждой из них. Это приведет к неэффективности функционирования транспортной инфраструктуры и систем управления транспортом [6].

1.1.2 Концепция построения подсистемы управления дорожным движением

Задача автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД) сводится к улучшению, по отдельности или в совокупности, критериев качества работы УДС [6]:

- пропускной способности критических составляющих;
- средней скорости на главных направлениях;
- среднего расхода топлива.

Как показывает практика, механический перенос успешных приемов и качественного оборудования из одного города в другой приводит лишь к созданию дорогостоящих и малоэффективных методов, которые не дают возможности управлять ситуацией, а позволяют лишь наблюдать за ней [6].

Специфика накладывает некоторые ограничения на технологические приемы повышения показателей качества работы УДС. Таких приемов имеется шесть [6]:

- оптимизация режимов работы светофоров;
- организация городских скоростных дорог с регулируемым въездом/выездом;
- информирование участников движения о складывающейся транспортной ситуации;
- совершенствование систем реагирования на инциденты;
- оптимизация связей перекрестков;
- ограничение доступа автомобилям к критическим зонам (элементам) УДС, введение платного въезда на наиболее нагруженные городские магистрали.

Самым эффективным и наиболее сложно реализуемым из всех приемов является оптимизация режимов работы светофоров. Таким образом, необходимо создавать согласованно работающую светофорную сеть, характеристики которой будут удовлетворять следующим двум параметрам [7]:

- Во-первых, согласованная работа светофорных объектов должна быть организована с учетом особенностей пространственных связей и характеристик требований транспортных потоков.
- Во-вторых, режимы работы светофоров должны быть определены на основании достоверных статистических данных о параметрах транспортных потоков и оптимизированы, исходя из нагрузки на УДС.

1.1.3 Области применения моделей транспортной системы города

Существующие приемы анализа и обработки статистической информации позволяют выявлять закономерности и анализировать процессы

в сложных организационно-технических системах, к которым можно отнести и транспортно-дорожный комплекс [1]. Для этих целей создаются информационные системы, системы поддержки принятия решений, используются имитационное моделирование, статистический анализ и прогнозирование. Однако результаты таких исследований будут корректными только в случае, если информация, на основе которой проводится анализ, будет полной, хорошо структурированной и формализованной. В настоящее время неполная формализация процессов движения ТП стала причиной отставания результатов исследования от требований практики. Так как управление транспортными потоками относится к такой области, где проведение реальных экспериментов затруднительно или невозможно, во многих случаях имитационное моделирование становится единственным средством эффективного принятия решений в данной области [1].

Разработка имитационной модели улично-дорожной сети мегаполиса и эксперимент на модели включают в себя три этапа [1]:

1. Разработка имитационной модели маршрутной сети города;
2. Компьютерный эксперимент с моделью – выделение наиболее загруженных узлов;
3. На основе анализа результатов эксперимента вырабатываются рекомендации по перераспределению транспортных потоков.

Поскольку транспортная инфраструктура российских мегаполисов не соответствует современным стандартам и росту уровня автомобилизации, то создание такой модели просто необходимо для планирования транспортных сетей. В настоящее время в России есть достаточное количество молодых городов, которые проектировались с учетом возможного роста количества как индивидуального, так и пассажирского транспорта. Тем не менее даже эти меры (широкие проспекты, прямоугольная планировка, вынос трамвайных путей за пределы движения автотранспорта) не снимают

проблемы перегруженности автомобильных дорог, особенно в так называемые «часы пик» [1].

1.1.4 Инструменты моделирования транспортных систем

На сегодняшний день мировой рынок программных продуктов в области транспортного планирования (макро-моделирования) и организации дорожного движения (микро-моделирования) только начинает формироваться. Одной из первых и наиболее известной в прошлом программ, реализующих четырехшаговую процедуру прогнозирования загрузки транспортных сетей, была программа ЕММЕ/2. Аббревиатура ЕММЕ/2 расшифровывается как «Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium», что означает «Мультимодальное Равновесие» [8].

Впервые транспортные модели в ЕММЕ/2 созданы в Канаде и в Финляндии. ЕММЕ/2 была разработана как интерактивно-графическая гибкая среда моделирования для городского и регионального транспортного планирования. Успешным результатом построения мультимодальной транспортной модели для большого города служит модель, построенная для Монреаля (Канада). Именно для этого города был разработан и впервые применен программный комплекс ЕММЕ/2 [8].

Наиболее широко на Российском рынке представлены программные продукты компании PTV AG – ptv vision® VISUM и ptv vision® VISSIM. Программные продукты этой компании представляют единый программный комплекс, реализующий задачи макро- и микро-моделирования транспортных систем [8].

1.1.5 Актуальность

С каждым годом возрастает количество грузо- и пассажироперевозок, а так же растет уровень автомобилизации населения. Это приводит не только к нагрузке на транспортные сети, но и увеличивает количество дорожно-

транспортных происшествий, ухудшает экологическую ситуацию в городах. Вместе с этим растут требования к технической оснащенности автомобильных дорог, к их транспортно-эксплуатационным характеристикам и организации движения.

Принятие мер по оптимизации режимов работы светофоров и создания систем управления транспортными потоками должно снизить как нагрузку на УДС, так и топливные затраты. Наиболее простой и в то же время эффективный способ такой оптимизации – создание моделей транспортных узлов. Как известно, светофорный комплекс может «запоминать» до пяти режимов работы, однако на сегодняшний день в большинстве крупных городов России используется максимум два:

- Дневной режим, когда светофор попеременно пропускает ТС с одной или другой улицы, при этом одновременно пропуская пешеходов, имеющих преимущество.
- Ночной режим, когда мигает желтый сигнал и перекресток становится нерегулируемым, тогда в силу вступают знаки приоритета.

1.2 Теория массового обслуживания

1.2.1 Основные понятия и терминология теории массового обслуживания

Цель теории массового обслуживания – разработка математических методов для анализа процессов массового обслуживания и оценки качества функционирования обслуживающей системы. [9].

Предметом изучения теории массового обслуживания являются системы массового обслуживания (СМО) [10].

Цель теории массового обслуживания – установка рекомендаций по построению СМО, рациональной организации их работы и регулированию

потока заявок для обеспечения высокой эффективности функционирования СМО [10].

Для достижения этой цели ставятся задачи теории массового обслуживания, состоящие в установлении зависимостей эффективности функционирования СМО от ее организации (параметров): характера потока заявок, числа каналов и из производительности и правил работы СМО [9].

Все задачи массового обслуживания имеют схожую структуру, которую можно описать схемой на рис.1:

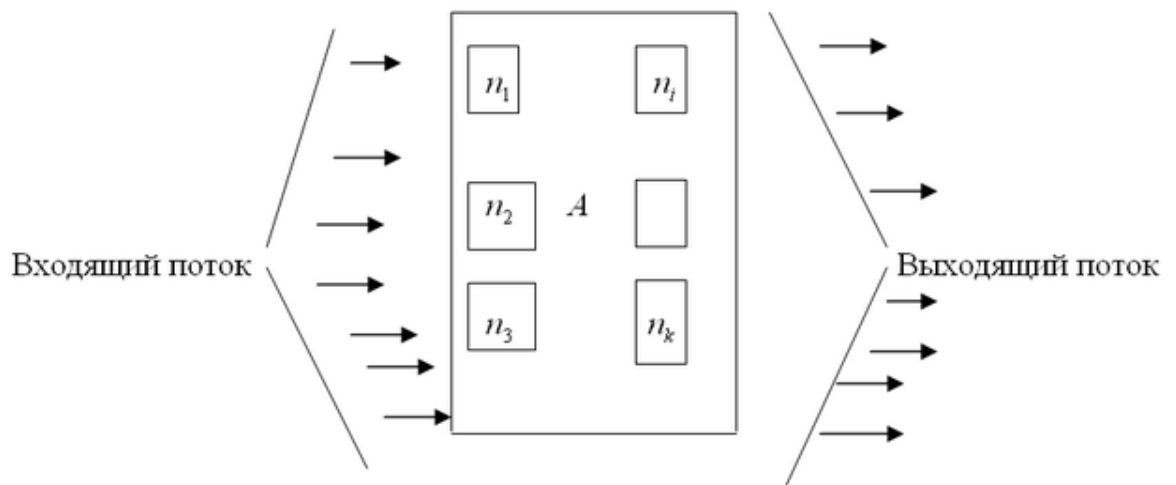


Рисунок 1 - структура задач теории массового обслуживания

Элементами такой структуры являются обслуживающие станции (аппараты, сервера, кассиры, терминалы, банкоматы и пр.), которые обслуживают поступающие требования (заявки), далее требования образуют временную последовательность событий, которая называется *поток требований*.

Поток требований, который ожидает обслуживание, называется входящим потоком, а поток требований, покидающий обслуживающую систему – выходящим потоком[10].

Есть несколько классификаций СМО. Первая классификация – по наличию очередей:

- С отказами (заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, покидает систему и больше не обслуживается);

- С очередью (заявка, пришедшая в момент, когда все каналы заняты, не уходит, а ожидает момента обслуживания).

В свою очередь СМО с очередями подразделяются на разные виды в зависимости от организации очереди (ограничена или не ограничена). Ограничения могут накладываться на длину очереди, время ожидания, дисциплину обслуживания.

Кроме этого СМО делятся на два типа:

- Открытые СМО (характеристика потока заявок не зависит от того, сколько каналов занято);
- Замкнутые СМО.

1.2.2 Марковские случайные процессы

Пусть имеется некоторая система S , состояние которой меняется с течением времени (под системой S может пониматься техническое устройство, производственный процесс, вычислительная машина, информационная сеть и т. д.). Если состояние системы S меняется во времени случайным, заранее непредсказуемым образом, говорят, что в системе протекает случайный процесс [11].

Случайный процесс, протекающий в системе S , называется марковским (или “процессом без последствия”), если он обладает следующим свойством: для каждого момента времени t_0 вероятность любого состояния системы в будущем (при $t > t_0$) зависит только от ее состояния в настоящем (при $t = t_0$) и не зависит от того, когда и каким образом система пришла в это состояние (т. е. как развивался процесс в прошлом). [11]

На практике встречаются ситуации, когда переходы системы из состояния в состояние происходят не в фиксированные, а в случайные моменты времени, которые заранее указать невозможно — переход может осуществиться в любой момент [11].

Для описания таких процессов может быть применена схема марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем. Такого типа процессы известны как непрерывные цепи Маркова. Непрерывной цепью Маркова (марковским процессом) называют процесс, для которого при $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots t_{n+1}$ выполняется:

$$P\{S(t_{n+1}) = S_{n+1} | S_{t_1} = S_1, \dots S_{t_n} = S_n\} = P\{S(t_{n+1}) = S_{n+1} | S_{t_n} = S_n\}$$

Здесь рассматривается ряд дискретных состояний: $S_1, S_2, \dots S_n$. Переход системы из состояния в состояние может происходить в случайный момент времени [11].

1.3 Среда MATLAB для реализации задачи

MATLAB – это высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов. С помощью MATLAB можно анализировать данные, разрабатывать алгоритмы, создавать модели и приложения. Одно из основных достоинств пакета состоит в том, что для работы пользователю достаточно знать о нем ровно столько, сколько требует решаемая задача. С точки зрения пользователя MATLAB представляет собой богатейшую библиотеку функций[12].

1.3.1 Среда Simulink для решения задач моделирования СМО

Simulink – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы. Интерактивная среда Simulink, позволяет использовать уже готовые библиотеки блоков для моделирования электросиловых, механических и гидравлических систем, а также применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств

реального времени. Дополнительные пакеты расширения Simulink позволяют решать весь спектр задач от разработки концепции модели до тестирования, проверки, генерации кода и аппаратной реализации. Simulink интегрирован в среду MATLAB, что позволяет использовать встроенные математические алгоритмы, мощные средства обработки данных и научную графику [13].

1.3.2 Библиотека SimEvents для решения задач моделирования СМО

SimEvents - это библиотека Simulink для моделирования систем с дискретными состояниями, использующая теорию очередей и систем массового обслуживания [15].

Позволяет создавать имитационные модели прохождения объекта через сети и очереди, обеспечивает моделирование систем зависящих не от времени, а от дискретных состояний. Позволяет анализировать такие характеристики производительности модели как интенсивность потока, потеря пакетов и т.п.[15].

Библиотеки готовых блоков, таких как очереди, серверы и переключатели позволяют изобразить систему в виде интерактивной блок-схемы [15].

1.4 Современные принципы управления транспортными потоками.

Ежегодное увеличение транспортной нагрузки на основные городские магистрали приводит к существенному снижению скорости движения транспортного потока и образованию заторов. Появление заторов, даже при наличии запаса пропускной способности, объясняются нечеткой работой системы светофорного регулирования, что ведет к увеличению длин очередей транспортных средств и увеличению времени обслуживания.

Приоритетными направлениями в области транспортного управления являются вопросы, посвященные управлению транспортными потоками на основных магистралях в условиях затора на транспортном узле.

В зарубежной практике, в условиях высокого уровня автомобилизации, особое внимание уделяется разработке новых принципов и норм управления магистральными улицами.

Под современной системой управления магистральными улицами понимается система менеджмента, представленная двумя направлениями:

1. Оптимизация режимов работы светофоров;
2. Управление доступом: одностороннее движение, запрет поворотов, платные дороги.

1.5 Постановка задач

Первым этапом разработки модели было разбиение на элементарные транспортные узлы (пешеходный переход, Т-перекресток, Х-перекресток) и моделирование их работы.

На втором этапе возникла необходимость добавления к узлам светофорного регулирования: моделировались транспортные узлы с различной нагрузкой и предлагались решения по оптимизации их режима работы.

2. РАЗРАБОТКА В СРЕДЕ MATLAB

2.1 Моделирование простого узла транспортной сети

Необходимо смоделировать работу пешеходного перехода одностороннего участка транспортной сети (рис.2), проанализировать загрузку сети, определить условия перегрузки сети.

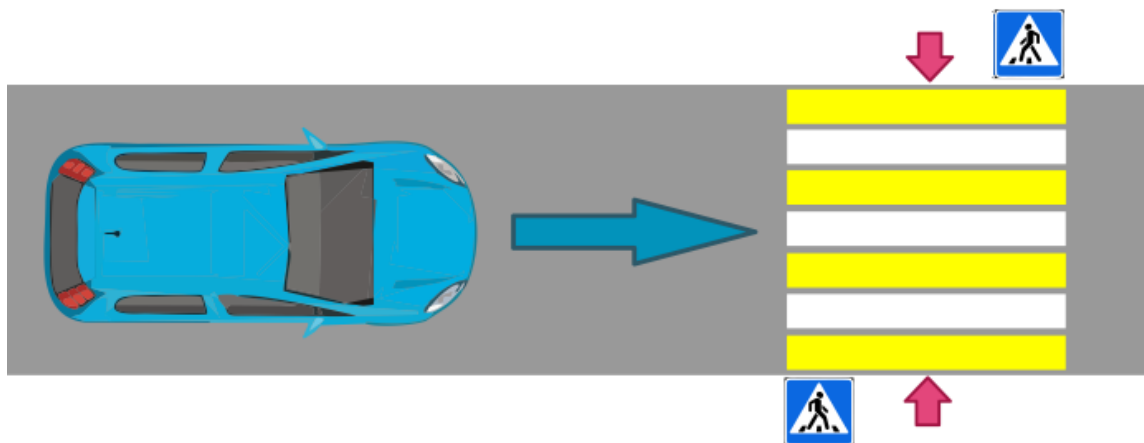


Рисунок 2 – пешеходный переход на одностороннем участке ТС

2.1.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания.

Заявки на обслуживание: автомобили и пешеходы

Узел обслуживания – пешеходный переход

Дисциплина обслуживания: Очередь с приоритетом.

Порядок поступления заявок на обслуживание: заявки на обслуживание от автомобилей поступают чаще, чем заявки на обслуживание от пешеходов.

Время обслуживания: время обслуживания переходом пешехода больше, чем время обслуживания автомобиля.

2.1.2. Разработка модели.

Полная модель рассматриваемого пешеходного перехода изображена на рис.3.



Рисунок 3 – Структурная схема модели

Разработанная модель пешеходного перехода в среде MATLAB изображена на рис.4.

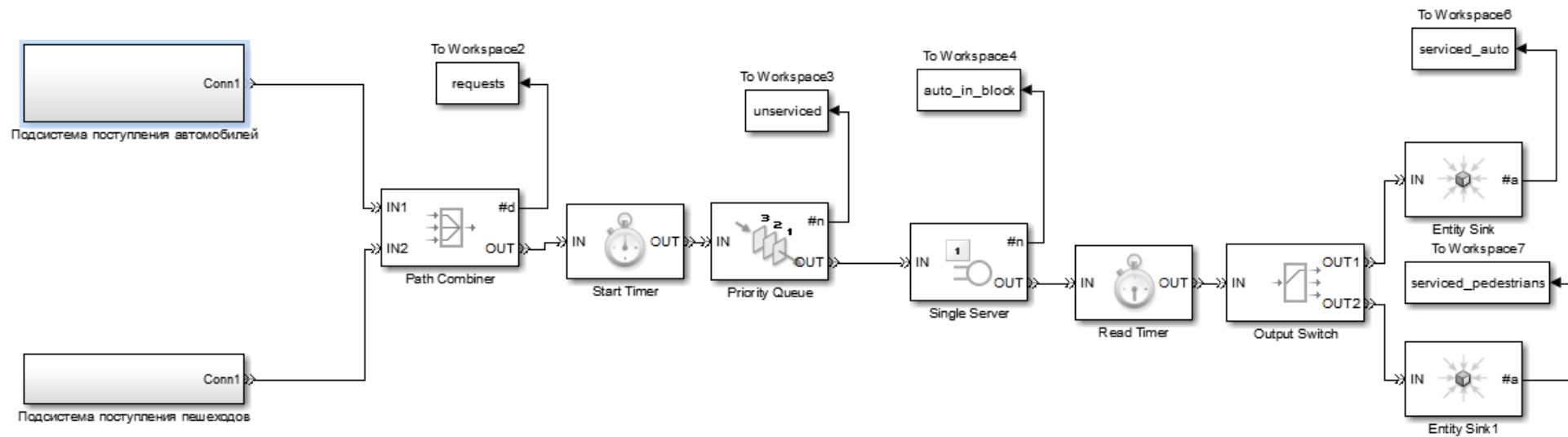


Рисунок 4 – Модель пешеходного перехода, реализованная в среде MATLAB

Рассмотрим подсистему формирования заявок (рис.5). В данной модели их две, различия заключаются лишь в параметрах (генерация интервала прихода заявки и генерация времени обслуживания), поэтому рассмотрим лишь блоки подсистемы, а к параметрам вернемся в разделе с анализами результатов.

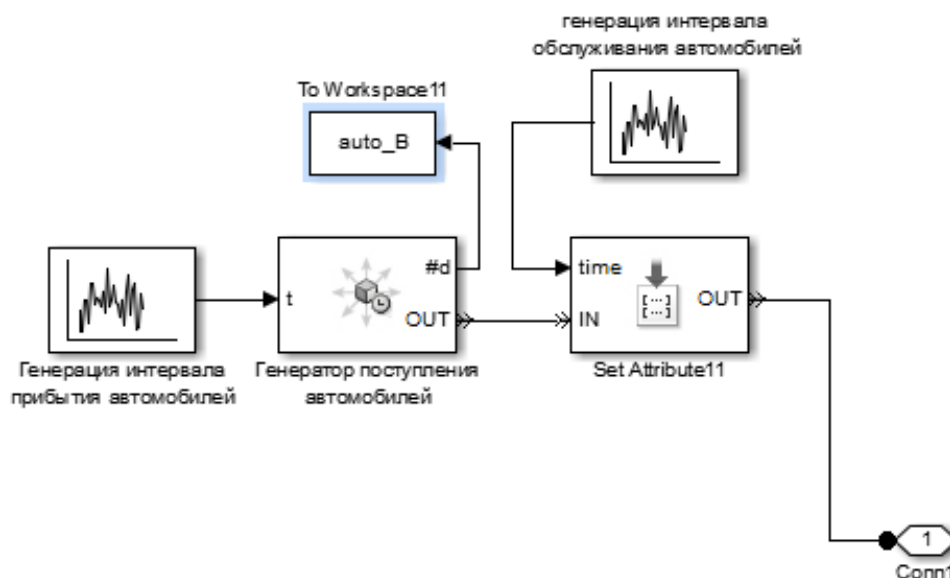
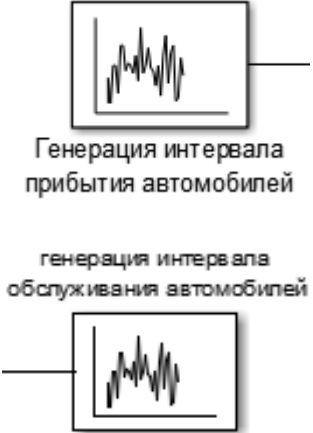
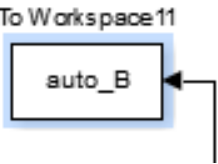
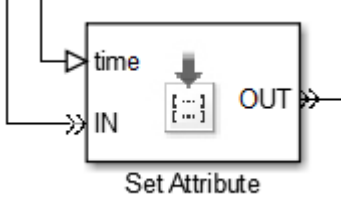


Рисунок 5 – подсистема формирования заявок

Таблица 1 - описание блоков подсистемы формирования заявок

 Генератор поступления автомобилей	Блок моделирует приход заявки в систему. Генерация времени прихода заявки исходит из интегрированного блока «Генерация интервала прибытия». Для визуального удобства моделирования, экспериментирования с различными параметрами были добавлены статистические блоки: блок текущего количества поступивших заявок.
--	---

	Блок «Event-Based Random Number» генерирует случайную величину (СВ), в нем задается тип распределения и параметры распределения СВ. Таких блоков в модели для каждой подсистемы поступления заявок два: первый генерирует интервал прихода заявок (автомобилей и пешеходов), а второй – время их обслуживания.
	Статистический блок: блок вывода результатов в рабочую область MATLAB
	Блок установки атрибутов. Этот блок в дальнейшем позволяет задавать заявкам приоритет. В нем хранится 2 атрибута: time и type. Атрибут time получает свое значение с блока генерации времени обслуживания, атрибутам type у обоих типов заявок присвоены константы: 1 и 2 соответственно для автомобиля и пешехода, это позволяет разделять заявки по их типу.

Блок «Path Combiner» (рис.6) объединяет все заявки в один поток и направляет в очередь. К нему так же присоединен статистический блок, который отображает общее количество заявок, поступивших в систему. В дальнейшем блок даст возможность анализа работы модели.

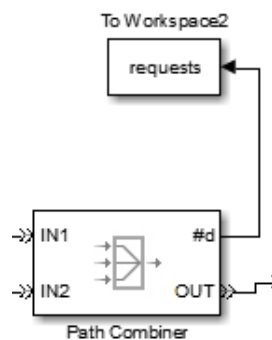


Рисунок 6 – блок "Path Combiner"

Блок «Start timer» (рис.7) фиксирует начальный момент поступления заявки на сервер обслуживания.



Рисунок 7 – Блок «Start timer»

Блок «Priority Queue» (рис.8) выстраивает заявки в очередь в соответствии с атрибутом type.

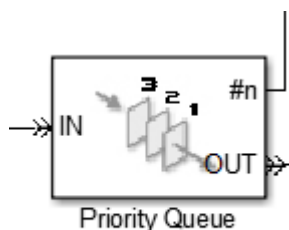


Рисунок 8 - блок "Priority Queue"

Отдельное внимание стоит уделить параметрам блока «Priority Queue» (рис. 9): атрибут, по которому сортируется порядок обслуживания – type, а порядок сортировки – нисходящий (descending), это объясняется тем, что значение атрибута type у пешехода и автомобиля 2 и 1 соответственно, а так как пешеход имеет больший приоритет, то и на обслуживание он будет поступать первым.

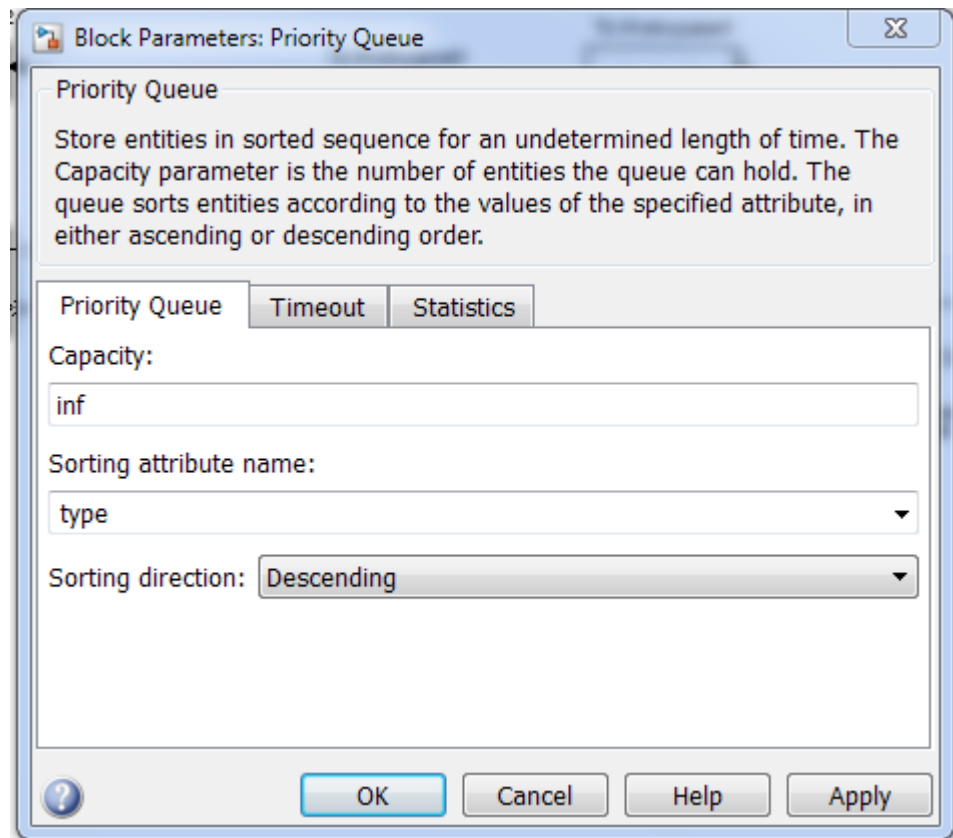


Рисунок 9 – параметры блока «Priority Queue»

Блок «Single Server» (рис.10) представляет из себя сам обслуживающий прибор – пешеходный переход. Время обслуживания заявки передается на него вместе с атрибутом time и для каждого типа сущности он генерируется в соответствующей подсистеме формирования заявок, как было упомянуто ранее.

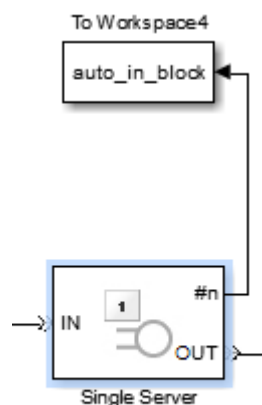


Рисунок 10 – Блок «Single Server»

Блок «Read Timer» (рис.11) определяет время завершения нахождения заявки в сервере.



Рисунок 11 – Блок «Read Timer»

Блок «Output Switch» (рис. 12) сортирует обслуженные заявки в соответствии с атрибутом «type», это сделано для удобства анализа работы модели, чтобы впоследствии проанализировать, заявки какого типа успевают стать обслуженными.

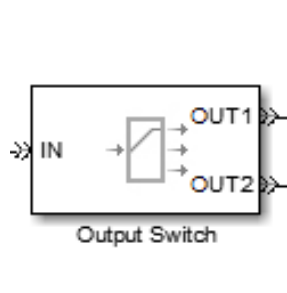


Рисунок 12 – Блок «Output Switch»

Блок «Entity Sink» (рис. 13) используется для завершения путей сущностей, работа которых завершена. Благодаря статистическим блокам, есть возможность анализа работы модели.

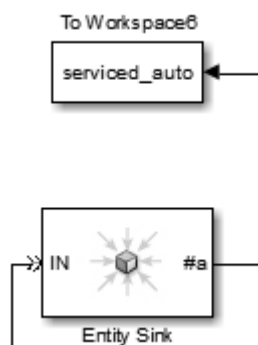


Рисунок 13 – Блок «Entity Sink»

2.1.3 Анализ результатов моделирования.

Примечание: время наблюдения 3600

Таблица 2 – Результаты экспериментов

№ опыта	Тип заявки	Параметры распределения, интервал прихода заявок	Параметры распределения, время обслуживания	Количество пришедших заявок	Количество обслуженных заявок
1	Пешеход	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 10)	194	194
	Авто	Exp (mean = 2)	Exp (mean = 3)	573	547
2	Пешеход	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 10)	260	259
	Авто	Exp (mean = 6)	Exp (mean = 3)	347	322
3	Пешеход	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 10)	245	244
	Авто	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	362	361

Приоритетные заявки типа «пешеход» во всех трех опытах успевали стать обслуженными, в то время как неприоритетные заявки типа «авто» стали обслуженными лишь после того, как была снижена интенсивность поступления как неприоритетных, так и приоритетных заявок. Это свидетельствует о том, что параметры распределения для интервала прихода заявок несет слишком большую нагрузку на транспортный узел.

2.2 Моделирование работы пешеходного перехода на участке дороги с двусторонним движением.

Необходимо смоделировать работу пешеходного перехода двустороннего участка транспортной сети (рис.14), проанализировать загрузку сети, определить условия перегрузки сети.

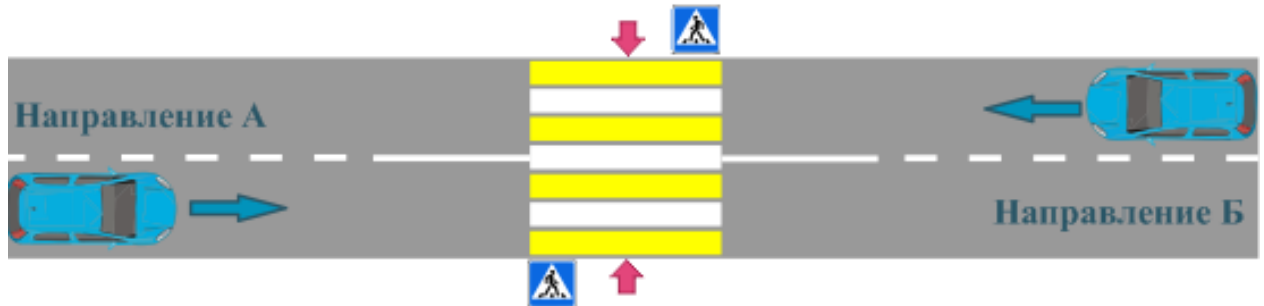


Рисунок 14 – пешеходный переход на двустороннем участке ТС

2.2.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания

Заявки на обслуживание: пешеходы, автомобили, поступающие с обоих направлений.

Узел обслуживания – пешеходный переход

Дисциплина обслуживания: Для каждой полосы создается отдельная очередь с приоритетом, заявки, поступающие от пешеходов реплицируются в каждую очередь.

Порядок поступления заявок на обслуживание: заявки на обслуживание от автомобилей поступают чаще, чем заявки на обслуживание от пешеходов.

Время обслуживания: время обслуживания переходом пешехода больше, чем время обслуживания автомобиля.

2.2.2 Разработка модели

Полная модель рассматриваемого пешеходного перехода изображена на рис.16. Рис. 15 иллюстрирует структурную схему модели.

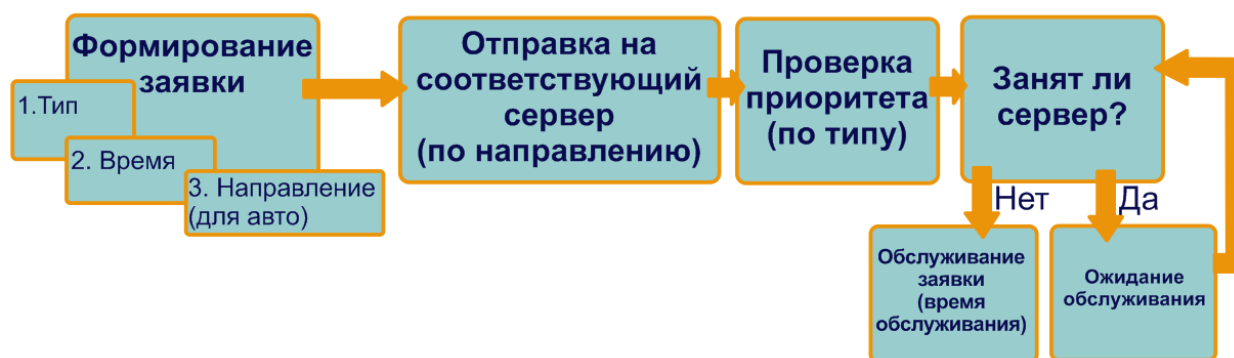


Рисунок 15 – структурная схема модели

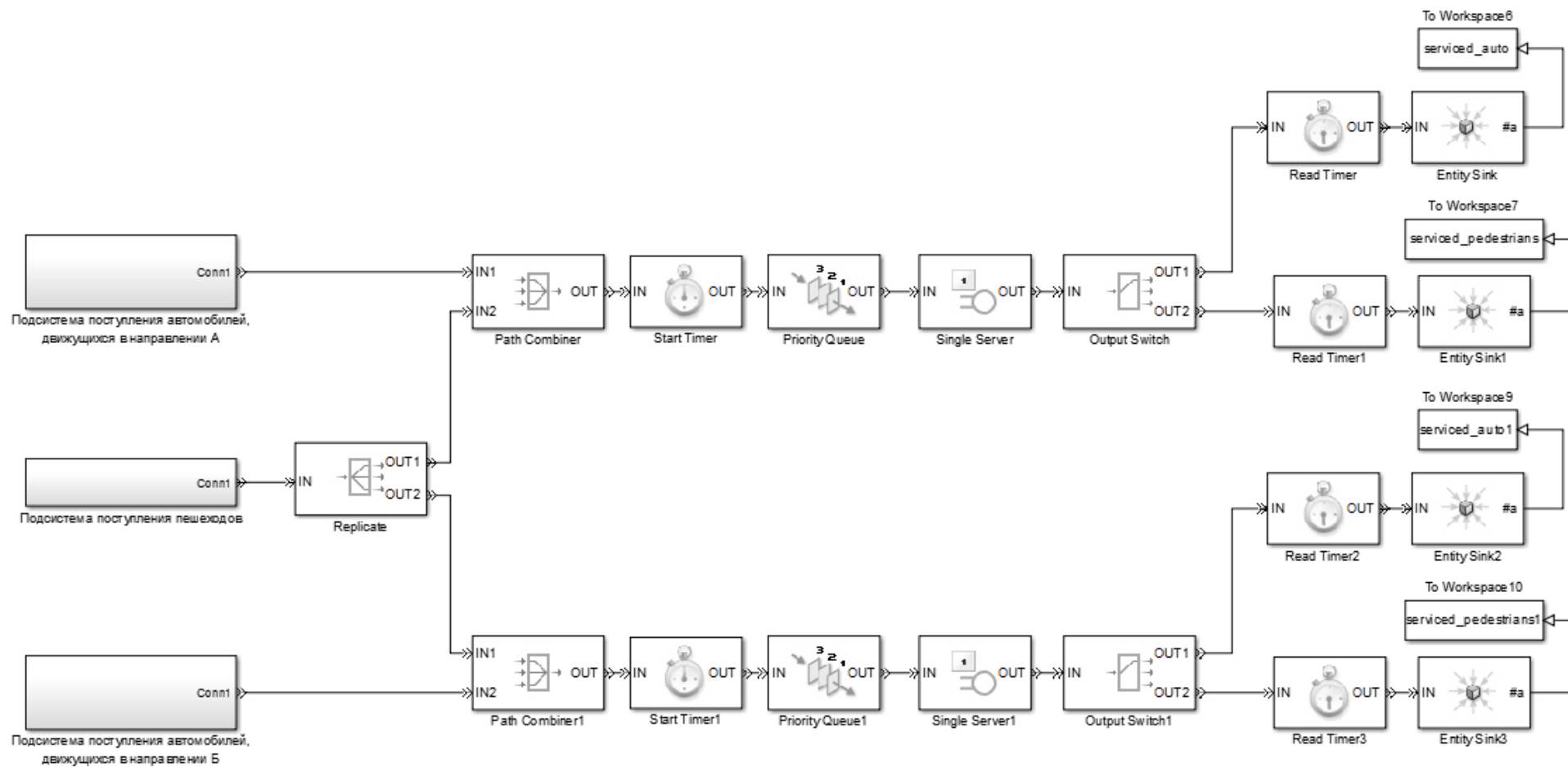


Рисунок 16 – реализация модели в среде MATLAB

2.2.3 Описание модификации модели

Проблема при модификации модели состояла в следующем: при добавлении еще одного направления движения автомобилей и присоединении этой подсистемы к блоку «Output Switch», который распределял заявки на обслуживание, сервер был открыт только для одного направления, что противоречит реальности, ведь по двум полосам может проехать одновременно два автомобиля.

В дальнейшем было принято решение рассматривать каждую полосу отдельной подсистемой, имеющей свой сервер обслуживания. Возникла другая проблема: необходимо было на каждый сервер сгенерировать заявки типа «пешеход», чтобы на каждый сервер заявка приходила одновременно, сигнализируя тем самым приход одного и того же человека в реальной жизни.

Самым простым решением было поставить блок «Replicate» (рис. 15), который создает копии сущностей.

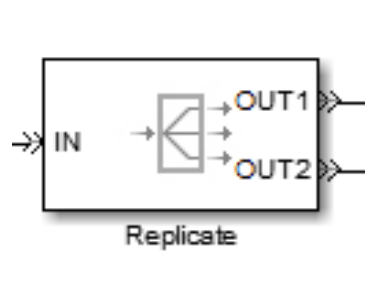


Рисунок 17 – Блок «Replicate»

Далее модель схожа с моделью, описанной в п. 2.1.2.

Каждая заявка типа «пешеход» реплицируется и поступает на два сервера обработки каждого направления движения. Это позволяет заблокировать одновременно все полосы, пока пешеход не закончит движение по переходу.

2.3 Моделирование работы простого Т-перекрестка с пешеходными переходами, пересекающие все направления.

Необходимо смоделировать работу Т-перекрестка одностороннего участка транспортной сети (рис.18), проанализировать загрузку сети, определить условия перегрузки сети.

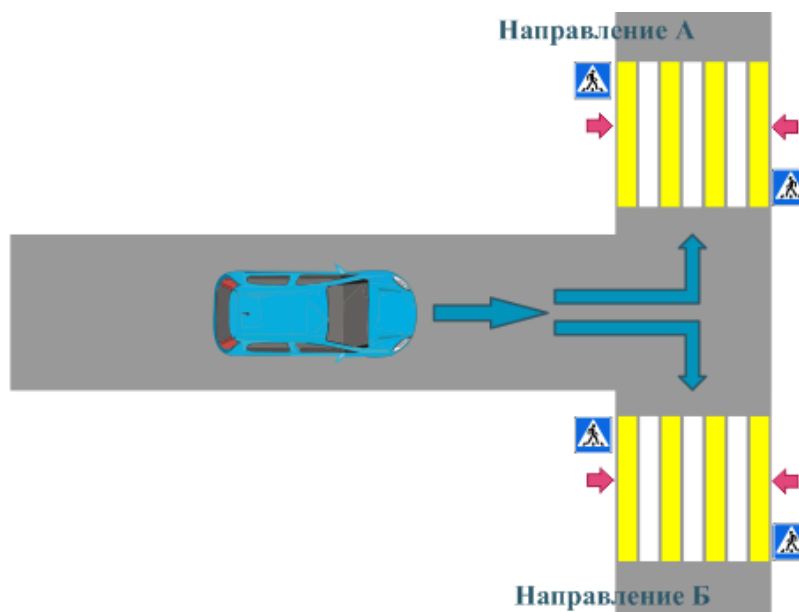


Рисунок 18 – Т-перекресток с пешеходными переходами, пересекающие все направления.

2.3.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания.

Заявки на обслуживание: автомобили и пешеходы

Узел обслуживания – Т-перекресток, пешеходный переход

Дисциплина обслуживания: Т-перекресток – очередь FIFO, пешеходные переходы – очередь с приоритетом.

2.3.2 Реализация модели

На рис. 19 изображена структурная схема модели. Рис. 20 представляет модель, реализованную в MATLAB.

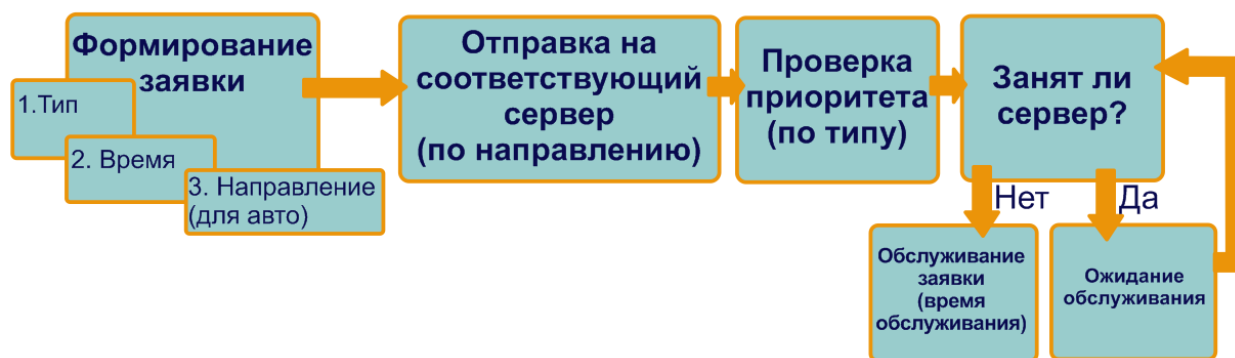


Рисунок 19 – структурная схема модели

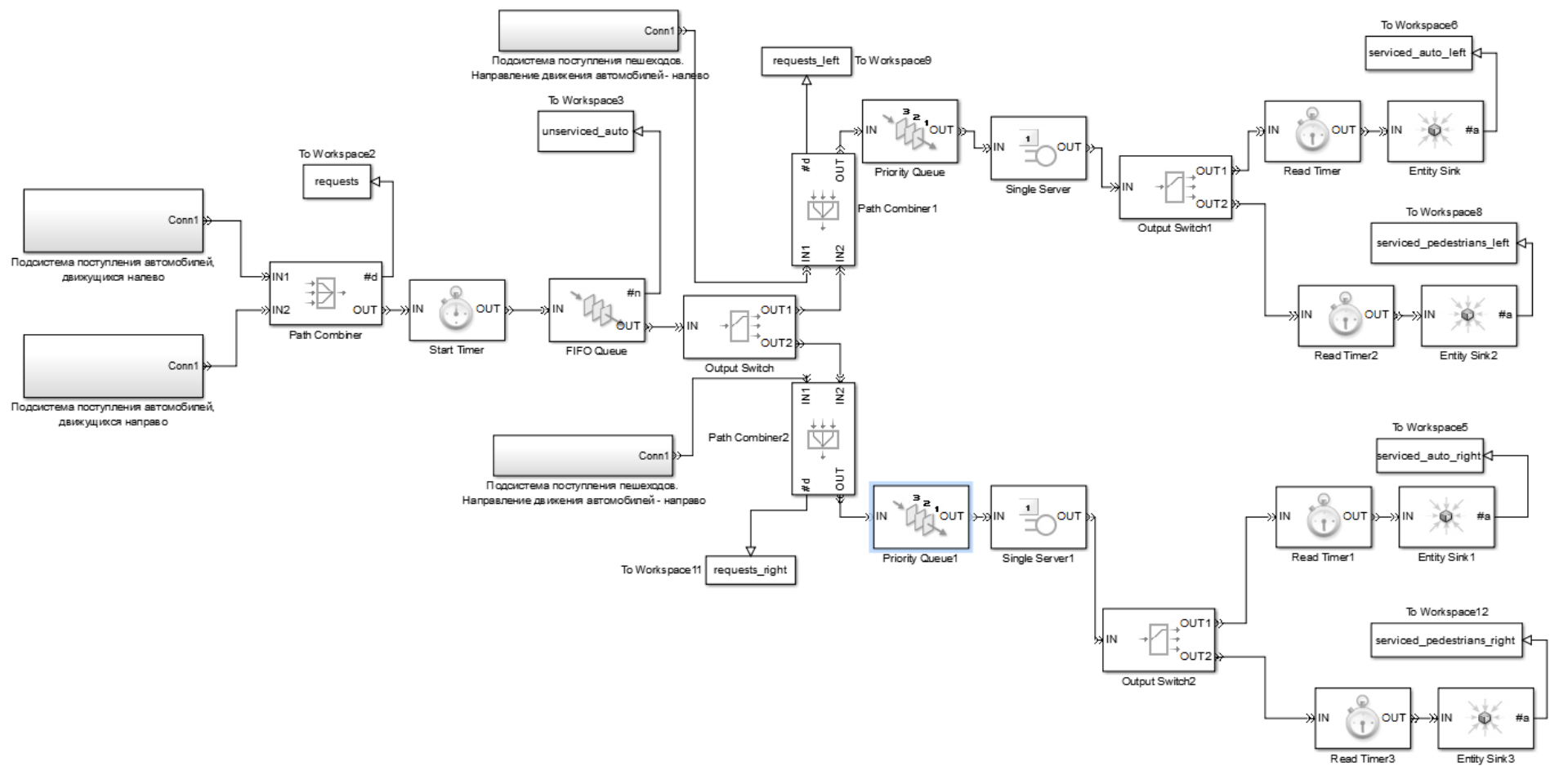


Рисунок 20 – Модель Т-перекрестка с пешеходными переходами

2.3.3 Описание модификации модели.

В параметры блока «Set attribute» (рис.21) был добавлен еще один атрибут «Route», его значениям 1 и 2 соответствуют направления движения А и Б

	Attribute Name	Value From	Value	Vector Is 1-D
1	time	Signal port	unused	--
2	route	Dialog	1	☒
3	type	Dialog	1	☒

Рисунок 21 – параметры блока «Set attribute»

Блок «FIFO Queue» (рис.22) введен для того, чтобы отправлять поступающие автомобили на сервера соответствующих направлений в соответствии со временем поступления заявок в систему.

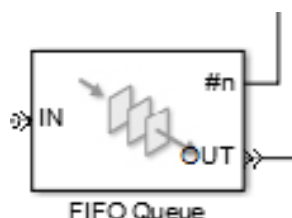


Рисунок 22 – Блок «FIFO Queue»

Блок «Output Switch» (рис.23) введен для того, чтобы отправлять поступающие автомобили на сервера соответствующих направлений в соответствии с атрибутом «route»

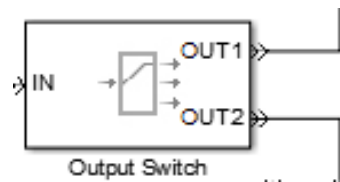


Рисунок 23 – Блок «Output Switch»

Блок «Path Combiner» (рис 24) объединяет заявки типа «Пешеход» и «Автомобиль» соответствующих направлений в один поток и направляет в соответствующие очереди.

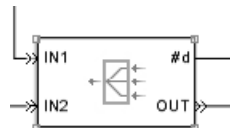


Рисунок 24 – Блок «Path Combiner»

2.3.4 Анализ результатов моделирования.

Примечание:

Время моделирования 3600 ед.

Автомобиль А, Пешеход А – заявки, поступающие на проезжую часть типа «налево»

Автомобиль Б, Пешеход Б – заявки, поступающие на проезжую часть типа «направо»

Таблица 3 – Результаты экспериментов

№ опыта	Тип заявки	Параметры распределения, интервал прихода заявок	Параметры распределения, время обслуживания	Количество пришедших заявок	Количество обслуженных заявок
1	Пешеход А	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 10)	254	254
	Пешеход Б	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 10)	248	248
	Автомобиль А	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	366	248
	Автомобиль Б	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	369	347
К 2	Пешеход А	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	195	194
	Пешеход Б	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	191	190
	Автомобиль А	Exp (mean = 13)	Exp (mean = 3)	285	285
	Автомобиль Б	Exp (mean = 13)	Exp (mean = 3)	287	286

ак

показывают результаты моделирования, для данного типа транспортного узла параметры распределения заявок обоих типов, использованные в первом опыте, несут перегрузку и не все неприоритетные заявки успевают стать обслуженными.

2.4 Моделирование работы Х-перекрестка с пешеходными переходами, пересекающие направления движения налево и направо.

Необходимо смоделировать работу Х-перекрестка участка транспортной сети с двухсторонним движением, проанализировать загрузку сети, определить условия перегрузки сети.



Рисунок 25 – Х-перекресток двустороннего участка транспортной сети.

2.4.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания.

Заявки на обслуживание: автомобили с направления А (поворачивающие направо, налево, прямо), автомобили с направления Б (поворачивающие направо, налево, прямо) и пешеходы, пересекающие направления перекрестка В и Г.

Узел обслуживания – Х-перекресток, пешеходные переходы

Дисциплина обслуживания: Х-перекресток – очередь с приоритетом, пешеходные переходы – очередь с приоритетом.

Порядок поступления заявок на обслуживание: заявки на обслуживание от автомобилей поступают чаще, чем заявки на обслуживание от пешеходов.

Время обслуживания: время обслуживания переходом пешехода больше, чем время обслуживания автомобиля, время обслуживания автомобилей перекрестком – одинаковое.

2.4.2 Реализация модели

На рис.26 изображена структурная схема модели, на рис.27 – реализованная модель в среде MATLAB с использованием библиотеки SimEvents.

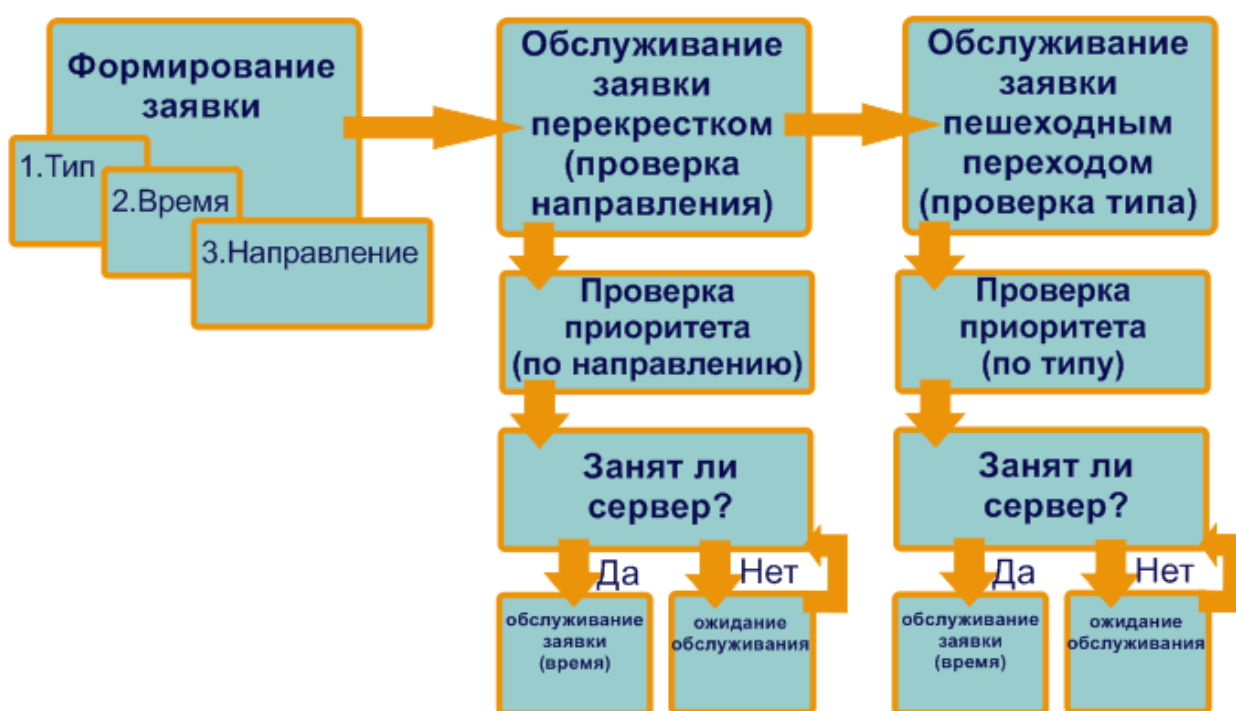


Рисунок 26 – структурная схема модели

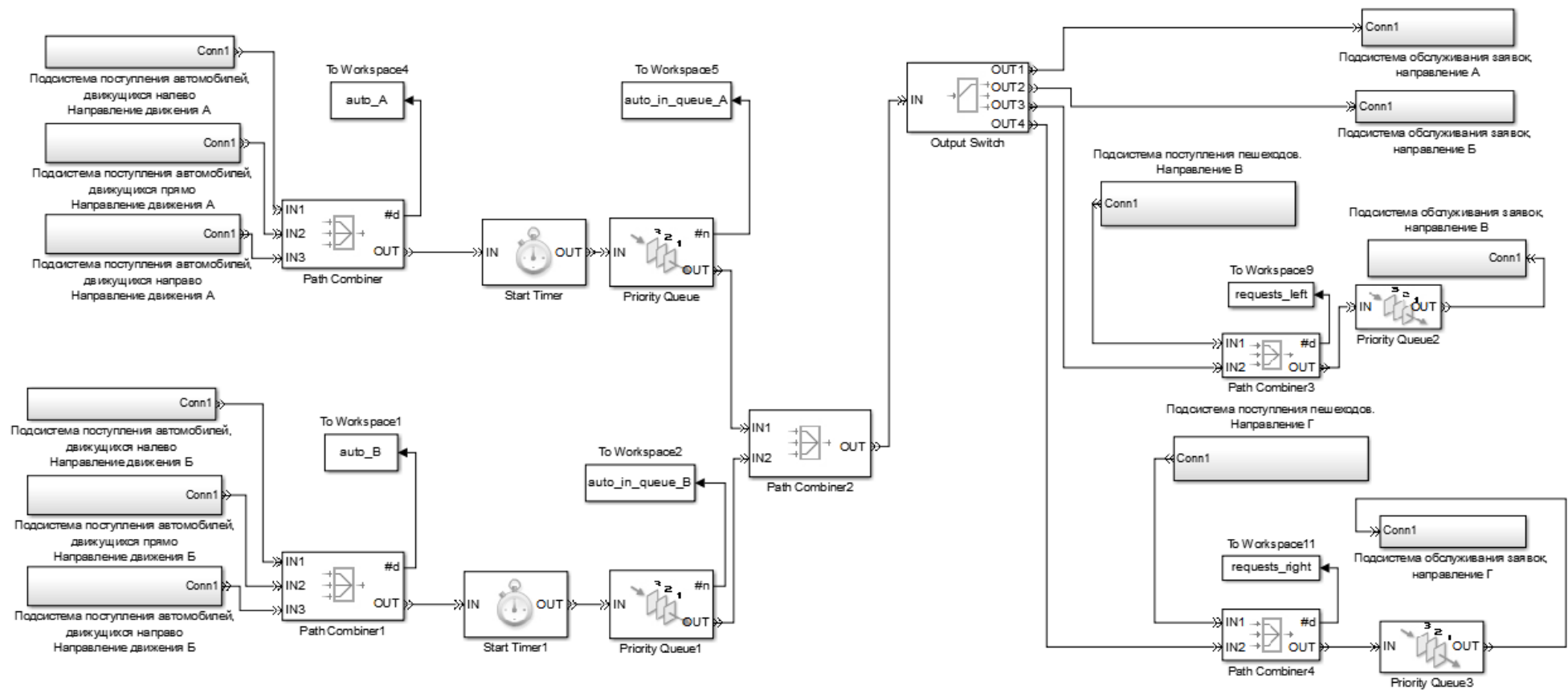


Рисунок 27 – Модель Т-перекрестка с пешеходными переходами

2.4.3 Описание модификации модели.

Как и в предыдущих экспериментах рассмотрим сначала подсистему формирования заявок, их 8: подсистема поступления автомобилей, поворачивающих налево; подсистема поступления автомобилей, поворачивающих направо; подсистема поступления автомобилей, движущихся прямо с направлений А и Б, подсистема поступления пешеходов, пересекающих направление В; подсистема поступления пешеходов, пересекающих направление Г. Блоки всех четырех подсистем абсолютно идентичны, различия заключаются лишь в параметрах распределения: времени обслуживания и времени поступления заявок.

Блок «Priority Queue» (рис. 28) выстраивает заявки в очередь в соответствии с атрибутом priority.

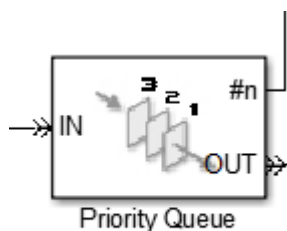


Рисунок 28 – Блок «Priority Queue»

Блок «Output Switch» (рис. 29) распределяет заявки на подсистемы обслуживания в соответствии с атрибутом route.

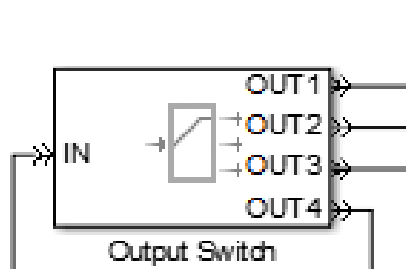


Рисунок 29 – Блок «Output Switch»

Блок «Path Combiner» (рис. 30) объединяет заявки типов «Пешеход» и «Автомобиль» для одной и той же проезжей части.

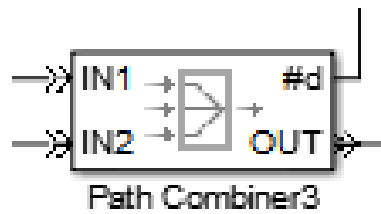


Рисунок 30 – Блок «Path Combiner»

Блок «Priority Queue» (рис. 31) выстраивает заявки в очередь в соответствии с атрибутом type.

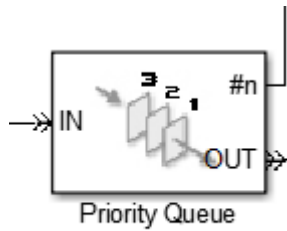


Рисунок 31 – Блок «Priority Queue»

Рассмотрим подсистему обслуживания заявок (рис. 32).

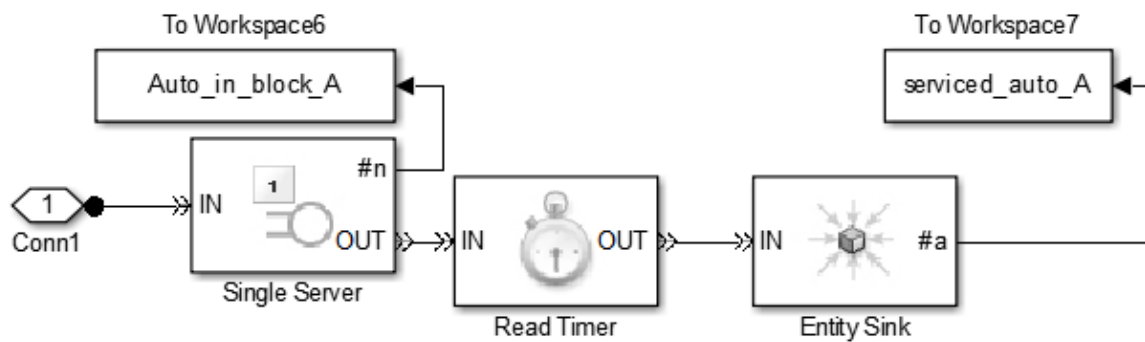
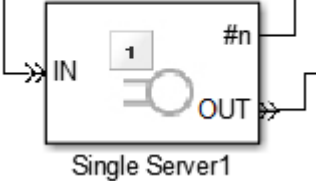
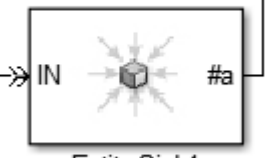


Рисунок 32 – Подсистема обслуживания заявок

Описание блоков:

Таблица 4 – Описание блоков

	Блок «Single server» моделирует обслуживающий прибор. Так как в нашей системе прибор один – пешеходный переход, но разные дисциплины обслуживания, я все равно сделала две обслуживающие подсистемы, в которые направляются заявки типа «Пешеход» со своим временем обслуживания и заявки типа «Автомобиль» со своим временем обслуживания. Генерация времени обслуживания в этой модели была еще в блоке формирования заявок (Set Attribute). К нему так же присоединен статистический блок, который показывает количество заявок, для которых время обслуживания истекло, и они остались на сервере. Если говорить с точки зрения объекта реального мира: закончить наблюдение за пешеходным переходом мы можем в тот момент времени, когда по нему еще будет ехать автомобиль или идти пешеход, такой субъект не будет считаться обслуженным системой.
	Считывает истекшее время для каждого помеченного объекта потока и среднее время для всех объектов потока.
	Блок-приемник «Entity Sink» имеет так же статистические блоки.

2.4.4 Анализ результатов моделирования.

Примечание:

Время моделирования 3600 ед.

Автомобиль АБ – автомобиль, движущийся прямо с направления А

Автомобиль БА – автомобиль, движущийся прямо с направления Б

Автомобиль АВ, Автомобиль АГ – автомобиль, движущийся с направления А налево и направо соответственно

Автомобиль БГ, Автомобиль БВ – автомобиль, движущийся с направления Б налево и направо соответственно.

Таблица 5. Результаты экспериментов

№ опыта	Тип заявки	Параметры распределения, интервал прихода заявок	Параметры распределения, время обслуживания	Количество пришедших заявок	Количество обслуженных заявок
1	Автомобиль АБ	Uniform (5-15)	Uniform (3-8)	94	94
	Автомобиль БА	Uniform (5-15)	Uniform (3-8)	65	65
	Автомобиль АВ	Uniform (10-25)	Uniform (6-13)	61	50
	Автомобиль БВ	Uniform (10-25)	Uniform (6-13)	36	
	Автомобиль БГ	Uniform (10-25)	Uniform (6-13)	41	34

	Автомобиль АГ	Uniform (10-25)	Uniform (6-13)	43	
	Пешеход В	Uniform (5-60)	Uniform (30-60)	81	80
	Пешеход Г	Uniform (5-60)	Uniform (30-60)	83	81
1	Автомобиль АБ	Uniform (5-15)	Uniform (3-8)	361	361
	Автомобиль БА	Uniform (5-15)	Uniform (3-8)	361	361
	Автомобиль АВ	Uniform (20-30)	Uniform (4-11)	144	286
	Автомобиль БВ	Uniform (20-30)	Uniform (4-11)	144	
	Автомобиль БГ	Uniform (20-30)	Uniform (4-11)	144	286
	Автомобиль АГ	Uniform (20-30)	Uniform (4-11)	144	
	Пешеход В	Uniform (5-60)	Uniform (20-30)	113	113
	Пешеход Г	Uniform (5-60)	Uniform (20-30)	112	111

В первом опыте система успела обслужить только заявки с наивысшим приоритетом: пешеходов, а так же заявки, обслуживание которых проходит независимо – это автомобили,двигающиеся в прямом направлении. Заявки же, которые имели более низки приоритет, автомобили, поворачивающие налево и направо обслужены до конца не были, т.к. вынуждены были уступать дорогу пешеходам и по правилу «помеха справа»

Во втором опыте было принято решение сократить время обслуживания заявок всех типов, а так же уменьшить количество автомобилей, имеющих низкий приоритет проезда. Результатом оптимизации стало почти 100% обслуживание заявок всех типов.

2.5 Моделирование работы Х-перекрестка, учитывающее поступление автомобилей со всех направлений и пешеходные переходы, пересекающие все направления.

Необходимо смоделировать работу Х-перекрестка (схема движения изображена на рис. 24) двустороннего участка транспортной сети, проанализировать загрузку сети, определить условия перегрузки сети.

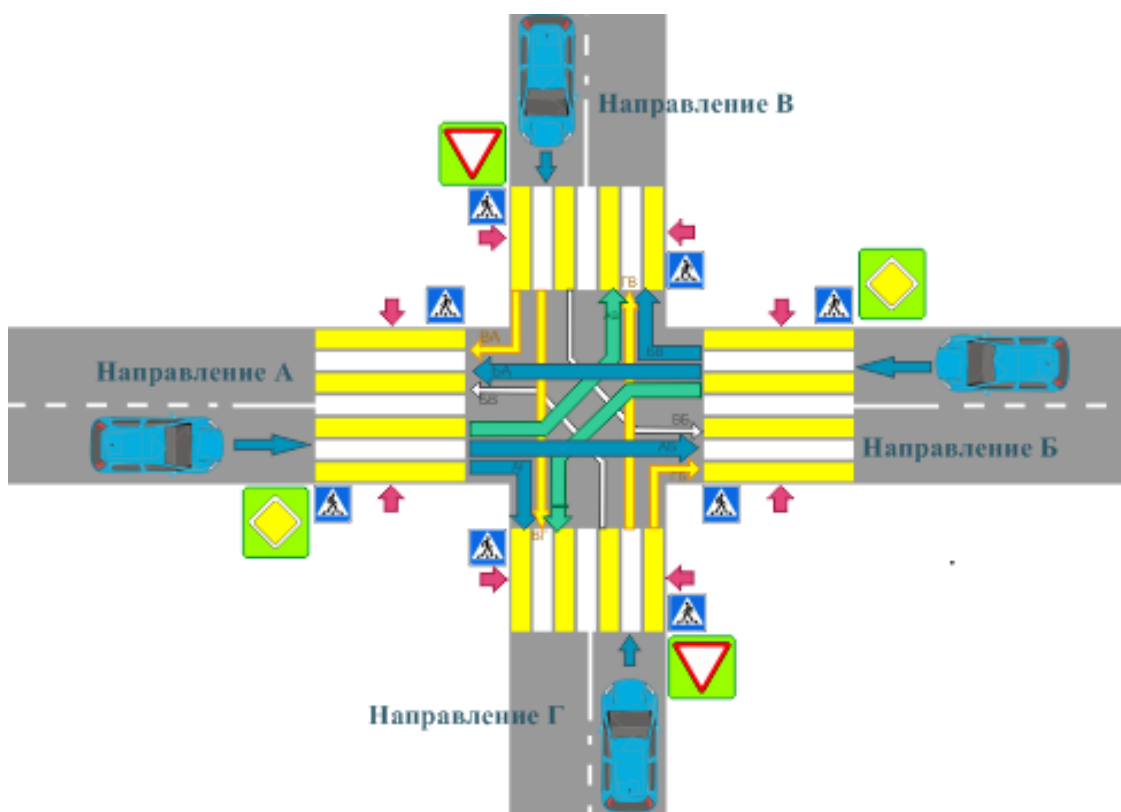


Рисунок 33 – Схема движения автомобилей и пешеходов на перекрестке

2.5.1 Постановка задачи с точки зрения теории систем массового обслуживания

Заявки на обслуживание: автомобили с направления А, Б, В, Г (поворачивающие направо, налево, прямо), и пешеходы, пересекающие направления перекрестка А, Б, В и Г.

Узел обслуживания – Х-перекресток, пешеходные переходы

Дисциплина обслуживания: Х-перекресток – очередь с приоритетом, пешеходные переходы – очередь с приоритетом.

Порядок поступления заявок на обслуживание: заявки на обслуживание от автомобилей поступают чаще, чем заявки на обслуживание от пешеходов.

Время обслуживания: основываясь на опыте, можно утверждать, что время обслуживания переходом пешехода больше, чем время обслуживания автомобиля, время обслуживания автомобилей перекрестком – одинаковое.

На рис. 34 изображена структурная схема модели, в Приложении 1 – реализованная модель в среде SimEvents.

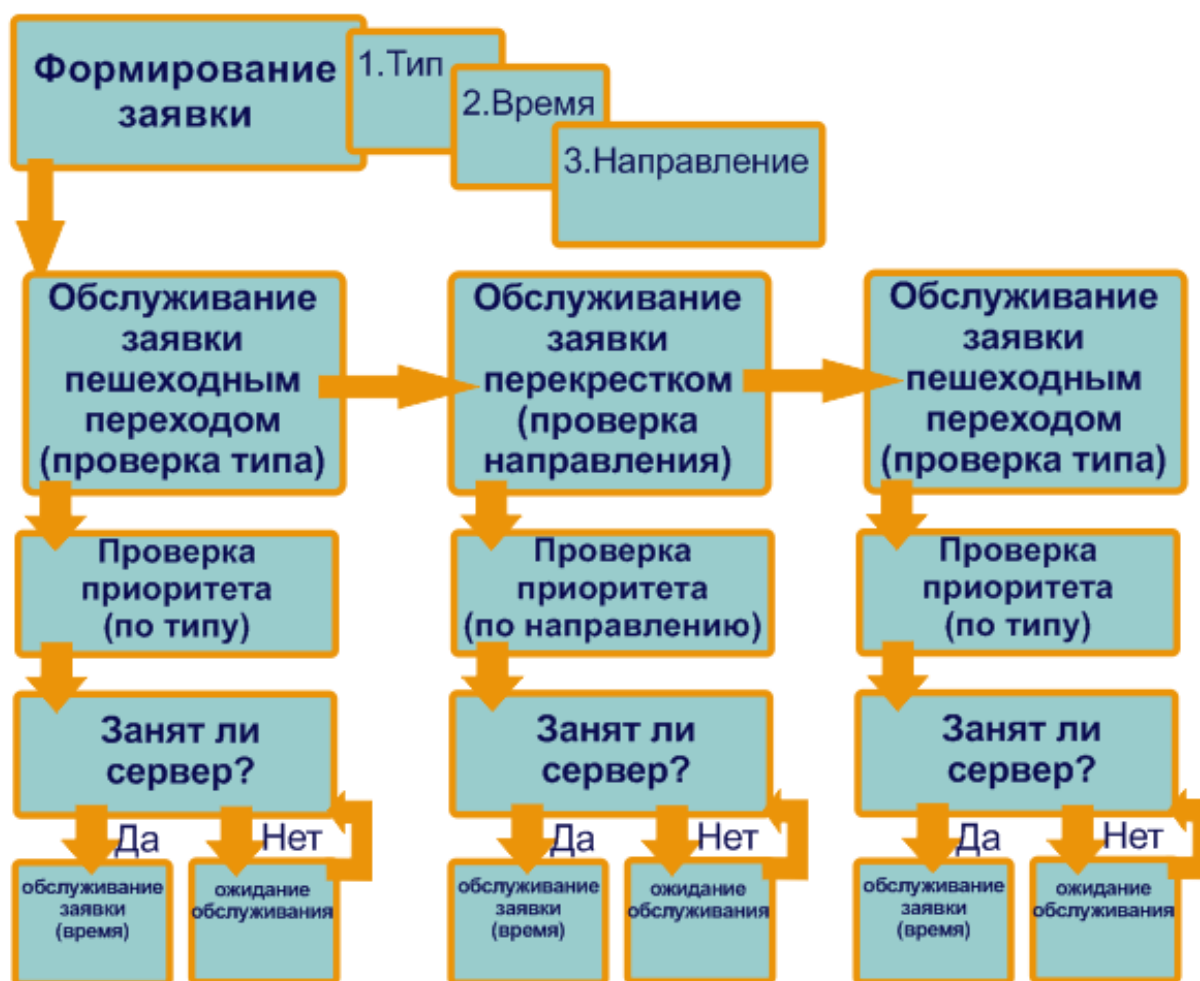
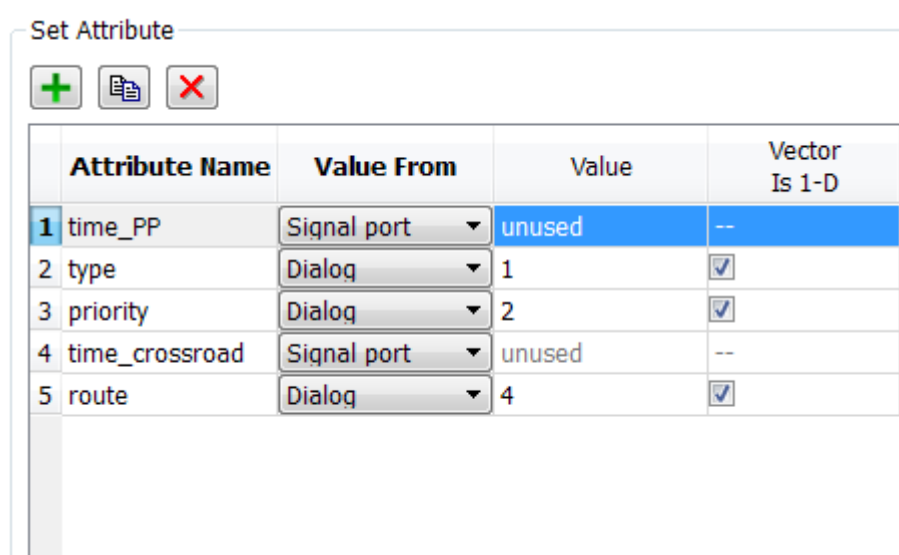


Рисунок 34 – структурная схема модели

2.5.2 Описание модификации модели

Для каждого направления движения автомобиля была создана подсистема формирования заявок, как и в предыдущих задачах. Различия состоят только в количестве атрибутов, необходимых для корректной работы модели. На рис. 27 изображено окно с параметрами блока «Set Attribute»



	Attribute Name	Value From	Value	Vector Is 1-D
1	time_PP	Signal port	unused	--
2	type	Dialog	1	☒
3	priority	Dialog	2	☒
4	time_crossroad	Signal port	unused	--
5	route	Dialog	4	☒

Рисунок 35 – параметры блока «Set Attribute» в подсистеме поступления автомобилей.

Атрибут `time_PP` хранит в себе значение времени обслуживания автомобиля (пешехода) пешеходным переходом, этот же атрибут есть в подсистеме формирования заявок типа «пешеход».

Атрибут `type`, как и в предыдущих задачах, присутствует в заявках обоих типов, необходим для того, чтобы на серверах пешеходных переходов различать тип заявки и выстраивать их в очередь с приоритетом в зависимости от этого атрибута: т.к. для автомобиля значение атрибута было принято равным 1, а для пешехода – 2, то порядок сортировки нисходящий.

Атрибут `priority` необходим для сортировки обслуживания автомобилей на перекрестке, в соответствии с правилами дорожного движения для главной дороги и пересекающей второстепенной с учетом правила «помехи справа».

Атрибут `time_crossroad` хранит в себе значение времени прохождения автомобилем перекрестка.

Атрибут route служит для сортировки заявок типа «автомобиль» на 4 направления и далее на пешеходные переходы.

2.5.3 Анализ результатов моделирования

Таблица 6. Результаты экспериментов

№ опыта	Тип заявки	Параметры распределения, интервал прихода заявок	Параметры распределения, время обслуживания Пешеходным переходом	Параметры распределения, время обслуживания перекрестком	Количество пришедших заявок	Количество обслуженных заявок	Отношение обслуженных заявок к пришедшим заявкам
1	Автомобиль ГА	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 6)	160	196	0,307
	Автомобиль ВА	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193		
	Автомобиль БА	Exp (mean = 13)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 3)	285		
	Автомобиль ГБ	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193	195	0,297
	Автомобиль ВБ	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	177		
	Автомобиль АБ	Exp (mean = 13)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 3)	285		
	Автомобиль ГВ	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 3)	251	271	0,389
	Автомобиль БВ	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	251		
	Автомобиль	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193		

	АВ					
	Автомобиль ВГ	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	251	224 0,322
	Автомобиль БГ	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193	
	Автомобиль АГ	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	251	
	Пешеход А	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194 1
	Пешеход Б	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194 1
	Пешеход В	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194 1
	Пешеход Г	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194 1
2	Автомобиль ГА	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	362 0,683
	Автомобиль ВА	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	
	Автомобиль БА	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	210	
	Автомобиль ГБ	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	363
	Автомобиль ВБ	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	

Автомобиль АБ	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	251		0,635
Автомобиль ГВ	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	474	0,763
Автомобиль БВ	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	210		
Автомобиль АВ	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	251		
Автомобиль ВГ	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	473	0,761
Автомобиль БГ	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	210		
Автомобиль АГ	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	251		
Пешеход А	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1
Пешеход Б	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1
Пешеход В	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1
Пешеход Г	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1

Как показывают результаты экспериментов, данный перекресток не в состоянии справиться с такой нагрузкой на транспортный узел: заявки типа пешеход успевают стать обслуженными, однако не все автомобили успевают стать обслуженными.

Для корректной работы транспортного узла нужно установить систему светофорного регулирования. Как упоминалось в главе 1, настройка и оптимизация режимов работы светофора – самый эффективный способ снизить нагрузку на УДС.

2.6 Заключение

По результатам работы можно судить, что данная модель может использоваться для анализа и оптимизации транспортной системы города. Модель подверглась трехкратному усложнению путем добавления направлений движения и добавления заявок более высокого приоритета.

Однако результаты последнего моделирования показали, что отсутствие светофорного регулирования негативно сказывается на транспортной ситуации, транспортные узлы несут большие перегрузки, и даже снижение интенсивности поступления автомобилей не снижает нагрузку на транспортный узел.

ГЛАВА 3. ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ

3.1. Разработка модели перекрестка со светофорным регулированием.

3.1.1 Фазы работы светофора

Как известно, у любого светофора есть определенный режим работы – промежутки времени, в которые разрешен проезд на зеленый его сигнал и переход дорог пешеходам. Было принято решение разделить режим на 5 фаз, описанных ниже:

1. 20 сек зеленый сигнал светофора для пешеходов, пересекающих все направления;
2. 30 сек зеленый сигнал основного светофора и правых секций для одной улицы;
3. 30 сек зеленый сигнал светофора и правых секций для второй улицы;
4. 20 сек зеленый сигнал левых секций для одной улицы;
5. 20 сек зеленый сигнал левых секций для второй улицы.

Итого полный цикл работы светофора составляет 120 секунд и после начинается новая фаза.

3.1.2 Разработка модели таймера светофора.

Подсистема таймера светофора изображена на рис.36.

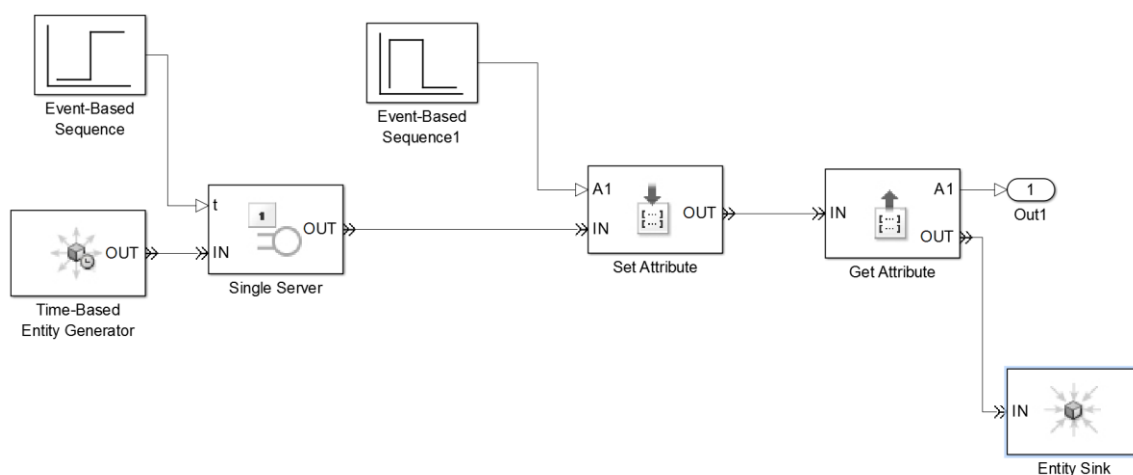


Рисунок 36 – подсистема "светофор"

Таймер создан на основе генератора объекта во времени («Time based entity generator»), одиночного сервера, блоков событий основанных на событии («Event-based sequences») и блоков установки и получения атрибутов.

Принцип работы таймера основан на выдаче значений (1 -1), которые либо включают зеленый сигнал светофора, либо включают красный в определенный момент времени. Эти значения генерируются в первом блоке «Event-based sequences», а соответствующие интервалы времени (фазы) генерируются во втором блоке «Event-based sequences».

3.1.3 Создание модели перекрестка.

Модель перекрестка со светофорным регулированием изображена в Приложении Б.

Было принято решение создать пять серверов обслуживания, которые имитируют соответственно пять фаз работы перекрестка, принцип работы которых идентичен, поэтому имеет смысл рассмотреть одну:

- Первая фаза: блок «Пешеходный светофор» («Enabled gate» в библиотеке Simulink) моделирует работу светофора, т.е. при подаче на сигнальный порт en блока значения (1) в первые 30 сек цикла, сущности покидают подсистему формирования заявок типа «Пешеход», принцип работы которой был описан в главе 2, и поступают на блок «N-server (4 направления)», который имитирует обслуживание пешеходов пешеходными переходами. При подаче на сигнальный порт en значения (-1) в следующие 100 сек цикла, блок «Пешеходный светофор» закрывает входной порт для сущностей, прибывающих из подсистемы формирования заявок типа «Пешеход».

- Далее по тому же принципу открываются следующие четыре сервера, имитирующие разные режимы работы светофора и светофорных секций.

Схемы фаз работы светофора изображены в Приложении В, а рис.37 иллюстрирует цикл работы светофора во времени.

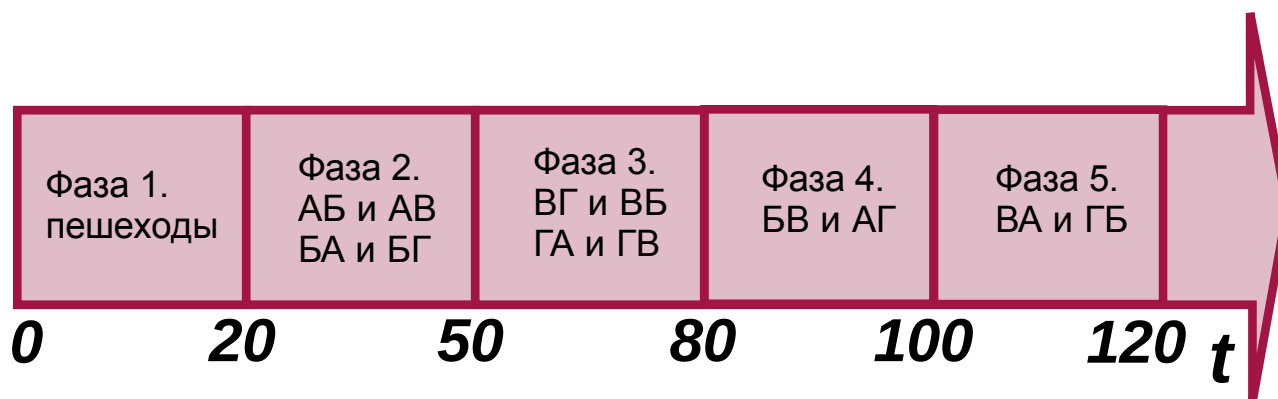


Рисунок 37 - Цикл работы светофора во времени

3.1.4 Анализ результатов моделирования.

Примечание: время наблюдения 3600

Таблица 7 – Результаты моделирования

№ опыта	Тип заявки	Параметры распределения, интервал прихода заявок	Параметры распределения, время обслуживания	Количество пришедших заявок, по серверам	Количество обслуженных заявок, по фазам	Отношение обслуженных заявок к пришедшим заявкам
1	Автомобили с направления А	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	243	381+ 106+ 114 383	0,994
	Автомобили с направления Б	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	240		
	Автомобили с направления В	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	251		
	Автомобили с направления Г	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	248		
	Пешеходы	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 5)	196	196	1
2	Автомобили с направления А	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	379	567+ 144+	1
	Автомобили с направления Б	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	357	592+ 149	

Автомобили с направления В	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	377		
Автомобили с направления Г	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	340		
Пешеходы	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 5)	378	378	1

Из результатов моделирования можно сделать вывод, о том, что транспортный узел со светофором и оптимально настроенным режимом его работы в состоянии справиться с нагрузкой, поступающей на такой же транспортный узел без светофора, где проезд перекрестков осуществляется по приоритету, описанному в Правилах. Результат второго опыта так же показывает, что перекресток, оснащенный светофором с предложенным и описанным выше режимом работы может справиться и с большей нагрузкой.

ЗАДАНИЕ

для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна

Институт	Институт кибернетики	Кафедра	ИСТ
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	09.04.02

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	...
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	...
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	...
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	...
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Перечень работ и продолжительность их выполнения
2. Трудозатраты на выполнение проекта
3. Линейный график работ
4. Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа
5. Расчет затрат на материалы
6. Затраты на заработную плату
7. Затраты на электроэнергию технологическую
8. Смета затрат на разработку проекта
9. Оценки научно-технического уровня НИР

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков Артем Георгиевич	К.И.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна		

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Организация и планирование работ

Таблица 4.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 50%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 20%
Поиск аналогов и обсуждение их достоинств и недостатков	НР, И	НР – 10% И – 100%
Выбор библиотеки для создания модели	НР, И	НР – 30% И – 80%
Выявление и классификация факторов, влияющих на пропускную способность транспортных узлов.	И	И – 100%
Разработка модели	И	И – 100%
Оптимизация модели	НР, И	НР – 30% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для выполнения перечисленных в таблице 4.1 работ требуются специалисты:

- Инженер – в его роли действуют исполнитель ВКР;
- Научный руководитель.

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется опытно-статистическим методом экспертным способом по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в рамках данной ВКР установим $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_{Д} = 1,1$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{рД} \cdot T_{К}, \quad (4.3)$$

где $T_{рД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях. Он рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни, $T_{\text{КАЛ}} = 365$;

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни, $T_{\text{ВД}} = 52$;

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни, $T_{\text{ПД}} = 10$.

Подставив значения в формулу 5.4, получим следующий результат:

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205.$$

Таблица 4.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					Т _{РД}		Т _{КД}	
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач	НР	2	4	2,8	3,08	–	3,71	–
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	3	6	4,2	4,62	2,31	5,57	2,78
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	12	10,8	2,38	11,88	2,86	14,32
Разработка календарного плана	НР, И	1	3	1,8	1,98	0,396	2,39	0,48
Поиск аналогов и обсуждение их достоинств и недостатков	НР, И	5	9	6,6	0,726	7,26	0,87	8,75
Выбор библиотеки для создания модели	НР, И	2	3	2,4	1,32	2,112	1,59	2,55
Выявление и классификация факторов, влияющих на пропускную способность транспортных узлов.	И	3	5	3,8	–	4,18	–	5,04

Разработка модели	И	30	35	32	–	35,2	–	42,42
Оптимизация модели	НР, И	15	21	17,4	5,742	19,4	6,92	23,38
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	4	6	4,8	–	5,28	–	6,36
Оформление графического материала	И	3	4	3,4	–	3,74	–	4,51
Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	1,584	2,64	1,91	3,18
Итого:				83,6	21,43	94,4	28,32	114,16

Таблица 4.3 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май		Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
1	3,71	–	■												
2	5,57	2,78	▨	■											
3	2,86	14,32		■	▨										
4	2,39	0,48			▨	■									
5	0,87	8,75				▨	■								
6	1,59	2,55					▨	■							
7	–	5,04					▨	■							
8	–	42,42					▨	■	▨	■					
9	6,92	23,38									■	▨	■		
10	–	6,36												▨	■
11	–	4,51													▨

[illegible]

HP – ; И – 

4.1.1 Расчет накопления готовности проекта

В данном пункте будет описан расчет текущих состояний работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Степень готовности определяется формулой 5.5

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{kj}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m ТР_{kj}}, \quad (4.5)$$

где $ТР_i^H$ – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;

$ТР_{общ.}$ – общая трудоемкость проекта;

$ТР_k$ – трудоемкость k-го этапа проекта, $k = \overline{1, i}$;

$ТР_{kj}$ – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на k-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в данной работе $m = 2$, так как в разработке проекта участвуют научный руководитель и исполнитель.

Применительно к таблице 4.2 величины $ТР_{ij}$ ($ТР_{kj}$) находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). $ТР_{общ.}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Пример расчета $ТР_i$ (%) и $СГ_i$ (%) на основе этих данных содержится в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	$ТР_i$, %	$СГ_i$, %
Постановка целей и задач	1,47	1,47
Составление и утверждение ТЗ	4,4	5,87
Подбор и изучение материалов по тематике	12,43	18,3

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
Разработка календарного плана	1,39	19,69
Поиск аналогов и обсуждение их достоинств и недостатков	6,25	25,94
Выбор библиотеки для создания модели	2,7	28,64
Выявление и классификация факторов, влияющих на пропускную способность транспортных узлов.	3,92	32,56
Разработка модели	34,49	67,05
Оптимизация модели	20,09	87,14
Оформление расчетно-пояснительной записки	5,52	92,66
Оформление графического материала	4,14	96,8
Подведение итогов	3,2	100

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Разработка и оптимизация модели транспортной системы города велась с использованием программного обеспечения, лицензия на которое предоставляется бесплатно студентам и сотрудникам Томского политехнического университета, на личном ноутбуке или компьютерах кафедры «Информационных систем и технологий», без аренды помещения: дома или в университете. Поэтому расчет сметной стоимости выполнения проекта будет производиться по следующим статьям затрат:

- Сырье, Материалы И Покупные Изделия;
- Заработная Плата;

- Социальный Налог;
- Расходы На Электроэнергию (Без Освещения);
- Амортизационные Начисления;
- Оплата Услуг Связи;
- Прочие (Накладные Расходы) Расходы.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов будем относить стоимость материалов, которые были использованы во время разработки проекта. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Таблица 4.5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	290	1 уп.	290
Тонер для принтера	250	1 шт.	250
Бумага для принтера формата А3	600	1 шт.	600
Цветной тонер для принтера	250	1 шт.	250
Итого:			1390

Транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны

$$C_{\text{мат}} = 1390 \cdot 1,05 = 1459,5 \text{ руб.}$$

4.2.2 Расчет заработной платы

Так как над проектом работали только научный руководитель и инженер, то расчет заработных плат будет производиться только по статье основных заработных плат. Заработная плата рассчитывается на основе суммы заработной платы исполнителя и научного руководителя. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Величина месячного оклада научного руководителя ($МО_{НР}$) получена из открытых данных, размещенных на официальном сайте Национального исследовательского Томского политехнического университета. Величина месячного оклада инженеров ($МО_{И}$) берется как месячный оклад инженера кафедры.

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = МО/N, \quad (4.6)$$

где $МО$ – месячный оклад, руб.;

N – количество рабочих дней в месяц, при шестидневной рабочей неделе – $N = 24,91$, а при пятидневной рабочей неделе – $N = 20,58$.

Среднедневная тарифная заработная плата научного руководителя равна

$$ЗП_{дн-т} = \frac{26\,300}{24,91} = 1\,055,8 \frac{\text{руб.}}{\text{раб. день}}.$$

А среднедневная тарифная заработная плата инженеров равна

$$ЗП_{дн-т} = \frac{7\,864,11}{20,58} = 382,12 \frac{\text{руб.}}{\text{раб. день}}.$$

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях взяты из таблицы 5.2. Для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо будет тарифную сумму заработка исполнителя, связанной с участием в проекте умножить на интегральный коэффициент. Интегральный коэффициент находится по формуле:

$$K_{\text{и}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп.ЗП}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (4.7)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент премий, $K_{\text{пр}} = 1,1$;

$K_{\text{доп.ЗП}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты, при шестидневной рабочей неделе $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$, а при пятидневной рабочей неделе $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент районной надбавки, $K_{\text{р}} = 1,3$.

Результаты вычислений представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	ЗП _{дн-т} , руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	26 300	1 055,8	22	1,699	39 463,69
И	7 864,11	382,12	95	1,62	50 497,67
Итого:					89 961, 36

4.2.3 Расчет вноса в социальные фонды

Статья включает в себя взносы во внебюджетные фонды. Взнос в социальные фонды установлен в размере 30,2% от заработной платы. Размер взноса рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0,302, \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ЗП}}$ – размер заработной платы.

Подставив необходимые значения в формулу 5.8 получим:

$$C_{\text{соц}} = 89\,961,36 \cdot 0,302 = 27\,168,33 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (4.9)$$

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

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час. $C_{\text{э}} = 2,05 \text{ руб./кВт} \cdot \text{час.}$

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4.2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (4.10)$$

где K_t – коэффициент использования оборудования по времени, $K_t = 0,9$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_C, \quad (4.11)$$

где K_C – коэффициент загрузки;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Таблица 4.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер инженера	684	0,09	126,20

Итого:			126,20
---------------	--	--	---------------

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

Для расчета амортизационных расходов используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (4.12)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, стоимость ПК инженера – 19 290 руб.;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, $t_{рф} = 95 \cdot 8 = 760$ часов;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, $F_D = 298 \cdot 8 = 2384$ часа.

H_A определяется по формуле:

$$H_A = \frac{1}{CA}, \quad (4.13)$$

где CA – срок амортизации, который можно получить из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы» Для электронно-вычислительной техники CA свыше 2 лет до 3 лет включительно. В данной работе примем $CA=2,5$ года. Тогда

$$H_A = \frac{1}{2,5} = 0,4.$$

Таким образом,

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 \cdot 19\,290 \cdot 760 \cdot 1}{2384} = 2\,459,76 \text{ руб}$$

Итого начислено амортизации 2459,76 руб.

4.2.6 Расчет расходов на услуги связи

Расходы на услуги связи определены наличием подключения к сети Интернет на компьютере, использованном в данной работе.

Ежемесячная оплата, согласно тарифу Ростелеком «Домашний Интернет 100», составляет 400 рублей. В соответствии с таблицей 5.2, трудоемкость выполняемой задачи составляет четыре календарных месяца. Таким образом, сумма расходов на услуги связи составляет $4 \cdot 400 = 1600$ руб. Общая сумма расходов $C_{\text{св}} = 1600$

4.2.7 Расчет прочих расходов

Прочие расходы следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов. Они находятся по формуле:

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{АМ}} + C_{\text{св}}) \cdot 0,1, \quad (4.14)$$

где $C_{\text{мат}}$ – расходы на материалы, руб.;

$C_{\text{ЗП}}$ – основная заработная плата, руб.;

$C_{\text{соц}}$ – расходы на единый социальный налог, руб.;

$C_{\text{эл.об.}}$ – расходы на электроэнергию, руб.;

$C_{\text{АМ}}$ – амортизационные расходы, руб.;

$C_{\text{св}}$ – расходы на услуги связи, руб.

Подставив полученные выше результаты, получим:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч}} &= (1459,5 + 89\,961,36 + 27\,168,33 + 126,20 + 2459,76 + 1600) \cdot 0,1 = \\ &= 12\,277,52 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка веб-системы для проведения экскурсий по историческим объектам городов».

Таблица 4.8 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1459,50
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	89 961,36
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	27 168,33
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	126,20
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	2459,76
Расходы на услуги связи	$C_{\text{св}}$	1600
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	12 277,52
Итого:		135 052,67

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 135\,052,67$ руб.

4.2.9 Расчет прибыли

Прибыль примем в размере 20 % от полной себестоимости проекта. В данном проекте она составляет 27 010,54 руб. от расходов на разработку проекта.

4.2.10 Расчет НДС

НДС 18% уплачивается налогоплательщиком в бюджет, если его деятельность не попадает в перечни, где действует пониженная льготная ставка.

НДС сверху составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли.

В нашем случае это $(135\,052,67 + 27\,010,54) \cdot 0,18 = 29\,171,38$ руб.

4.2.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 135\,052,66 + 27\,010,53 + 29\,171,38 = 191\,234,57 \text{ руб.}$$

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Внедрение этого проекта позволит улучшить пропускную способность транспортных сетей, оптимизировать затраты на топливо и улучшить экологическую обстановку. Благодаря открытому коду, в дальнейшем модель может использоваться в любой геоинформационной системе или системе поддержки принятия решений.

4.3.1 Определение срока окупаемости

Срок окупаемости используется, как показатель эффективности проекта. Чем меньше срок окупаемости, тем эффективнее проект. Для расчета используется формула:

$$PP = \frac{C}{PP_{\text{ч}}}, \quad (4.15)$$

где C – затраты на разработку, руб.;

$PP_{\text{ч}}$ – годовая чистая прибыль, руб.

Подставив полученные выше результаты, получим:

$$PP = \frac{135052,66}{27010,53} = 5 \text{ лет или } 60 \text{ месяцев.}$$

4.3.2 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$I_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (4.16)$$

где $I_{\text{НТУ}}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Частные оценки уровня n_i и их краткое обоснование даны в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Оценки научно-технического уровня НИР

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Новая	8	Предоставляет возможность потенциальному пользователю смоделировать любой транспортный узел с любой нагрузкой, что значительно превосходит по эффективности статистические данные, т.к. помимо простого прогнозирования данная модель может использоваться в системах поддержки принятия решений.

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,1	Теоретический уровень	Разработка модели	6	Изучение внутреннего кода MATLAB , использование библиотеки SimEvents.
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Сложные методы и проработка дисциплины обслуживания каждого типа перекрестка и перехода.

Интегральный показатель научно-технического уровня для данного проекта составляет:

$$I_{НТУ} = 0,4 \cdot 8 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 8,8.$$

По полученным данным можно сделать вывод, что проект имеет высокий уровень научно-технического эффекта.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна

Институт	Кибернетики	Кафедра	Информационных систем и технологий
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	09.04.02 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 являются среда разработки MATLAB Simulink с использованием библиотеки SimEvents, статистические данные по загруженности транспортных узлов пешеходами и автомобилями, правила дорожного движения. Целью магистерской диссертации (предметом) является разработка модели для анализа загруженности транспортных узлов.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1 Производственная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности. 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.	Производственная безопасность на стадии разработки модели. 1.1 В качестве вредных факторов выделены: – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Нарушение параметров микроклимата; 1.2. В качестве опасных факторов выделены: – Опасность поражения электрическим током и возникновения статического электричества; – Опасность возникновения пожара или взрыва.
2 Экологическая безопасность: 2.1 Анализ воздействия объекта на окружающую среду; 2.2 Разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	2.1 Влияние объекта исследования на окружающую среду: – Образование мусора. – Утилизация люминисцентных ламп – Утилизация компьютерной техники и канцелярских принадлежностей. 2.2 Мероприятия по защите окружающей среды.

3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; 3.2 Выбор наиболее типичной ЧС и мероприятий по их предотвращению; 3.3 Разработка действий по ликвидации ЧС с помощью программного продукта	3.1 Возможные чрезвычайные ситуации: – Пожар; – Социальные чрезвычайные ситуации (терроризм). 3.1 Типичная чрезвычайная ситуация: 3.1.1 Социальная чрезвычайная ситуация (терроризм). 3.1.2 Мероприятия по предотвращению ЧС 3.2 Разработка действий по ликвидации ЧС с помощью программного продукта: – Построение маршрутов эвакуации; – Построение маршрутов для ликвидации ЧС.
4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 4.1 Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ; 4.2 Влияние реализации продукта на работу транспортных систем.	4.1 Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ согласно нормативным документам документам. 4.2 Влияние реализации программного продукта по работу транспортных систем: – Улучшение экологической ситуации; – Построение оптимальных маршрутов; – Распределение объектов землепользования; – Экономия времени и денежных средств.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акулов Петр Анатольевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна		

ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Разработанный в рамках магистерской диссертации проект является моделью транспортной системы города, состоящей из узлов обслуживания (перекрестков и пешеходных переходов), которая позволит планировать загруженность тех или иных транспортных узлов города и выявлять узкие места в муниципальной транспортной системе.

Разработка и оптимизация модели велась с использованием компьютерной техники. Использование средств вычислительной техники, накладывает целый ряд вредных факторов на человека, что впоследствии снижает производительность его труда и может привести к существенным проблемам со здоровьем сотрудника.

Данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов производственной среды как для разработчиков, так и для пользователей.

5.1 Производственная безопасность на стадии разработки

Научно-исследовательская деятельность выполнялась в помещении кафедры «Информационных систем и технологий» 10 корпуса ТПУ в кабинете 402. Помещение оснащено видео-дисплейными терминалами (ВДТ), персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ), компьютерными столами, стульями, столом для коллективной работы, огнетушителями, кондиционером, противопожарной сигнализацией и датчиками дыма.

В данной работе проводились анализ и оптимизация модели системы управления транспортными потоками. Для этого было использовано компьютерное моделирование, а так же проведен ряд экспериментов. При этом использовалось следующее оборудование: ноутбук Sony VAIO vpcs13z9r, монитор BENQ gl2450-t.

В данном разделе будут рассмотрены требования по безопасности при разработке и оптимизации модели системы управления транспортными потоками в городе. Это необходимо для того исключить несчастные случаи при разработке системы.

Для обеспечения производственной безопасности необходимо проанализировать воздействия на человека вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать при разработке проекта.

Производственный фактор считается вредным, если воздействие этого фактора на человека может привести к его заболеванию. Производственный фактор считается опасным, если его воздействие может привести к травме [18].

Все производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Для данной работы целесообразно рассмотреть физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, характерные для рабочей зоны программиста, разработчика приложения, пользователя. Выявленные факторы представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Вредные и опасные производственные факторы при выполнении работ за ПЭВМ

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Работа за ПК	1) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2) Нарушение воздухообмена для	1) Опасность поражения электрическим током; 2) Опасность	1) СН 2.2.4/2.1.8.562-96; 2) СанПиН 2.2.4.548-96;

	удаления излишнего тепла;	возникновения статического электричества 3) Опасность возникновения пожара.	3) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; 4) СП 52.13330.2011; 5) ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ; 6) СНиП 21-01-97.
--	---------------------------	--	--

5.1.1 Вредные производственные факторы

5.1.1.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Корректно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, а так же оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

По СНиП 23-05-95 лаборатория относится к 1 группе производственных помещений. Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с дисплеем ПЭВМ и занимает от 80 % рабочего времени. Недостаточность освещения снижает производительность труда, увеличивает утомляемость и количество допускаемых ошибок, а также может привести к появлению профессиональных болезней зрения.

Разряд зрительных работ программиста и оператора ПЭВМ относится к разряду III и подразряду Г (работы высокой точности). В таблице 6.3 представлены нормативные показатели искусственного освещения при работах заданной точности.

Таблица 5.2 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий для операторов ПЭВМ [19].

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещённость, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						всего	В том числе от общего	
Высокой точности	0,264	III	г	Средний, большой	Светлый, средний	400	200	200

В качестве источников света для освещения помещения используются люминесцентные лампы, которые обладают большим сроком службы и высокой световой отдачей.

В лаборатории производятся работы средней точности, (минимальная величина объекта различия составляет от 0.5 до 1 мм).

Рекомендуемая освещенность помещения E_0 , при среднем контрасте различия с тёмным фоном, составляет 200 лк [20]. Освещенность в помещении:

$$E = E_0 \times K$$

где K - коэффициент запаса (загрязнение светильника) K равный 1.8.

$$E = 200 \times 1.8 = 360 \text{ лк}$$

На рабочей поверхности отсутствуют резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, что приводит к повышению утомляемости и снижению производительности труда.

Необходимо предусмотреть на окнах солнцезащитные устройства, например, жалюзи, предотвращающие проникновение прямых солнечных лучей, которые создают на рабочих местах резкие тени.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента

светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 360 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Коэффициент отражения светового потока от потолка q_p , стен q_c , соответственно равны 70 %, 50 %. q_z равен 10 % Уровень от рабочей поверхности до потолка составляет:

$$h = H - h_p,$$

где h_p - высота рабочей поверхности.

$$h = 3 - 0,95 = 2,15 \text{ м.}$$

Для освещения используются светильники типа ЛСП 40, для которых оптимальное отношение световых потоков g составляет 1.3. Расчетная длина между двумя рядами светильников:

$$L = g \times h.$$

$$L = 1,3 \times 2,15 = 2,795 \text{ м.}$$

Число рядов светильников:

$$n = B/L,$$

где B – ширина помещения,

$$n = 0,9. \text{ Следовательно, выбираем один ряда светильников.}$$

Учитывая коэффициенты отражения световых потоков от потолка, стен, пола в лаборатории, можно определить коэффициент использования светового потока:

$$\eta = \frac{q_p + q_c + q_z}{3},$$

где q_p - коэффициент отражения светового потока от потолка равный 70 %,

q_c - коэффициент отражения светового потока от стен равный 50 %,

q_z - коэффициент отражения светового потока пола равный 10 %.

$$\eta = \frac{70 + 50 + 10}{3} = 43 \text{ \%}.$$

Световой поток лампы F0 ЛБ-40 составляет 2480 лк. Тогда световой поток светильника, состоящего из двух ламп:

$$F = 2 \times F_0.$$

$$F = 2 \times 2480 = 4960 \text{ лк}$$

Определим необходимое число светильников в ряду:

$$N = \frac{E \times S \times Z}{n \times F \times \eta \times \gamma},$$

$$N = \frac{360 \times 6 \times 1,15}{1 \times 4960 \times 0,43 \times 1} = 1,6$$

где Z - коэффициент непрерывности равный 1.15;

γ - коэффициент затемнения равный 1.

При длине светильника $l_{\text{св}}$ равной 0,5 м, их общая длина составляет:

$$l_{\text{общ}} = N \times l_{\text{св}}.$$

$$l_{\text{общ}} = 2 \times 0,5 = 1 \text{ м}.$$

Расстояние между светильниками

$$l = \frac{A - l_{\text{общ}}}{N + 1}.$$

$$l = 0,67 \text{ м}.$$

Ширина светильников 0,5м.

Таким образом, в лаборатории необходимо установить 1 ряд по 2 светильника.

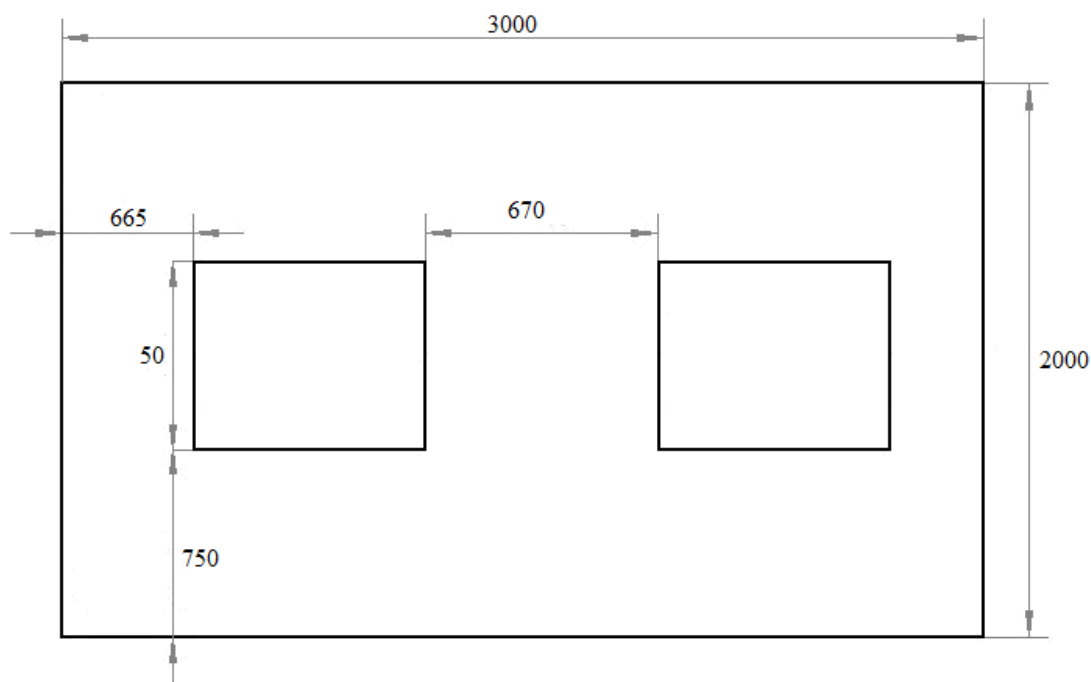


Рисунок 5.1 – Схема расположения источников искусственного освещения

5.1.1.2 Расчет параметров микроклимата.

Для расчета необходимого воздухообмена для удаления избыточного тепла используется следующая формула:

$$L = \frac{Q_{изб}}{\gamma \cdot c \cdot \Delta t}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где: L , $\text{м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен; $Q_{изб}$, $\text{ккал}/\text{ч}$ – избыточное тепло; $\gamma = 1,206 \text{ кг}/\text{м}^3$ – удельная масса приточного воздуха; $C_v = 0,24 \text{ ккал}/\text{кг} \cdot \text{град}$ – теплоемкость воздуха;

$$\Delta t = t_{\text{вых}} - t_{\text{пр}}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где: $t_{\text{вых}}$, $^\circ\text{C}$ – температура удаляемого воздуха;

$t_{\text{пр}}$, $^\circ\text{C}$ – температура приточного воздуха;

$$Q_n = Q_{изб} / V_n, \text{ ккал}/\text{м}^3 \cdot \text{ч}$$

где: V_n , м^3 – внутренний объем помещения.

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_{л} + Q_{р} - Q_{отд}, \text{ ккал}/\text{ч}$$

где: $Q_{об}$ – тепло, выделяемое оборудованием;

$Q_{\text{осв}}$ – тепло, выделяемое системой освещения;

$Q_{\text{л}}$ – тепло, выделяемое людьми в помещении;

$Q_{\text{р}}$ – тепло, вносимое за счет солнечной радиации;

$Q_{\text{отд}}$ – теплоотдача естественным путем.

Определяем количество тепла, выделяемого оборудованием

$$Q_{\text{об}} = 860 \cdot P_{\text{об}} \cdot W1, \text{ ккал/ч}$$

где: $W1$ – коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования; $P_{\text{об}}$, кВт – мощность, потребляемая оборудованием;

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot W2 \cdot W3 \cdot W4$$

$$W1 \cdot W2 \cdot W3 \cdot W4 = 0,01$$

$$Q_{\text{об}} = 860 \cdot 500 \cdot 0,01 = 430 \text{ ккал/ч}$$

Определяем количество тепла, выделяемого системой освещения

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot P_{\text{осв}} \cdot \alpha \cdot b \cdot \cos(\varphi), \text{ ккал/ч}$$

где: α – коэф. перевода электрической энергии в тепловую, люминесцентные лампы $\alpha = 0,46 - 0,48$; b – коэф. одновременности работы ($b=1$); $\cos(\varphi) = 0,7 - 0,8$ – коэф. мощности; $P_{\text{осв}}$ – мощность осветительной установки.

Лаборатория оборудована потолочными люминесцентными светильниками мощностью 40 Вт в количестве 8 штук. $P_{\text{осв}} = 320 \text{ Вт}$

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot 320 \cdot 0,48 \cdot 1 \cdot 0,77 = 101713,92 \text{ ккал/ч}$$

Определяем количество тепла, выделяемого находящимися

в помещении людьми

$$Q_{\text{л}} = N \cdot q_{\text{л}}, \text{ ккал/ч}$$

где: N – количество людей в помещении;

$q_{\text{л}}$ – тепловыделения одного человека, принимаем согласно категории тяжести работы инженера-конструктора;

$$Q_{\text{л}} = 2 \cdot 70 = 140 \text{ ккал/ч}$$

Определяем количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации

$$Q_p = m \cdot S \cdot q_{\text{ост}}, \text{ ккал/ч}$$

где: m – количество окон;

$S, \text{ м}^2$ – площадь одного окна;

$q_{\text{ост}}, \text{ ккал/ч}$ – солнечная радиация через остекленную поверхность.

$$Q_p = 1 \cdot 5 \cdot 125 = 625 \text{ ккал/ч}$$

$$Q_{\text{отд}} = 0$$

$$Q_{\text{изб}} = 430 + 101713,92 + 140 + 625 = 102908,92 \text{ ккал/ч.}$$

$$L = 102908,92 / 1,206 \cdot 0,24 \cdot (23 - 15) = 68200 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$n = 1320 / 240 = 4,5 \text{ ч}^{-1}$$

где n – кратность воздухообмена.

Данное значение не превышает установленную величину – 10 ч^{-1} , поэтому никаких мер по устранению избыточного тепла не нужно.

Вывод: в лаборатории обеспечен достаточный воздухообмен, поэтому принимать меры нет необходимости.

5.1.2 Опасные производственные факторы

5.1.2.1 Электробезопасность

Электробезопасность это система организационных и технических мероприятий и средств, которая обеспечивает защиту людей опасного воздействия электрического тока, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000В (помещения без повышенной опасности), до 1000В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000В (помещения особо опасные).

Лаборатория относится к 1 классу опасности помещений. Помещение без повышенной опасности, которые характеризуются отсутствием в них следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырость,

- токопроводящая пыль,
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.),
- высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Главными причинами воздействия тока на человека могут являться: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции и другие.

Губительное воздействие электрического тока зависит от величины и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20 – 100Гц. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001А, а смертельный 0,1А. Безопасным напряжением для человека является 12 В, условно безопасным до 36В. Могут быть следующие виды воздействий:

- а) термическое (ожог);
- б) электрическое;
- в) механическое (электрометаллизация);
- г) биологическое (паралич мышц, электрический удар).

ГОСТ 12.1.038 – 82. устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов. Мероприятия по защите от поражения электрическим током – защитное заземление. Принцип действия защитного заземления: человек должен стоять внутри контура заземления и при попадании фазного напряжения на заземленный корпус прибора, под фазным напряжением окажется как корпус прибора, так и участок земли, на которой стоит человек. При соприкосновении человека с прибором между его рукой и

ногами не возникает разница потенциалов, и ток через человека не потечет. Данное помещение относится к помещениям без повышенной опасности [20].

Мероприятия, проводимые для устранения факторов поражения электрическим током [21]:

а) все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, проходят инструктаж на рабочем месте, допуск к самостоятельной работе разрешается лишь после проверки знаний техники безопасности;

б) осуществляется постоянный контроль качества и исправности защитных приспособлений и заземления, ремонтно-наладочные работы на действующих электроустановках производится только с использованием защитных средств;

в) эксплуатация электроустановок предусматривает введение необходимой технической документации; обеспечивается недоступность к токоведущим частям, находящимся под напряжением; корпуса приборов и электроустановок заземляются;

Все перечисленные мероприятия выполнены, лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током.

Освобождение пострадавшего от действия тока может быть осуществлено несколькими способами. Наиболее простой и верный способ – это отключение соответствующей части электроустановки. Если отключение быстро произвести не удастся, можно при напряжении до 1000В перерубить провода топором с деревянной рукояткой или оттянуть пострадавшего от токоведущей части. Необходимо оказать человеку первую доврачебную помощь.

Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля.

Основные способы защиты от статического электричества, следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха [22].

5.1.2.2 Опасность возникновения пожара

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ФЗ 123 ТР о требованиях к пожарной безопасности понятие «пожарная безопасность» означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей [23].

Пожарная безопасность подразумевает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к категории В, так как в нем возникновение пожара может произойти только в случае аварий или производственных неисправностей.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия [25]:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в) назначение ответственного по пожарной безопасности помещений;
- г) издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Первичные средства пожаротушения используются для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии и применяются до прибытия пожарной команды.

Воздушно-пенные огнетушители очагов пожара, без наличия электроэнергии, а так же углекислотные и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Переносной, порошковый, закачиваемый огнетушитель ОП-5 применяется для тушения токоведущих частей и электроустановок. Тушение электроустановок нужно производить на расстоянии не менее 1 метра. Зарядку порошковых огнетушителей следует производить один раз в пять лет. При необходимости необходимо проводить ремонт и зарядку огнетушителей.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств

пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

5.2 Экологическая безопасность

5.2.1 Влияние объекта исследования на окружающую среду

В данном разделе рассматривается воздействие на окружающую среду деятельности по разработке модели, а также самого продукта в результате его реализации на производстве.

В ходе выполнения ВКР и дальнейшем использовании модели отсутствуют выбросы каких-либо вредных веществ в атмосферу и гидросферу, следовательно, загрязнение воздуха и воды не происходит.

Для охраны окружающей среды ведутся следующие мероприятия: все отходы утилизируются, то есть помещаются в предназначенный для этого специальный мусорный контейнер; люминесцентные лампы заменяет специализированный персонал, из-за имеющегося в них ядовитого вещества - ртути. Неисправные лампы утилизируются.

Из-за содержания в электронной технике цветных и драгоценных материалов ее необходимо утилизировать, для этого нужно произвести его правильное списание и утилизацию. При утилизации прибор разбирается на составляющие материалы и передается во вторичное производство[26].

5.2.2 Мероприятия по защите окружающей среды

Для уменьшения вредного влияния на литосферу необходимо производить сортировку отходов и обращаться в службы по утилизации для дальнейшей переработки или захоронения [27].

В основном, организации, занимающиеся приёмом и утилизацией ртуть содержащих отходов, принимают люминесцентные лампы в массовых количествах. Лампа состоит из электронного блока — выгодный компонент для реставрации и утилизации; колба и цоколь также ценное сырьё. По стране утилизацией «ртутных» ламп занимаются более 50 фирм, но единственное их условие — деньги, которые вы должны заплатить за вывоз.

Такие лампы нельзя выкидывать в мусоропровод или уличные контейнеры, а нужно отнести в свой районный ДЕЗ (Дирекция единичного заказчика) или РЭУ (Ремонтно-эксплуатационное управление), где есть специальные контейнеры. Там они принимаются бесплатно, основанием должна служить утилизация в соответствии с Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Томской области. Пункты приёма отработавших свой срок люминесцентных ламп по городам можно найти в интернете [28].

Переработка макулатуры представляет собой многоэтапный процесс, цель которого заключается в восстановлении бумажного волокна и, зачастую, других компонентов бумаги (таких как минеральные наполнители) и использование их в качестве сырья для производства новой бумаги.

Организации, занимающиеся покупкой сломанных компьютеров на запчасти, готовы платить за запчасти деньги, которые они сэкономят на покупке новых деталей, необходимых для ремонта. Такие организации принимают даже битую и залитую чем-то технику. Компьютерная техника (или ее компоненты) может также заинтересовать тех, кто скупает старые платы и радиодетали для получения из них после переработки драгоценных и редких металлов. Многие сетевые гипермаркеты электронной техники периодически устраивают программу утилизации. Условия такие: за старую бытовую технику вам предложат неплохую скидку на последующую покупку в этом магазине. Также можно самостоятельно отвезти сломанный компьютер в пункт приема металлолома не составит труда. Такие точки приема есть в каждом городе.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Лаборатория, где проводились исследования, находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Опасные природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Для работы за ПЭВМ наиболее типичные следующие ЧС:

- Социальные ЧС (терроризм);
- Опасность возникновения пожара;
- Высокий уровень задымленности и смог в сезон лесных пожаров.

5.3.1 Основные чрезвычайные ситуации в офисном помещении

Чрезвычайные ситуации бывают техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

При работе в кабинете могут возникнуть следующие классификации чрезвычайных ситуаций:

- Преднамеренные/непреднамеренные;
- Техногенные: взрывы, пожары, обрушение помещений, аварии на системах жизнеобеспечения/природные – связанные с проявлением стихийных сил природы.
- Экологические – это аномальные изменения состояния природной среды, такие как загрязнения биосферы, разрушение озонового слоя, кислотные дожди/ антропогенные – являются следствием ошибочных действий людей.
- Биологические – различные эпидемии, эпизоотии, эпифитотии;
- Социальные – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате опасного социального явления, которое повлекло в результате человеческие жертвы, ущерб здоровью, имуществу или окружающей среды;
- Комбинированные.

5.3.2 Типичные чрезвычайные ситуации

5.3.2.1 Социальная чрезвычайная ситуация (терроризм)

Терроризм – это метод, посредством которого организованная группа или партия стремятся достичь провозглашенные ими цели через систематическое использование насилия.

Компьютерный терроризм (кибертерроризм) — использование компьютерных и телекоммуникационных технологий (прежде всего, интернета) в террористических целях.

В киберпространстве могут быть использованы различные способы для совершения кибертеракта:

- Получение несанкционированного доступа к государственным и военным секретам, банковской и личной информации;
- Нанесение ущерба отдельным физическим элементам информационного пространства, например, разрушение сетей электропитания, создание помех;
- Использование специальных программ для разрушения аппаратных средств;
- Кража или уничтожение информации, программ и технических ресурсов путем преодоления систем защиты, внедрения вирусов, программных закладок;
- Воздействие на программное обеспечение и информацию;
- Раскрытие и угроза публикации закрытой информации;
- Захват каналов средств массовой информации с целью распространения дезинформации, слухов, демонстрации мощи террористической организации и объявления своих требований;
- Уничтожение или активное подавление линий связи, неправильная адресация, перегрузка узлов коммуникации;
- Проведение информационно-психологических операций.

Использование картографических средств дает очень широкие возможности для всех без исключения, предоставляя в открытом доступе спутниковые снимки и карты любой местности. Данная веб-система предоставляет так же информацию об исторических объектах города. В результате получения данной информации террористы могут нанести неисправимый ущерб данным объектам.

В местах, где расположены исторические объекты, обычно наблюдается массовое скопление людей. Террористы также могут воспользоваться массовым скоплением людей для проведения террористических актов.

В результате чего, люди, находясь в толпе, при возникновении экстремальных ситуаций подвергают опасности свое здоровье и в крайней ситуации — жизнь.

5.3.3 Применение разработанного продукта для организации эвакуации в случае ЧС

Поскольку разработанная модель в библиотеках среды MATLAB имеет открытый код, то существует возможность использовать этот код во всех геоинформационных системах и системах поддержки принятия решений.

На сегодняшний день существует множество навигационных программ, которые получая данные со спутников, отражают ситуации на дорогах города. При использовании в геоинформационных системах разработанной модели системы управления транспортных потоков в городе, существует возможность не только наблюдать в реальном времени заторы на дорогах, но и предсказывать их, а в случае ЧС система поддержки принятия решений построит оптимальный маршрут для эвакуации граждан и ликвидации воздействий ЧС.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ

Регулирование отношений между работником и работодателем, касающихся оплаты труда, трудового распорядка, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями

и проч., осуществляется законодательством РФ, а именно трудовым кодексом РФ.

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда.

Продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- Для работников в возрасте от 15 до 16 лет – 5 часов, в возрасте от 16 до 18 лет – 7 часов;

- Для учащихся общеобразовательных учреждений, образовательных учреждений начального и среднего профессионального образования, совмещающих в течение учебного года учебу с работой, в возрасте от 14 до 16 лет – 2,5 часа, в возрасте от 16 до 18 лет – 4 часов;

- Для инвалидов – в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами российской федерации.

Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- При 36-часовой рабочей неделе - 8 часов;

- При 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов.

Продолжительность работы (смены) в ночное время сокращается на один час без последующей отработки. К работе в ночное время не допускаются: беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18

лет, за исключением лиц, участвующих в создании и (или) исполнении художественных произведений, и других категорий работников в соответствии с настоящим Кодексом и иными федеральными законами.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания. Время предоставления перерыва и его конкретная продолжительность устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка или по соглашению между работником и работодателем.

Всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых).

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы только в случаях, установленных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя. Законодательством РФ запрещена дискриминация по любым признакам и принудительный труд [35].

Если пользователь постоянно загружен работой с ЭВМ, приемлемой является поза сидя. В положении сидя основная нагрузка падает на мышцы, поддерживающие позвоночный столб и голову. В связи с этим при длительном сидении время от времени необходимо сменять фиксированные рабочие позы.

Исходя из общих принципов организации рабочего места, в нормативно-методических документах сформулированы требования к конструкции рабочего места.

Основными элементами рабочего места программиста являются: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура, мышь; вспомогательными - пюпитр, подставка для ног [36].

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и

перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования [37].

Рабочие места с ЭВМ должны располагаться на расстоянии не менее 1,5 м от стены с оконными проемами, от других стен – на расстоянии 1 м, между собой – на расстоянии не менее 1,5 м. При размещении рабочих мест необходимо исключить возможность прямой засветки экрана источником естественного освещения.

При размещении ЭВМ на рабочем месте должно обеспечиваться пространство для пользователя величиной не менее 850 мм. Для стоп должно быть предусмотрено пространство по глубине и высоте не менее 150 мм, по ширине – не менее 530 мм. Располагать ЭВМ на рабочем месте необходимо так, чтобы поверхность экрана находилась на расстоянии 400 – 700 мм от глаз пользователя. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы [38].

Рабочее кресло обеспечивает поддержание рабочей позы в положении сидя, и чем длительнее это положение в течение рабочего дня, тем жестче должны быть требования к созданию удобных и правильных рабочих сидений.

Высота поверхности сиденья должна регулироваться в пределах 400 – 550 мм. Ширина и глубина его поверхности должна быть не менее 400 мм. Поверхность сиденья должна быть плоской, передний край – закругленным. Сиденье и спинка кресла должны быть полумягкими, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, материал которого обеспечивает возможность легкой очистки от загрязнения.

Опорная поверхность спинки стула должна иметь высоту 280 – 320 мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости

– 400 мм. Расстояние сцинки от переднего края сиденья должно регулироваться в пределах 260 – 400 мм.

Рабочее место должно быть оборудовано устойчивой и просто регулируемой подставкой для ног, располагающейся, по возможности, по всей ширине отводимого участка для ног. Подставка должна иметь ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20. Поверхность подставки должна быть рифленой, по переднему краю иметь бортик высотой 10 мм.

При организации рабочего пространства необходимо учитывать индивидуальные антропометрические параметры пользователя с соответствующими допусками на возможные изменения рабочих поз и потребность в перемещениях.

Рациональной рабочей позой может считаться такое расположение тела, при котором ступни работника расположены на плоскости пола или на подставке для ног, бедра сориентированы в горизонтальной плоскости, верхние части рук – вертикальный угол локтевого сустава колеблется в пределах 70 – 90, запястья согнуты под углом не более чем 20, наклон головы – в пределах 15 – 20, а также исключены частые ее повороты [39].

5.4.2 Влияние реализации проекта на работу транспортных систем

Важно учитывать, что интегрированность транспорта в жизнь человека – это средство доступа к экономическим, социальным и культурным ресурсам. Таким образом, транспортное планирование часто требует разрешения противоречивых требований различных групп и основных экономических, социальных и политических интересов.

Распределение землепользования на городской территории (жилые дома, офисы, магазины и развлекательные объекты) создает спрос, например, в поездке на работу, магазин. Эти поездки осуществляются на автомобильном, электрическом транспорте, велосипеде или как пешие

прогулки по транспортной сети, плюс они воздействуют на окружающую среду.

Внедрение разработанного способа моделирования транспортных потоков в городе позволит не только построить оптимальный маршрут, но и сократить время и ресурсы на дорогу, спрогнозировать и предотвратить заторы путем оперативного оповещения и коррекции режима работы светофоров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате научно-исследовательской работы были разработаны модели транспортных узлов, на основе которых построилась модель системы управления транспортным потоком. После проведенного аналитического обзора было решено оптимизировать модель системы управления транспортными потоками путем моделирования работы светофора на транспортном узле и дальнейшей настройки его режимов работы.

Преимуществом такой оптимизации стали не только разгрузка транспортного узла при заданных ранее параметрах распределения поступления заявок типа «Пешеход» и «Автомобиль», но и сохранение стабильной работы узла при изменении этих параметров в сторону увеличения нагрузки.

Полученная модель перекрестка очень гибкая и ее с легкостью можно трансформировать под любой тип перекрестка с любой нагрузкой на него.

К перспективам успешного использования модели можно отнести ее использование в совокупности с системой сбора статистических данных на перекрестках, в основе которых лежит распознавание образов. При выявлении периодичности поступления автомобилей или пешеходов можно настраивать режим работы светофоров в зависимости от дня недели, времени года или времени суток.

Успешное внедрение таких систем управления транспортными потоками не только снизит топливные и временные расходы на поездку, но так же в дальнейшем может использоваться в системах поддержки принятия решений при построении маршрутов для автомобилей и пассажирского транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макарова И.В., Хабабуллин Р.Г., Шубенкова К.А. Совершенствование управления транспортными потоками города с использованием имитационного моделирования // 4-я Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию ИММОД 2009 / С.-П., 2009
2. Швецов В.И., Алиев А.С. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей. –М.: Мягкая обложка, 2003. – 62с.
3. Понятие модели и моделирования [Электронный ресурс], режим доступа URL: http://studopedia.ru/3_36006_ponyatiya-modeli-i-modelirovaniya.html/свободный (19.04.2017)
4. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков. –М.: Институт системного анализа РАН, 2003. – 52 с.
5. Антипробочная терапия [Электронный ресурс], режим доступа URL: <http://www.arterylite.ru/library/page/3/>свободный (25.04.2017)
6. Интеллектуальная транспортная система для крупных городов [Электронный ресурс], режим доступа URL: <http://studik.net/intelektualnaya-transportnaya-sistema-dlya-kрупных-gorodov/>свободный (25.04.2017)
7. Распоряжение Федерального дорожного агентства от 27 февраля 2013г. №236-р «Об издании и применении ОДМ 218.6.003-2011 «Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах»: [Электронный ресурс], режим доступа URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70226672/>свободный (23.03.2017)
8. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: Автореф.. дисс. Канд.тех. наук. – Москва: 2013
9. Теория массового обслуживания [Электронный ресурс], режим доступа URL: <http://window.edu.ru/resource/124/47124/files/sss068/>свободный (31.05.2017)

10. Теория массового обслуживания [Электронный ресурс], режим доступа URL: <http://e-lib.kemtipp.ru/uploads/08/свободный> (31.05.2017)
11. 3.Марковские процессы [Электронный ресурс], режим доступа URL: http://e-biblio.ru/book/bib/06_management/teor_mass_obslug/158.9.13.html свободный (31.05.2017)
12. MATLAB [Электронный ресурс], режим доступа URL: <http://matlab.ru/products/matlab/свободный> (23.03.2017)
13. Белохвостиков И.В. Системные исследования и оптимизация функционирования Интернет систем с использованием сетей Петри : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 : Краснодар, 2004 168 с.
14. Simulink [Электронный ресурс] режим доступа URL: <http://matlab.ru/products/simulink/свободный> (23.03.2017)
15. SimEvents [Электронный ресурс] режим доступа URL: <http://matlab.ru/products/simevents/свободный> (23.03.2017)
16. Об AnyLogic [Электронный ресурс], режим доступа URL: <https://www.anylogic.ru/overview> свободный (31.05.2017)
17. Лагереv Р.Ю. Современные принципы управления транспортными потоками на городских магистралях // Вестник ИрГТУ / №1(48) – 2011г.
18. Охрана труда. Основы безопасности жизнедеятельности // www.Grandars.ru. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/ohrana-truda.html> (дата обращения: 11.03.2017);
19. СНиП 23-05-95 Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственное освещение // URL: <http://www.vashdom.ru/snip/2305-95/> (дата обращения 11.03.2017);
20. ГОСТ ИСО 8995-2002. Освещение рабочих систем внутри помещений // URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/5955/> (дата обращения 11.03.2017);
21. ГОСТ 12.1.038 – 82 система стандартов безопасности труда. Электробезопасность, предельно допустимые значения напряжений

прикосновения и токов // URL: <http://vsegost.com/Catalog/21/21681.shtml> (дата обращения 11.03.2017);

22. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты // URL: <http://vsegost.com/Catalog/49/49923.shtml> (дата обращения 23.03.2017);

23. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление // URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/4/4663/index.php (дата обращения 21.03.2017);

24. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения 01.04.2017);

25. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности // URL: <http://vsegost.com/Catalog/15/15110.shtml> (дата обращения 23.03.2017);

26. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов // URL: <http://vsegost.com/Catalog/30/3024.shtml> (дата обращения 23.03.2017);

27. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 N 681 (ред. от 01.10.2013) "Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде // Консультант Плюс. 2015. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_104420/e1b31c36ed1083efeb6cd9c63ed12f99e2ca77ed/#dst100007 (дата обращения: 03.04.2017);

28. Как утилизировать люминесцентную лампу? <http://eco63.ru/lampalum.html> (дата обращения: 03.04.2017);

29. Воздействие шума на человека // GardenWeb. URL: <http://gardenweb.ru/vozdeistvie-shuma-na-cheloveka> (дата обращения: 10.03.2017);

30. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки // Библиотека гостей и нормативов. 2016. URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/5/5212/ (дата обращения: 11.03.2017);

31. Попов В.М. Психология безопасности профессиональной деятельности: учебное пособие / В. М. Попов; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского государственного технического университета, 1996 г. – 155 с;

32. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> (дата обращения: 10.03.2017);

33. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> (дата обращения: 11.03.2017);

34. Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123 – ФЗ. "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности";

35. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 3.07.2016) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 25.05.2017);

36. ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы

измерения // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200025975> (дата обращения: 11.03.2017);

37. ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012834> (дата обращения: 11.03.2017);

38. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 11.03.2017);

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Раздел на иностранном языке

Раздел 1
DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT MANAGEMENT MODEL

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5Б	Жиркова Алина Николаевна		

Консультант кафедры _____ ИСТ _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИСТ	Мирошниченко Е.А.	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры _____ ИСТ _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Морозов В. С.			

1. SIMULATION OF A SIMPLE TRANSPORT NETWORK NODE

To analyze the load of the transport network and determine the conditions for network overload, we need to simulate the operation of a pedestrian crossing of one-way section of network.

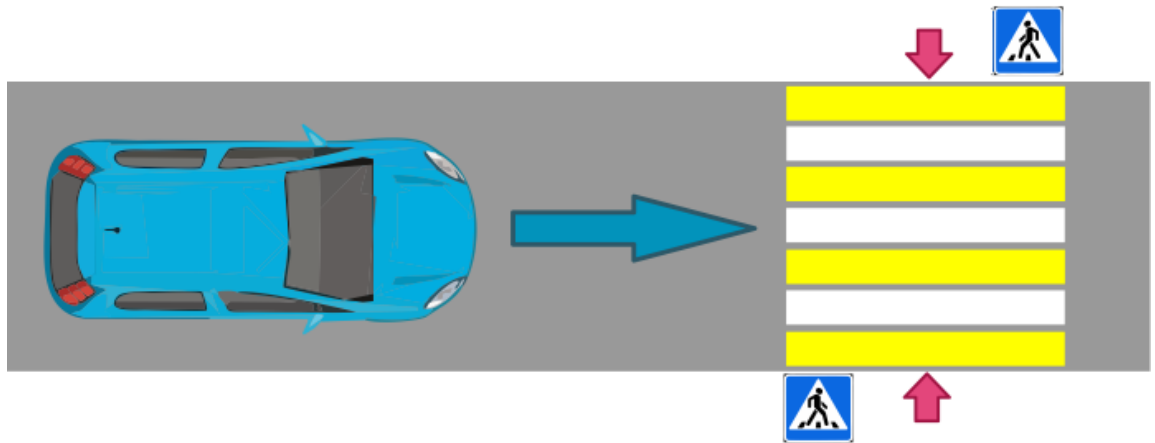


Figure 1 – Pedestrian crossing scheme

1.1 Task statement based on queuing system theory.

Service requests: cars and pedestrians

Maintenance node: pedestrian crossing

Service discipline: priority queue.

Reception order of applications for service: considering a real-world object, unregulated crosswalk on 2 Lenin Ave., we can conclude that requests for car service are more common than requests from pedestrians.

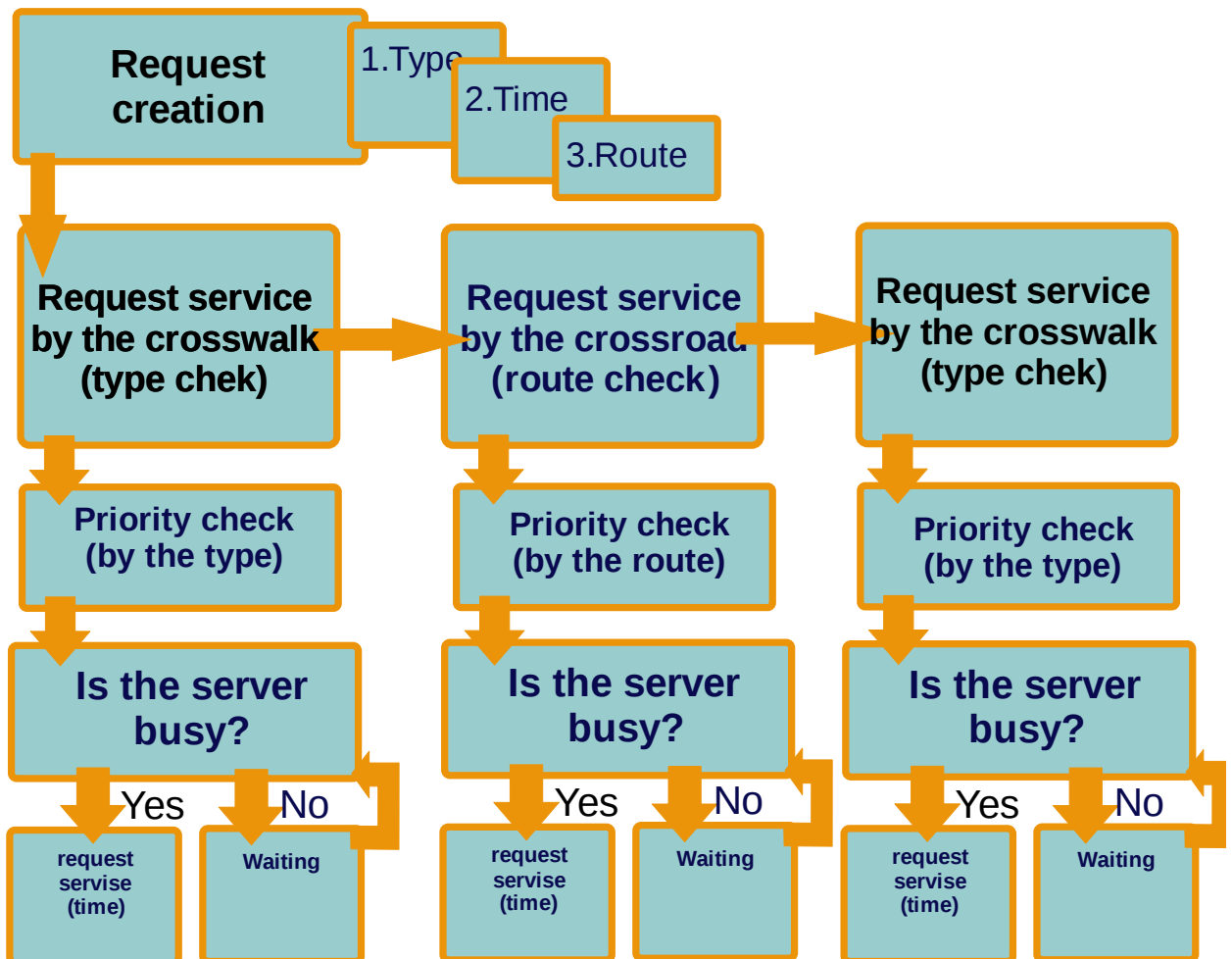


Figure 2 – Block diagram of the model

1.2 Development of the model.

The complete model of the considered pedestrian crossing is shown in Figure 3.

Creation requests system (Figure 4) will be explained next. There are two systems in this model, the difference between them is connected with its parameters: generation arrival interval between requests and service time generation. Considering this only subsystem blocks will be examined, but parameters will be examined later in the results analysis section.

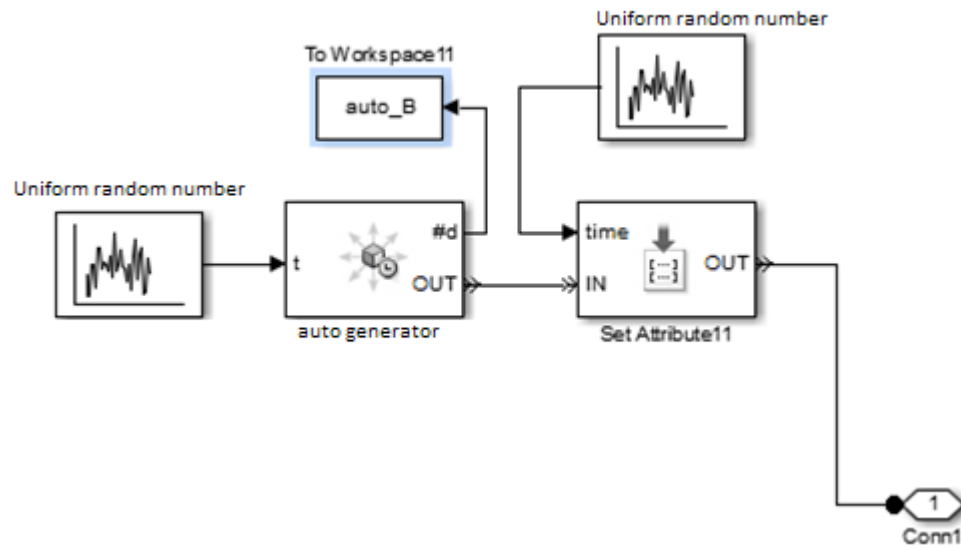
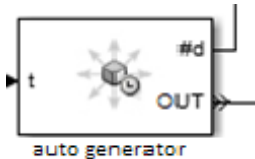
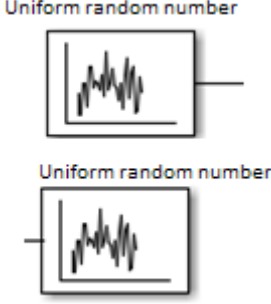
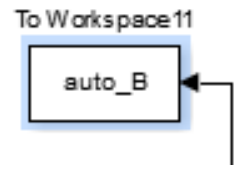
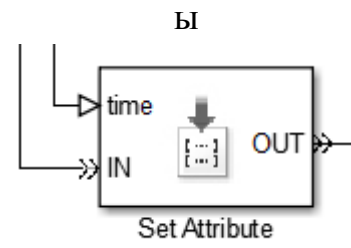


Figure 4 – Creation requests subsystem

Table 1. Creation requests subsystem blocks description

 auto generator	Block simulates request arrival in the system. Integrated block “Generation of the arrival interval” generate the request arrival time. Statistical block (amount of received requests block) was added to better visualize modeling and experiments.
	The “Uniform Based Random Number” block generates a random value; it specifies the type of distribution and the distribution parameters value. There are two blocks in the model for each request reception subsystem: first generates receiving request interval, second generate time of service.

	
	Statistical block: Block of results output to the MATLAB work area
	Setting attributes block. This block assigns priority to requests. It stores 2 attributes: time and type. The time attribute gets its value from the service time generation block, type attributes for both types of applications are assigned the constants: 1 and 2, respectively, for the car and pedestrian, this allows you to divide the claims by their type.

The “Path Combiner” block (Figure 5) combines all the requests into one thread and sends them to the queue. A statistical block is also attached to it, which displays the total number of applications received by the system. In the future, the block will give an opportunity to analyze the work of the model.

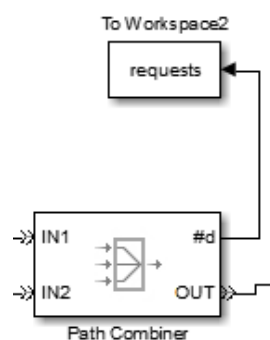


Figure 5 – “Path Combiner” block

The “Start timer” block (Figure 6) fixes the initial moment of application receiving for the service server.



Figure 6 – “Start timer” block

The “Priority Queue” block (Figure 6) builds the orders in the queue according to attribute type.

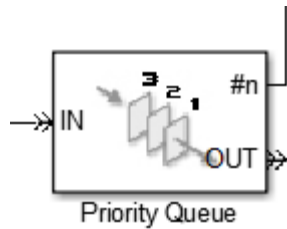


Figure 7 – “Priority Queue” block

Special attention should be paid to the parameters of the "Priority Queue" block (Figure 7): the attribute by which the order of service is sorted, and the sorting order is descending, because the value of the attribute type of pedestrian and car is 2 and 1 accordingly; and since the pedestrian has a higher priority, then it will be the first to attend the service.

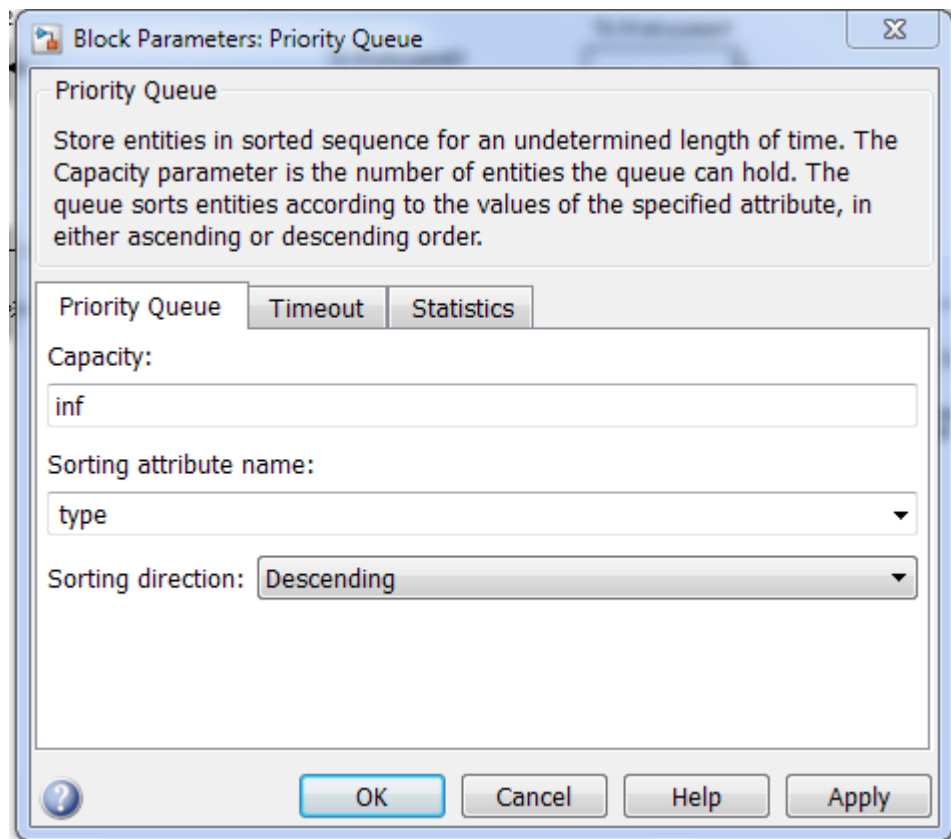


Figure 8 – parameters of the "Priority Queue" block

The "Single Server" block (Figure 9) represents the service device: a pedestrian crossing. The application service time is transmitted with the time attribute, and for each type of entity it is generated in the corresponding request generation subsystem, which was mentioned earlier.

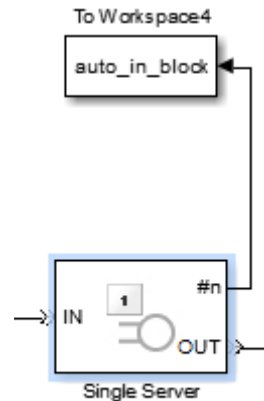


Figure 9 – Single Server Block

The "Read Timer" block (Figure 10) determines the time when the application is not located on the server.

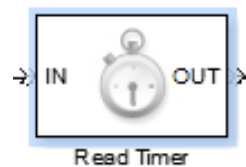


Figure 10 – Read Timer

The "Output Switch" block (Figure 11) sorts the served requests according to the "type" attribute, this is done for the convenience of analyzing the work of the model, in order to analyze later, which type of applications can be served.

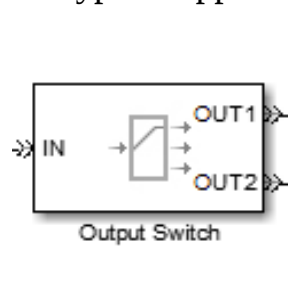


Figure 11 – Output Switch

The "Entity Sink" block (Figure 11) is used to complete the path of the entities whose work is completed. We can analyze the work of the model using statistics block.

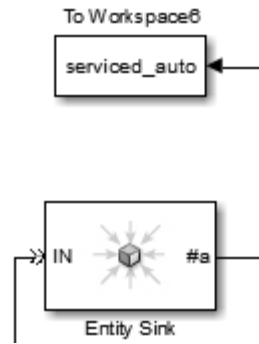


Figure 11 – «Entity Sink»

1.3 Analysis of simulation results.

Note: the observation time is 3600

Table 2 – Results of experiments

Experiment No.	Requests Type	Distribution parameters, the interval of arrival of requests	Distribution parameters, service time	Number of received requests	Number of served requests
1	Pedestrian	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 10)	194	194
	Auto	Exp (mean = 2)	Exp (mean = 3)	573	547
2	Pedestrian	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 10)	260	259
	Auto	Exp (mean = 6)	Exp (mean = 3)	347	322
3	Pedestrian	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 10)	245	244
	Auto	Exp (mean = 10)	Exp (mean = 3)	362	361

2. SIMULATION THE WORK OF A PEDESTRIAN CROSSING ON A ROAD WITH TWO-WAY TRAFFIC SECTION.

It is necessary to simulate the work of the pedestrian crossing of the two-way section of the transport network (Figure 12), analyze the network load, determine the network congestion conditions.

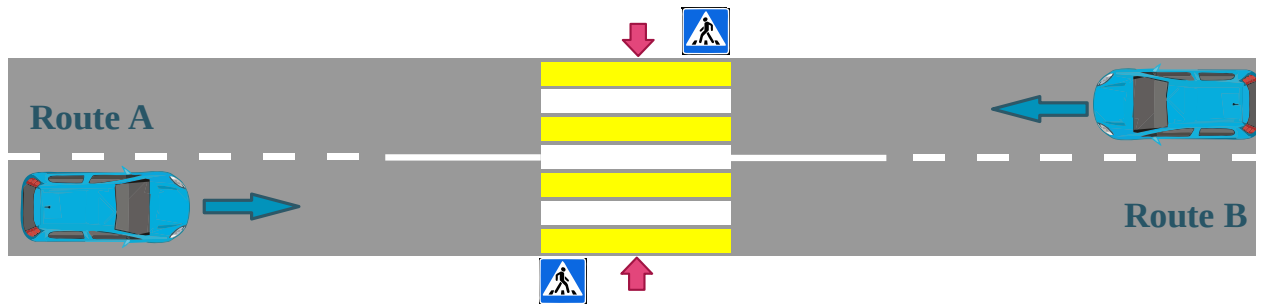


Figure 12 – Double-sided transport network scheme

2.1 The task statement based on queuing system theory.

Service requests: pedestrians, cars coming from both directions.

Maintenance node – pedestrian crossing.

Service discipline: For each lane, a separate priority queue was created; requests from pedestrians are replicated to each queue.

Reception order of applications for maintenance: considering a real-world object, unregulated crossing on 2 Lenin Ave., we can conclude that requests for car service is more common than requests from pedestrians.

Service time: service time of a pedestrian transition is more than the time of car maintenance.

2.2 Development of the model

The complete model of the considered pedestrian crossing is shown in Figure14, Figure 13 and illustrates the block diagram of the model.

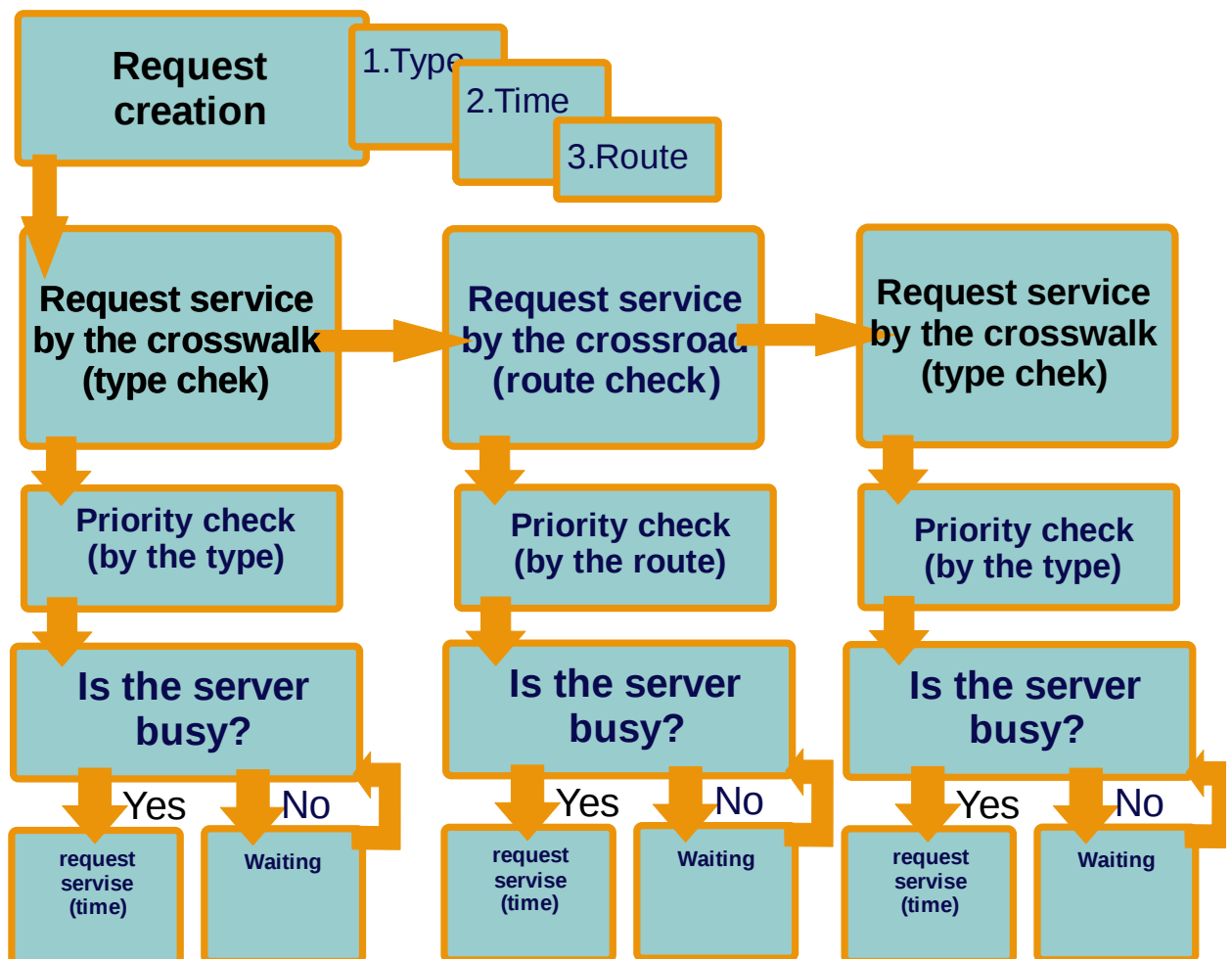


Figure 13 – Block diagram of the model

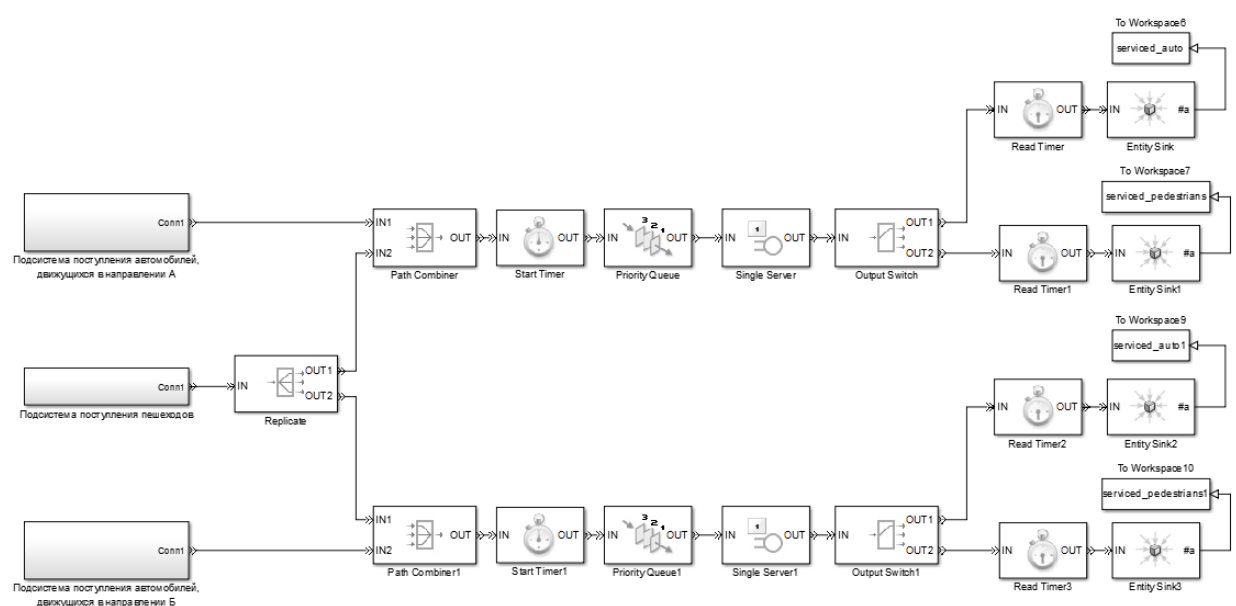


Figure 14 – Model of a pedestrian crossing on a two-way road section

Model modification description

The problem with the modification of the model was that the earlier server was opened for only one direction, which contradicts reality, because in two lanes can drive two cars at the same time and it was impossible to add one more direction of vehicles and to join this subsystem to the "Output Switch" block.

Next step became the decision to consider each lane as a separate subsystem that has its own maintenance server. There was another problem: it was necessary for each server to generate applications such as "pedestrian", and these requests could be on the server simultaneously, signaling the arrival of one person in real life.

The simplest solution was to put the "Replicate" block (Figure 15), which creates copies of entities.

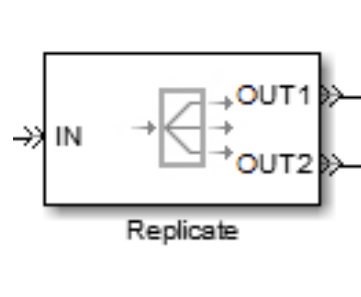


Figure 15 – The “Replicate” block

Next, the model is similar to the model described in 1.1.

3 SIMULATION OF THE X-JUNCTION

It is necessary to simulate the work of the X-junction (Figure 16). The junction consists of the two-way transport network. It's necessary to analyze the network load, and determine the network overload conditions.

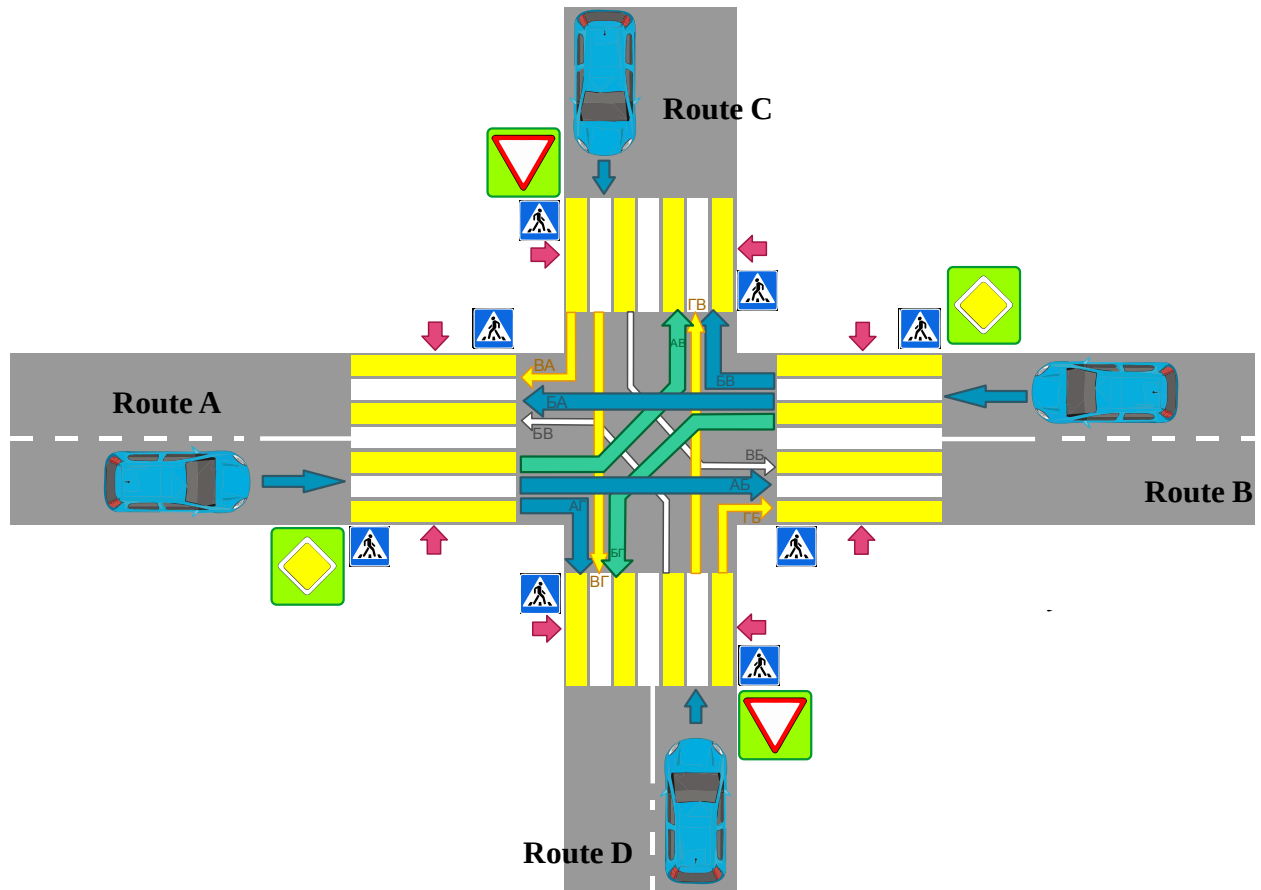


Figure 16 – the X-junction

3.1 The task statement based on queuing system theory.

Applications for maintenance: cars from the routes A, B, C, D (turning right, left, heading straight), and pedestrians crossing the A, B, C and D.

Service node: X-junction, crosswalks.

Service discipline: X-junction - priority queue, crosswalks – priority queue.

The entrance order of requests: requests for service from cars are received more often than applications for services from pedestrians.

Time service: the service time for pedestrians is longer than for cars, time service for cars on the crossroad is the same.

Figure 17 is the block diagram of the model, Figure 18 – implemented model in the SimEvents.

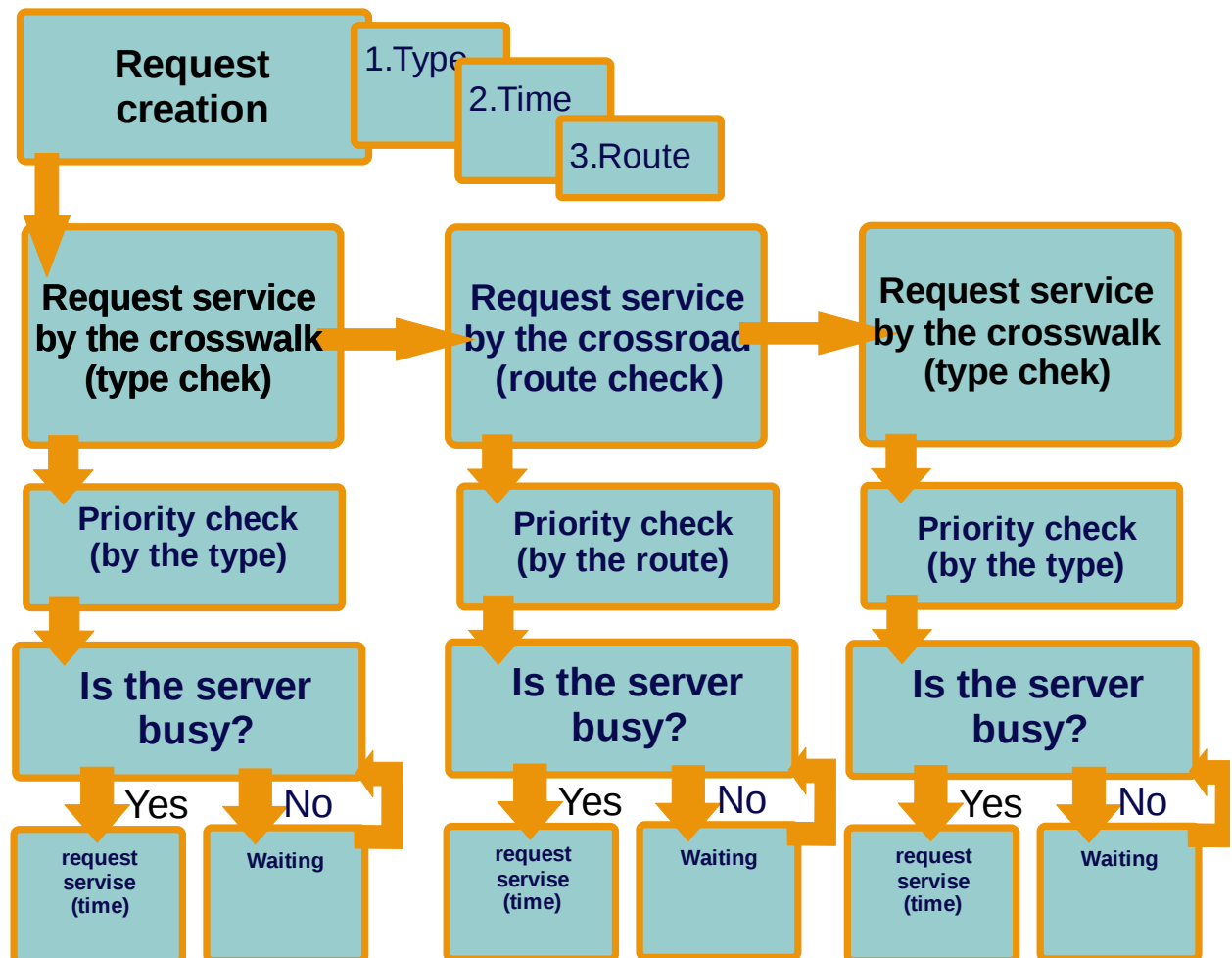


Figure 18 – block diagram of the model

3.2 Model development.

See the application.

3.3 Description of the model.

The request creation subsystems were created for each car route, as in the previous tasks. The differences consist only in the number of attributes. Figure 19 shows a window with the parameters of the “Set Attribute” block.

Set Attribute

+

×

	Attribute Name	Value From	Value	Vector Is 1-D
1	time_PP	Signal port	unused	--
2	type	Dialog	1	☒
3	priority	Dialog	2	☒
4	time_crossroad	Signal port	unused	--
5	route	Dialog	4	☒

Figure 19 – Parameters of the "Set Attribute" block

The time_PP attribute stores the value of the car (pedestrian) service time by a pedestrian crossing, the same attribute is in the “pedestrian” subsystem.

Depending on the attribute “type”, which is used for both types and is necessary in order to distinguish the type of application on the servers and also build them in the queue.

For a car, the value of the attribute was taken equal to 1, and 2 for a pedestrian, the sorting order is descending.

Attribute “priority” is necessary for car service sort on the junction according to the Traffic Law for the main road and crossing secondary road.

Attribute “time_crossroad” stores the time of passing the junction by a car.

Attribute “route” is used for sorting requests of the “car” type into 4 directions and then to pedestrian crossings.

3.4 Analysis of simulation results

Experiment No.	Requests Type	Distribution parameters, the interval of arrival requests	Distribution parameters, service time	Distribution parameters, Service time	Number of input requests	Number serviced requests	The ratio of the serviced requests to the input requests
1	Auto DA	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 6)	160	196	0,307
	Auto CA	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193		
	Auto BA	Exp (mean = 13)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 3)	285		
	Auto DB	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193	195	0,297
	Auto CB	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	177		
	Auto AB	Exp (mean = 13)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 3)	285		
	Auto DC	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 3)	251	271	0,389
	Auto BC	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	251		
	Auto AB	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193		
	Auto CD	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	251	224	0,322
	Auto BD	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 5)	193		

	Auto AD	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 3)	Exp (mean = 4)	251		
	Pedestrian A	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194	1
	Pedestrian B	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194	1
	Pedestrian C	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194	1
	Pedestrian D	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	195	194	1
2	Auto DA	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	362	0,683
	Auto CA	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160		
	Auto BA	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	210		
	Auto DB	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	363	0,635
	Auto CB	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160		
	Auto AB	Exp (mean = 15)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	251		
	Auto DC	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	474	0,763
	Auto BC	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	210		
	Auto AB	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	251		
	Auto CD	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	160	473	0,761
	Auto BD	Exp (mean = 25)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	210		

Auto AD	Exp (mean = 18)	Exp (mean = 1)	Exp (mean = 2)	251		
Pedestrian A	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1
Pedestrian B	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1
Pedestrian C	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1
Pedestrian D	Exp (mean = 20)	Exp (mean = 10)	-	120	119	1

The results of the experiments demonstrate that this junction is not able to cope with the load on the transport node: pedestrians' requests have time to be serviced, but not all cars do. It is necessary to set the traffic light regulation to optimize the work of a junction with a similar load.

Results

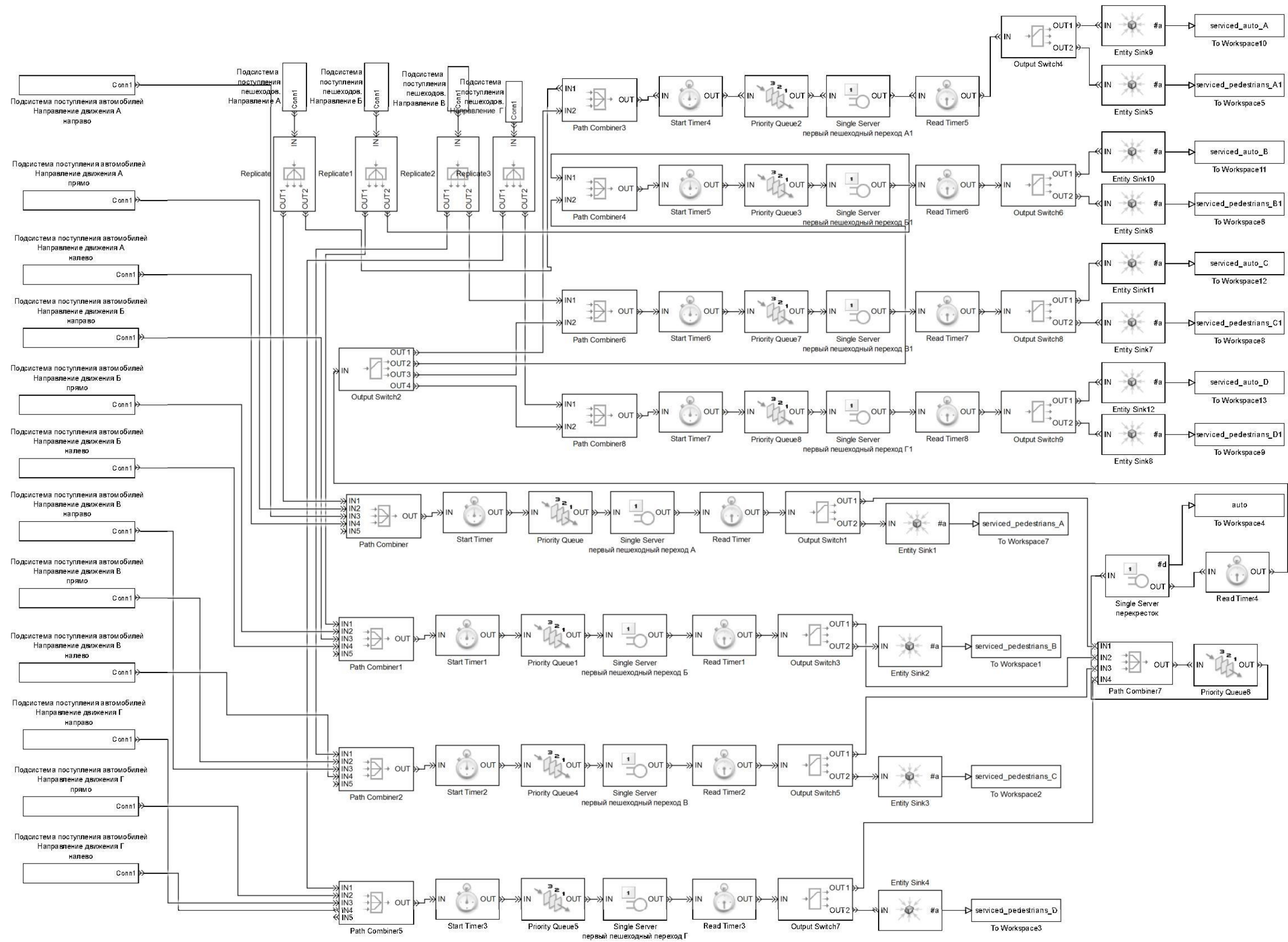
The results of the work demonstrate that the developed models of transport nodes can serve to analyze the weak points in the transport system of the city. The model was subjected three times to adding high priority requests.

The implementation of this project will improve the carrying capacity of transport networks, optimize fuel costs and improve the environmental situation. The model can be used in any geo-information system or decision support system in the future because of using open code in MATLAB.

There are many navigation programs that receive data from satellites. They display the situation on the roads of the city. Using developments in the traffic management systems, it is possible to observe congestion on the roads in real time and also predict them. In the event of an emergency, the decision support system will build the optimal route for evacuating citizens and eliminating the impacts of the disaster.

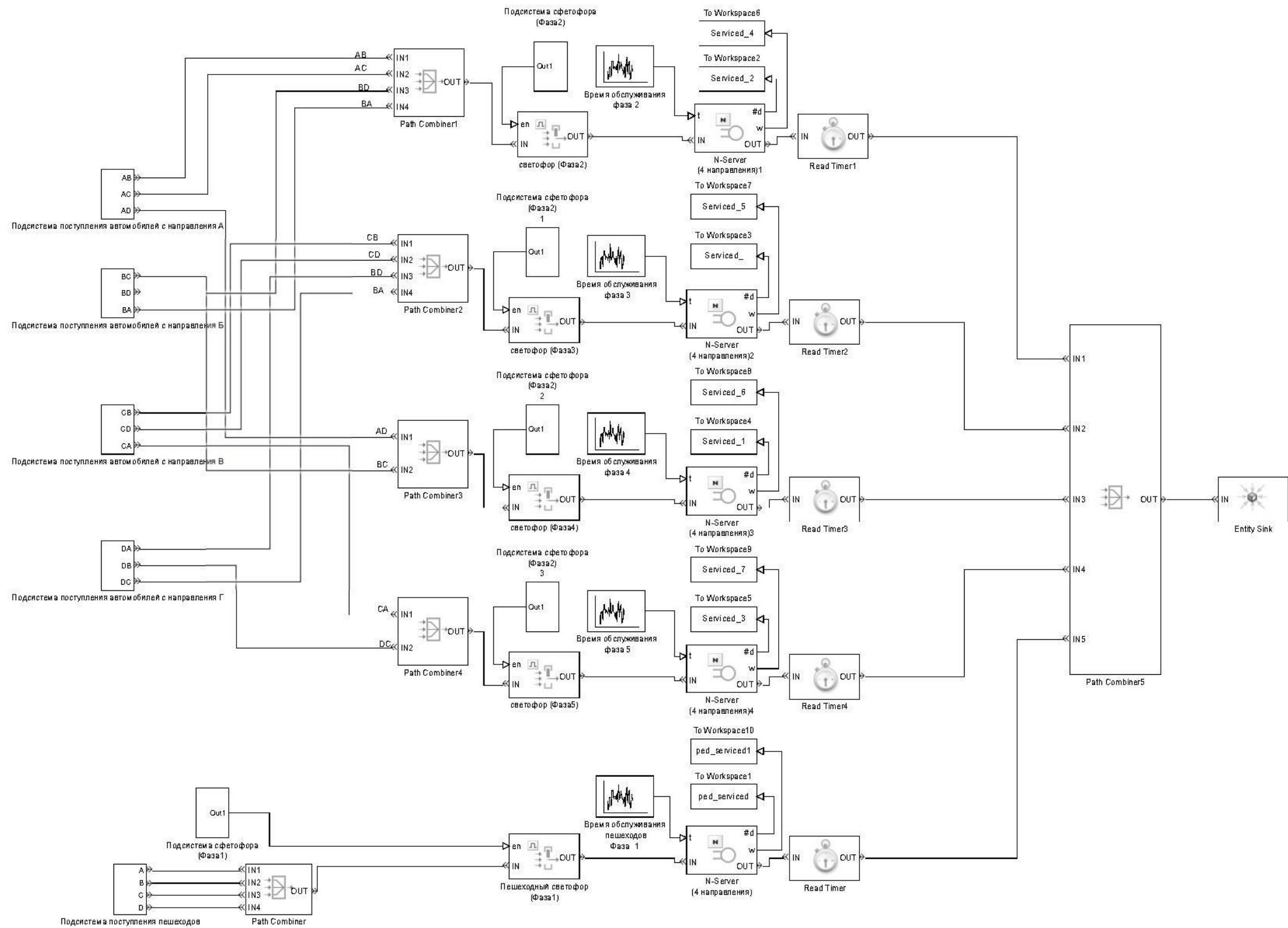
Приложение 1.

Модель перекрестка без светофорного регулирования.



Приложение 2.

Модель перекрестка со светофорным регулированием.



Приложение 3.

Схема цикла работы светофора.

