

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
 Отделение информационных технологий

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СМО С ОГРАНИЧЕННЫМ ВРЕМЕНЕМ ПРЕБЫВАНИЯ ЗАЯВОК В СИСТЕМЕ</b>

УДК 004.652:519.872

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6А	Кинякин Виктор Васильевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИТ	Кацман Ю.Я.	К.Т.Н., С.Н.С.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	К. Э. Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Матвиенко В.В.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
09.03.01 Информатика и вычислительная техника	Погребной А.В.	К.Т.Н.		

**ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ 09.03.01 «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА», ПРОФИЛЬ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, КОМПЛЕКСЫ, СИСТЕМЫ И СЕТИ**

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

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

---

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Погребной А.В.  
(Ф.И.О)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8А6А	Кинякину Виктору Васильевичу

Тема работы:

<b>РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СМО С ОГРАНИЧЕННЫМ ВРЕМЕНЕМ ПРЕБЫВАНИЯ ЗАЯВОК В СИСТЕМЕ</b>
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)
---

от 28.02.2019 г. № 59-49/с
----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

08.06.2020
------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Техническое задание к разработке и исследованию моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Обзор литературы по предметной области</li><li>2. Обзор объекта и методов исследования</li><li>3. Разработка и построение моделей СМО</li><li>4. Исследование и установка параметров функционирования моделей СМО для проведения экспериментов</li><li>5. Проведение экспериментов с различными параметрами обработки нетерпеливых заявок в моделях СМО</li><li>6. Анализ результатов экспериментов</li></ol>

	7. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» <input type="checkbox"/> 8. Раздел «Социальная ответственность»
<b>Перечень графического материала</b>	Схемы моделей СМО
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Матвиенко Владимир Владиславович
Финансовый менеджмент	Подопригора Игнат Валерьевич

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИТ	Кацман Юлий Янович.	к.т.н., с.н.с.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6А	Кинякин Виктор Васильевич		

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

---

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки (специальность) 09.03.01 Информатика и вычислительная техника  
Уровень образования Бакалавриат  
Отделение Информационных технологий  
Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года  
Форма представления работы:

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.20	Обзор литературы по предметной области	10
15.03.20	Разработка и построение моделей СМО	15
25.03.20	Исследование и установка параметров функционирования моделей СМО для проведения экспериментов	20
20.04.20	Проведение экспериментов с различными параметрами обработки нетерпеливых заявок в моделях СМО	25
10.05.20	Анализ результатов экспериментов	10
20.05.20	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
01.06.20	Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИТ	Кацман Ю.Я.	К.Т.Н. С.Н.С		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИТ	Погребной А.В	К.Т.Н		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8В6А	Кинякину Виктору Васильевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОИТ</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	09.03.01 Информатика и вычислительная техника

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Расчёт стоимости ресурсов НИ осуществляется по методическому указанию для данного раздела ВКР. Оклады берутся в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ Оклад студента – 21760 руб. Оклад руководителя – 33664 руб</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расходование ресурсов осуществляется в соответствии с установленными нормами НИ ТПУ и ФЗ РФ.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставки налогов, дисконтирования и кредитования соответствуют ФЗ РФ Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30%</i>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка составляется на основе анализа потенциальных потребителей и использования технологии QuaD, а также SWOT-анализа.</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки. Формирование бюджета затрат на разработку.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.</i>

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ по технологии QuaD</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. График проведения и бюджет НИ</li> </ol>	
---	--

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора .И.В.	к. э. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6А	Кинякин В.В.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8В6А	Кинякину Виктору Васильевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОИТ</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Тема ВКР:

Разработка и исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе
---

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является модель СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе. Цель работы – С помощью средств имитационного моделирования разработать и исследовать модели СМО с различными параметрами обработки нетерпеливых заявок. Данное исследование даёт возможность найти решения проблемы существующих СМО. Рабочая зона представляет собой помещение, оборудованное персональным компьютером (аудитория 403А корпуса №10 ТПУ)</p>
---	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197 – ФЗ (ред. от 01.04.2019)</li> <li>– ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p>	<p>2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– нарушение параметров микроклимата;</li> </ul>



2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточная освещённость рабочей зоны;</li> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– опасность поражения электрическим током;</li> <li>– психофизиологические факторы.</li> </ul> <p>2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– соблюдение норм и техник безопасности</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие на литосферу, связанное с проблемой утилизации электрооборудования
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Возможная ЧС при разработке и эксплуатации – пожар.</p> <p>Источник – короткое замыкание и перегрев элементов.</p> <p>Меры предосторожности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– инструктаж;</li> <li>– знание плана эвакуации;</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Матвиенко В.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6А	Кинякин В. В.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 79 страниц, 23 рисунка, 31 таблица, 23 источника

Ключевые слова: математическая модель, система массового обслуживания, нетерпеливые заявки, MatLab, Simulink, SimEvents.

Объектом исследования являются модели систем массового обслуживания с ограниченным временем нахождения заявок в системе.

Цель данной работы заключается в разработке и исследовании моделей систем массового обслуживания (СМО) с ограниченным временем нахождения заявок в системе и различными параметрами обработки нетерпеливых заявок.

Для реализации сформулированной цели были поставлены следующие задачи:

1. Осуществить обзор литературы по предметной области
2. Выполнить обзор объекта и методов исследования
3. Разработать и построить модели СМО
4. Исследовать и установить параметры функционирования моделей СМО для проведения экспериментов
5. Провести эксперименты с различными параметрами обработки нетерпеливых заявок в моделях СМО
6. Проанализировать результаты экспериментов

В процессе исследования выполнен анализ вредных и опасных факторов, связанных с разработкой и эксплуатацией. Также был осуществлен анализ исследования с точки зрения экономической эффективности.

В результате исследования были разработаны модели СМО с различными параметрами обработки нетерпеливых заявок. Применение данных моделей может позволить решить актуальную проблему, возникающую в торговых сетях и связанную с утилизацией продуктов с истекающим сроком годности.

Область применения исследования: торговые сети, продуктовые магазины.

## **Определения, обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями и сокращениями:

**Система массового обслуживания (СМО):** Динамическая система, предназначенная для эффективного обслуживания случайного потока заявок (требований на обслуживание) при ограничениях на ресурсы системы.

**Заявка на обслуживание:** Некоторое сообщение, которое поступает извне на вход системы и подлежит обработке.

**Нетерпеливая заявка:** Заявка, которая может покинуть СМО, не дождавшись обслуживания.

## Оглавление

Реферат .....	10
Введение.....	14
1.1. Обзор литературы по предметной области.....	16
2. Объект и методы исследования.....	17
2.1. Система массового обслуживания.....	17
2.2. Обзор средств имитационного моделирования.....	18
2.2.1. AnyLogic .....	18
2.2.2. GPSS World.....	19
2.2.3. Rockwell Arena .....	19
2.2.4. MatLab (Simulink) .....	20
2.2.4.1. SimEvents .....	20
2.2.4.2. Stateflow .....	20
2.3. Выбор средств имитационного моделирования.....	21
3. Расчёты и аналитика.....	22
3.1. Постановка задачи .....	22
3.2. Параметры моделей СМО.....	22
3.3. Разработка моделей СМО .....	24
3.4. Параметры генерации заявок в СМО .....	30
3.4.1. Параметры генерации заявок для первого эксперимента.....	30
3.4.2. Параметры генерации заявок для второго эксперимента.....	32
3.4.3. Параметры генерации заявок для третьего эксперимента .....	33
3.5. Модель СМО с одним общим сервером.....	34
3.5.1. Исследование времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО .....	35
3.5.2. Проведение экспериментов с одним общим сервером.....	37
3.6. Модель СМО с двумя серверами .....	38
3.7. Модель СМО с тремя серверами.....	40
4. Анализ результатов исследования .....	42
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований .....	44
5.2. Потенциальные потребители результатов исследования.....	44
5.3. Анализ по технологии QuaD .....	44
5.4. SWOT-анализ .....	46
5.5. Планирование научно-исследовательских работ .....	48
5.6. Структура работ в рамках научного исследования.....	48
5.7. Определение трудоемкости выполнения работ.....	49
5.8. Разработка графика проведения научного исследования.....	49
5.9. Бюджет научно-технического исследования.....	53

5.10. Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	53
5.11. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	53
5.12. Основная заработная плата исполнителей темы .....	55
5.13. Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	57
5.14. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	57
5.15. Накладные расходы .....	58
5.16. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	58
5.17. Определение эффективности на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. ....	59
6. Социальная ответственность .....	61
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	61
6.2. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. ....	61
6.3. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. ....	62
6.4. Профессиональная социальная безопасность.....	63
6.5. Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	64
6.6. Отклонение показателей микроклимата .....	64
6.7. Превышение уровня шума .....	65
6.8. Недостаточное освещение рабочей зоны .....	66
6.9. Опасность поражения электрическим током.....	68
6.10. Психофизиологические факторы .....	69
6.11. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего) .....	69
6.12. Экологическая безопасность .....	70
6.13. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	70
6.14. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	70
6.15. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды. ....	70
6.16. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	71
6.17. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. ....	71
6.18. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. ....	71
6.19. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС. ....	71
6.20. Выводы по разделу .....	72
Заключение .....	73
Список использованных источников .....	74
Приложение А .....	77

## Введение

В настоящее время метод компьютерного моделирования получил огромную популярность в силу широкой распространенности компьютерных технологий.

Метод компьютерного моделирования может использоваться для моделирования экономических систем и процессов, если проведение реальных экспериментов экономически невыгодно и затруднительно. Модель позволяет исследовать и анализировать систему, не прибегая к реальным экспериментам [11].

Также, метод компьютерного моделирования позволяет создать имитацию существующей системы и выяснить, как данная система будет вести себя при изменении каких-либо параметров. Для этой цели необходимо присвоить модели все свойства существующей системы. При выполнении данных действий и проведении экспериментов можно получить достаточно точные результаты работы модели, а самое главное – избежать возможных экономических потерь, когда подобные эксперименты в реальной жизни могут привести к нежелательным последствиям.

В данной научно-исследовательской работе разрабатывается и исследуется модель СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе. Распространенной проблемой в таких СМО является ситуация, когда нетерпеливые заявки покидают систему, не дождавшись обслуживания. Для данной проблемы существуют несколько способов решения – присвоение нетерпеливым заявкам приоритета, изменение дисциплины обслуживания или введения дополнительных серверов обслуживания [12]. В ходе исследования проводятся эксперименты, при которых система находится в равновесном состоянии, все заявки (обычные и нетерпеливые) имеют равный приоритет и обслуживаются на общем сервере, а при необходимости вводятся дополнительные серверы обслуживания.

Модель СМО в данном исследовании имитирует работу продуктового магазина, а заявки с ограниченным временем пребывания в СМО – продукты с

истекающим сроком годности. Из-за такой направленностью исследования, введено несколько ограничений, связанных с параметрами обработки нетерпеливых заявок для того, чтобы модель была приближена к реальным условиям.

Актуальность исследования подтверждается статистикой, согласно которой пищевые отходы — это «колоссальные финансовые потери». Стоимость выброшенных продуктов по всей России за 2019 год оценивается более чем в 1,6 трлн руб. Оказавшихся на помойке продуктов хватило бы, чтобы прокормить 30 млн человек в течение года — больше, чем россиян, живущих за чертой бедности, указано в исследовании [13]. Но вместо этого 94% невостребованных продуктов попадает на полигоны ТБО и свалки, где загрязняют почву, воду и воздух, выделяя токсины и парниковый газ.

## 1.1. Обзор литературы по предметной области

Имитационное моделирование – это распространенная разновидность моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих компьютерных программ и технологий программирования. Ниже приведен список работ, являющихся наиболее схожими по тематике с данной работой.

В работе [14] производится изучение процесса моделирования системы массового обслуживания заявок, имеющих различный приоритет.

В работе [15] рассматриваются системы с различными дисциплинами ожидания и обслуживания. В том числе, в ней были рассмотрены 3 варианта дисциплины обслуживания: беспriorитетная, с относительными и абсолютными приоритетами. Была проведена серия экспериментов для сравнения между собой этих систем и выявления параметров, которые необходимо учитывать при проектировании СМО такого рода.

В статье [16] рассматривается СМО с применением беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания. Производится сравнение систем с различными объемами буфера.

В работах [17] и [18] рассматриваются СМО с использованием заявок с относительным и абсолютным приоритетами. Рассматривается использование системы повышения приоритета. Производится сравнение потерь заявок при использовании абсолютного и динамического приоритета.

В работе [19] рассматривается СМО с нетерпеливыми заявками и проводятся исследования с различными дисциплинами ожидания и обслуживания, а также присвоением абсолютного приоритета нетерпеливым заявкам.

Таким образом, можно сделать вывод, что СМО широко используются для проведения различных экспериментов с присвоением приоритетов и изменением дисциплин ожидания и обслуживания.



## **2. Объект и методы исследования**

### **2.1. Система массового обслуживания**

Объектом исследования данной работы является разработка и исследование имитационной модели СМО с ограниченным временем обслуживания.

Системы массового обслуживания (СМО) – это математические модели уже существующих или только проектируемых систем, в которых осуществляется последовательное взаимодействие неких дискретных объектов с элементами системы. Данные объекты поступают в систему из внешних источников, затем они взаимодействуют с элементами системы по заданным правилам в течение определенного времени, а после этого покидают систему.

В СМО такие дискретные объекты называются заявками, требованиями или клиентами. Взаимодействие заявок с элементами системы называется обслуживанием, а сами элементы –обслуживающими приборами или серверами.

В большинстве случаев заявки поступают в систему случайно по одному из законов распределения. Закон распределения – это определённая функция, полностью описывающая случайную величину с вероятностной точки зрения. Получаемая случайная величина описывает время поступления следующей заявки, то есть заявки поступают в систему через разные интервалы времени, описываемые законом распределения. Обслуживание заявок так же происходит за различные интервалы времени, получаемые по закону распределения. Эти факторы могут привести к тому, что система окажется перегруженной, когда интервалы поступления заявок будут короче интервалов их обслуживания прибором. Либо наоборот система может простаивать, когда заявки будут обрабатываться прибором, за меньший интервал времени, чем их поступление.

Теория массового обслуживания представляет собой построение математических моделей, описывающих параметры работы СМО (количество элементов СМО, связь элементов между собой, их производительность, дисциплину обслуживания, характер потока заявок и т.п.) с показателями эффективности работы СМО, характеризующие ее способность справляться с

потоком входящих заявок.

Различают СМО с отказами и с очередью. В системах с отказами заявка, пришедшая в момент, когда все каналы обслуживания заняты, получает отказ и покидает СМО. В СМО с очередью заявка, пришедшая в момент занятости всех каналов обслуживания, не покидает СМО, а поступает в очередь и ожидает освобождения каналов обслуживания.

В зависимости от допустимого времени пребывания заявки в системе различают СМО с «нетерпеливыми» и «терпеливыми» заявками:

В СМО с «нетерпеливыми заявками» заявка может уйти из системы, если ее время пребывания в СМО превысит некоторое допустимое значение, которое в общем случае может быть случайным, а «терпеливые» заявки в СМО непременно дождутся обслуживания. [12].

## **2.2. Обзор средств имитационного моделирования**

Для проведения экспериментов необходимо разработать имитационную модель СМО с ограниченным временем ожидания пребывания заявок в системе. Создать такую модель можно с помощью специальных средств для имитационного моделирования.

Имитационные среды не требуют программирования в виде последовательного написания команд, вместо этого они предоставляют специальные модули или формы, используя которые можно построить модель.

В данном разделе производится обзор и выбор таких средств.

### **2.2.1. AnyLogic**

AnyLogic — среда для имитационного моделирования сложных систем и процессов, разработанное российской компанией [110]. AnyLogic содержит большое количество библиотек для различных сфер бизнеса и позволяет создавать модели с помощью трех подходов:

- Дискретно-событийного
- Агентного
- Системной динамики

Дискретно-событийный (процессно-ориентированный) подход используется на операционном и тактическом уровнях, например, в производственных процессах или при оценке инвестиций в оборудование.

Агентные модели применяются в задачах разных уровней абстракции: агент может олицетворять собой любой объект в действии. Например, агентный подход применяется при оптимизации цепей поставок и в эпидемиологии.

Системная динамика предполагает высокий уровень абстракции и в основном используется для задач стратегического уровня: например, чтобы спрогнозировать темп восприятия нового товара на рынке или проанализировать взаимозависимость социальных процессов.

В AnyLogic есть разные визуальные языки моделирования: диаграммы процессов, диаграммы состояния, блок-схемы и диаграммы потоков и накопителей.

### **2.2.2. GPSS World**

Пакет GPSS (General Purpose Simulation System – система моделирования общего назначения) предназначен для имитационного моделирования дискретных систем и входит в число наиболее распространенных и используемых на практике средств автоматизации имитационного моделирования.

Одна из последних версий пакета GPSS имеет название GPSS World. Пакет GPSS реализует собственный язык имитационного моделирования, в основу которого положен способ изменения модельного времени «шагом до следующего события». Имитационная модель в GPSS представляет собой последовательность текстовых строк, каждая из которых определяет правила создания, перемещения, задержки и удаления транзактов [111].

### **2.2.3. Rockwell Arena**

Rockwell Arena – среда имитационного моделирования, предназначенная для моделирования бизнес-процессов. [112]. В Arena используется язык имитационного моделирования SIMAN.

Для разработки модели в Rockwell Arena существует ряд шаблонов моделирующих конструкций. Данные шаблоны также позволяют разрабатывать системы с дискретно-событийным моделированием. Для представления результатов моделирования в среде Rockwell Arena доступны гистограммы и графики

#### **2.2.4. MatLab (Simulink)**

Графическая среда имитационного моделирования Simulink, которая входит в пакет Matlab, позволяет при помощи блок-диаграмм строить динамические модели, которые включают в себя непрерывные, дискретные и гибридные системы. Применение данной среды дает возможность использовать готовые блоки для моделирования дискретных систем, применять модельно-ориентированный принцип разработки систем управления, устройств реального времени и средств цифровой связи. Работа с Simulink не ограничивает пользователя работой только со встроенными блоками, так как в ней реализована возможность создания своего уникального блока.

##### **2.2.4.1. SimEvents**

Для моделирования систем с дискретными состояниями в среде Simulink разработана библиотека SimEvents, в которой используется теория очередей и систем массового обслуживания. С помощью этого расширения доступно создание имитационных моделей прохождения объекта через очереди и сети, а также моделирование систем, зависящих от дискретных состояний. SimEvents применяется при построении производственных процессов для подсчета необходимых ресурсов и анализа [113].

##### **2.2.4.2. Stateflow**

Stateflow — это среда для моделирования и симуляции комбинаторной и последовательной логики принятия решений, основанных на машинах состояний и блок-схемах [114]. Stateflow позволяет комбинировать графические и табличные представления, включая диаграммы перехода состояний, блок-схемы, таблицы перехода состояний и таблицы истинности для того, чтобы

смоделировать реакцию системы на события, условия во времени и внешние входные сигналы.

### **2.3.Выбор средств имитационного моделирования**

Применение сред имитационного моделирования AnyLogic или GPSS не подходит для выполнения данной работы, так как в них отсутствуют встроенные средства моделирования ухода заявок из системы при истечении времени для их обслуживания. Rockwell Arena и Simulink (MatLab) имеют все возможности, чтобы быть использованы для одних и тех же целей, однако Simulink опережает Arena с точки зрения простоты использования и быстроты интеграции и изменения различных параметров при моделировании в рамках одной системы.

Поэтому в текущей работе для моделирования СМО использован пакет прикладных программ MatLab со средой имитационного моделирования Simulink, а также библиотекой для моделирования логики событий – Stateflow, и библиотекой моделирования систем с дискретными состояниями – SimEvents.

Ещё одним фактором в пользу выбора данных инструментов служит то, что для данной среды и библиотек имеется подробная документация, в том числе на русском языке, а также представлены базовые модели для обучения и понимания принципа функционирования блоков библиотек. Также Simulink обладает понятной графической средой и позволяет с легкостью представить результаты моделирования.

### **3. Расчёты и аналитика**

#### **3.1. Постановка задачи**

Модель СМО в данном исследовании имитирует работу продуктового магазина, а заявки с ограниченным временем пребывания в СМО – продукты с истекающим сроком годности. В связи с такой направленностью исследования, введено несколько ограничений, связанных с параметрами обработки нетерпеливых заявок для того, чтобы модель была приближена к реальным условиям.

По аналогии с торговой сетью, в которой невозможно продавать только товары с истекающим сроком годности, установлены ограничения для серверов обслуживания. Например, в данной модели СМО общий сервер предназначен для работы в условиях, когда процент нетерпеливых заявок в системе не более 30% от общего числа. Для случая, когда в модели СМО процент нетерпеливых заявок превышает 30%, вводится дополнительный сервер, имитирующий снижение цены (продажу продуктов по акции) и способный обрабатывать нетерпеливые заявки, если они составляют не более 50% от общего числа заявок в системе. В случае, когда процент нетерпеливых заявок более 50%, система не способна обработать все заявки и рассматривается введение третьего сервера, имитирующего вторичную переработку продуктов, на который отправляются все излишки заявок.

#### **3.2. Параметры моделей СМО**

Во всех моделях установлено два источника генерации заявок – генератор обычных заявок и генератор нетерпеливых заявок.

В ходе исследования проводятся эксперименты с тремя вариантами обслуживания заявок:

1. Модель СМО с одним общим сервером;
2. Модель СМО с общим и дополнительным сервером для нетерпеливых заявок;

### 3. Модель СМО с одним общим и двумя дополнительными серверами для нетерпеливых заявок.

Очередь во всех экспериментах не ограничена по длине (бесконечная), а для моделирования установлено время равное 1000 единиц времени.

В первом эксперименте общий сервер предназначен для обслуживания нетерпеливых заявок, если их число не превышает 30% от общего числа заявок в системе и не может обслужить большее число заявок. Однако, рассматриваются и случаи, когда процент нетерпеливых заявок выше заданного числа для того, чтобы подтвердить нецелесообразность использования общего сервера в таких ситуациях.

Также, в ходе первого эксперимента проводится исследование оптимального времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО и устанавливаются параметры генерации обычных заявок. В последующих экспериментах используются полученные значения.

Во втором эксперименте второй сервер имитирует снижение цены и предназначен для обслуживания нетерпеливых заявок, если обработанных нетерпеливых заявок больше 30%, но не превышает 50% от общего числа обработанных заявок в системе и не может обслужить большее число заявок. Однако, рассматриваются и случаи, когда процент нетерпеливых заявок выше заданного числа для того, чтобы проанализировать возможности второго сервера в таких условиях.

В третьем эксперименте третий сервер имитирует отправление продуктов на переработку и предназначен для обслуживания всех нетерпеливых заявок, когда их число превышает 50% от общего числа обработанных заявок в системе.

Таким образом, в каждом эксперименте рассматриваются следующие случаи:

- количество нетерпеливых заявок  $< 30\%$  от общего числа заявок в СМО;
- количество нетерпеливых заявок от  $30\%$  до  $< 50\%$  от общего числа заявок в СМО;

- количество нетерпеливых заявок  $>50\%$  от общего числа заявок в СМО;

Для достижения данных параметров изменяются параметры генерации нетерпеливых заявок, а параметры генерации обычных заявок остаются неизменны для всех экспериментов. Параметры генерации обычных и нетерпеливых заявок подчиняются экспоненциальному (показательному) закону распределения

Случайная величина  $X$  распределена по экспоненциальному закону с параметром  $\lambda > 0$ . Если ее плотность распределения вероятностей задается формулой:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \end{cases}$$

Функция распределения показательного закона:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x}, & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$$

Показательное распределение тесно связано с простейшим (пуассоновским) потоком событий: интервал времени  $T$  между двумя соседними событиями в простейшем потоке имеет показательное распределение с параметром, равным интенсивности потока:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (t > 0).$$

Дисперсия показательного распределения равна:

$$D(X) = \frac{1}{\lambda^2}.$$

### 3.3. Разработка моделей СМО

Разработанные модели СМО состоят из блоков библиотек Simulink и Simevents математического пакета MatLab.

Источники генерации заявок были реализованы с помощью блоков Time-Based Entity Generator (Obsolete), Event-Based Random Number, Set Attribute, Attribute Function и Schedule Timeout [115].



Блок Time-Based Entity Generator, представленный на рисунке 1, предназначен для генерации распределенных во времени заявок. Для работы блока необходимо выбрать закон распределения и задать интервал времени между двумя последовательными событиями генерации.



Рисунок 1 – Блок Time-Based Entity Generator

Блок Event-Based Random Number, представленный на рисунке 2, предназначен для генерации случайных чисел. В СМО он служит для формирования временных интервалов, используемых в качестве времени обслуживания заявок на сервере.

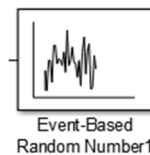


Рисунок 2 – Блок Event-Based Random Number

Блок Set Attribute, представленный на рисунке 3, принимает заявку и назначает для неё заданные атрибуты. Атрибуты хранятся в признаках заявок, которые содержат имя и значение атрибута. Для нетерпеливых заявок задаётся атрибут TimePatience, означающий время нахождения нетерпеливой заявки в СМО до момента её обслуживания. Также, каждая заявка помечается атрибутом Patience: со значением 1 – для обычных заявок и 2 – для нетерпеливых, чтобы с помощью данного атрибута отслеживать движение каждого типа заявок в системе.



Рисунок 3 – Блок Set Attribute

Блок Attribute Function, представленный на рисунке 5, позволяет присвоить заявке атрибут, который можно задать с помощью функции. Данный

блок используется для задания значения атрибуту TimePatience.



Рисунок 4 – Блок Attribute Function

Блок Schedule Timeout, представленный на рисунке 5, присваивает каждой заявке, проходящей через него, время нахождения в системе. Время присваивается в соответствии со значением атрибута TimePatience.

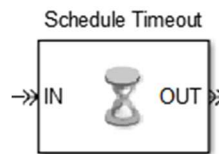


Рисунок 5 – Блок Schedule Timeout

Часть модели СМО, отвечающая за генерацию обычных заявок представлена на рисунке 6.

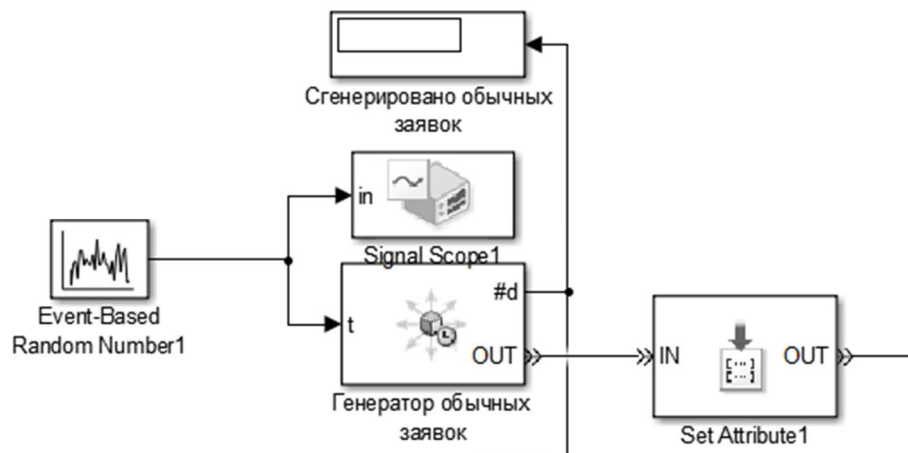


Рисунок 6 – Генератор обычных заявок

Часть модели СМО, отвечающая за генерацию нетерпеливых заявок представлена на рисунке 7.

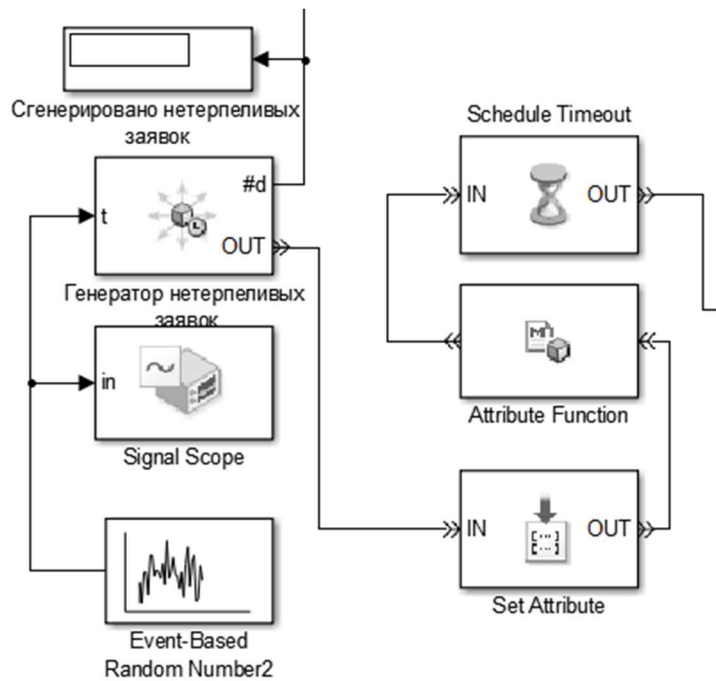


Рисунок 7 – Генератор нетерпеливых заявок

Заявки обоих типов поступают в очередь FIFO, которая не ограничена по длине – является бесконечной. Поступление заявок в очередь реализовано с помощью блоков Path Combiner и FIFO Queue

Блок Path Combiner, представленный на рисунке 8, принимает заявки через входные порты, объединяет в один поток и отправляет их через порт OUT.



Рисунок 8 –Блок Path Combiner

Блок FIFO Queue, представленный на рисунке 9, реализует дисциплину обслуживания заявок FIFO (First In First Out)

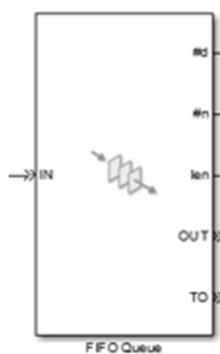


Рисунок 9 – Блок FIFO Queue

Часть структуры модели СМО, отвечающая за организацию очереди, представлена на рисунке 10

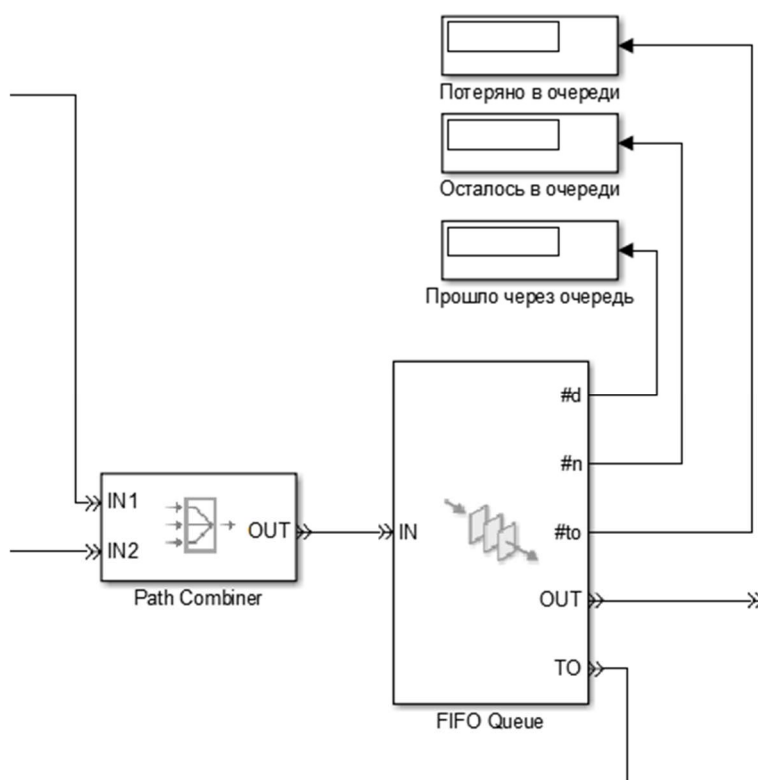


Рисунок 10 – Поступление заявок в очередь

После прохождения очереди заявки поступают на обработку сервером или несколькими серверами, в зависимости от эксперимента. Поступление заявок из очереди на обработку реализовано с помощью блоков Output Switch, Single Server, Cancel Timeout

Блок Output Switch, представленный на рисунке 11, получает заявки, которые выводятся через один из имеющихся портов вывода в зависимости от заданных условий, причём выбранный порт для вывода может меняться во время

моделирования.

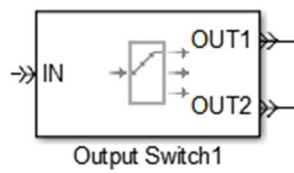


Рисунок 11 –Блок Output Switch

Блок Single Server, представленный на рисунке 12, реализует обслуживающий прибор, который обрабатывает одну заявку в течение заданного периода времени, а затем пытается вывести её через порт вывода OUT. В случае, если во время обработки заявки истекло время её обслуживания, она выводится через порт TO.

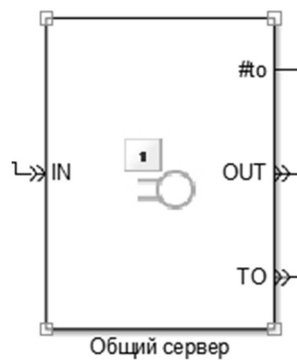


Рисунок 12 – Блок Single Server

Блок Cancel Timeout, представленный на рисунке 13, расположен в модели СМО после блока сервера и предназначен для того, что чтобы отменить каждой нетерпеливой заявке, проходящей через него, ранее заданное время ожидания обслуживания. Так как после прохождения через сервер заявка считается обслуженной.

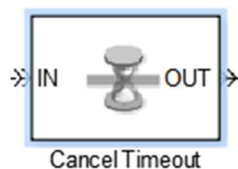


Рисунок 13 – Блок Cancel Timeout

Блок Entity Sink, представленный на рисунке 14, обеспечивает вывод из СМО заявок, обработка которых завершена.

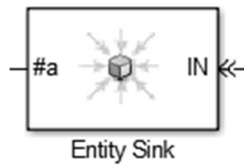


Рисунок 14 –Блок Entity Sink

Часть структуры модели СМО, отвечающая за обслуживание заявок на сервере и вывод заявок из системы представлена на рисунке 15

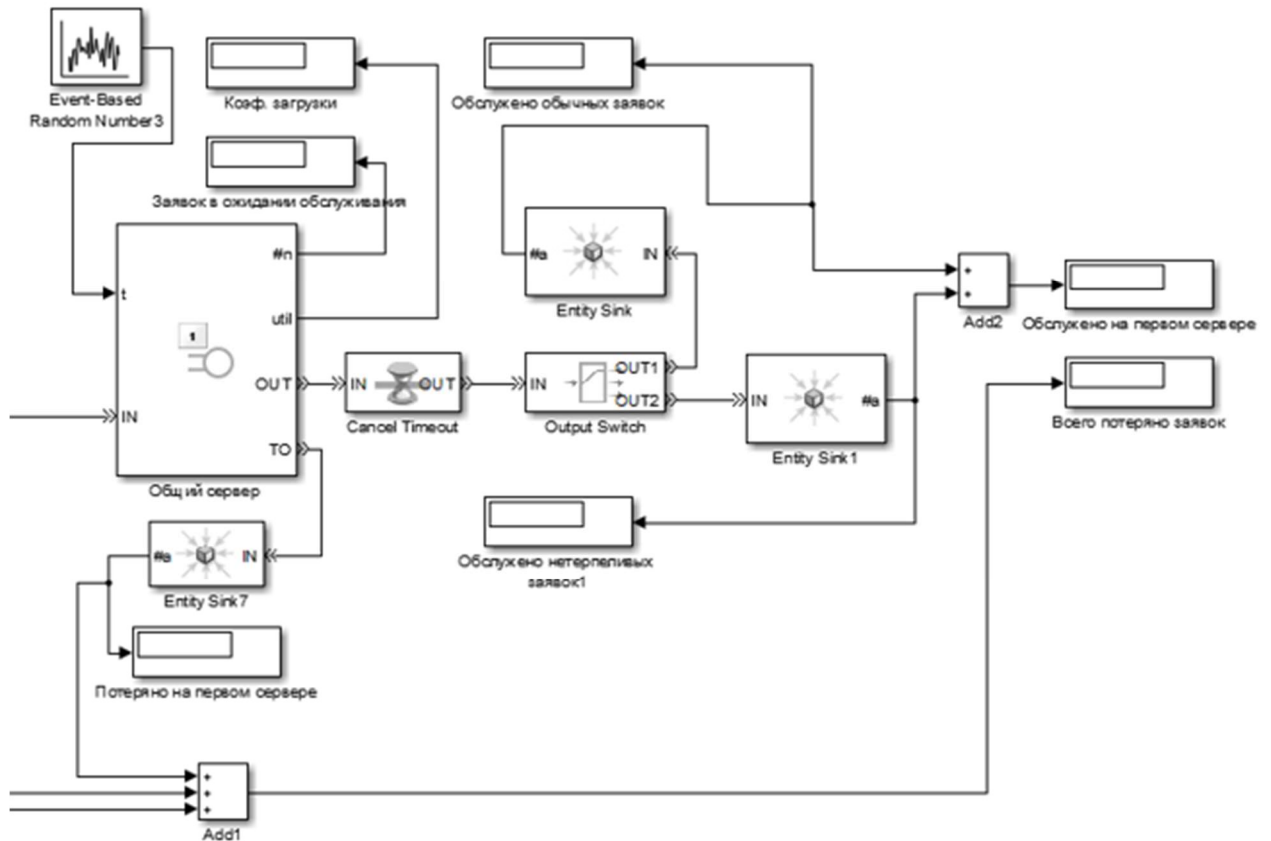


Рисунок 15 – Обслуживание и вывод заявок из системы

### 3.4.Параметры генерации заявок в СМО

#### 3.4.1. Параметры генерации заявок для первого эксперимента

В первом эксперименте были подобраны параметры источников и параметры обработки заявок таким образом, чтобы система находилась в равновесии, а количество сгенерированных нетерпеливых заявок составляло 25-30% от общего числа заявок.

Параметры генерации обычных и нетерпеливых заявок представлены на рисунках 16–17.

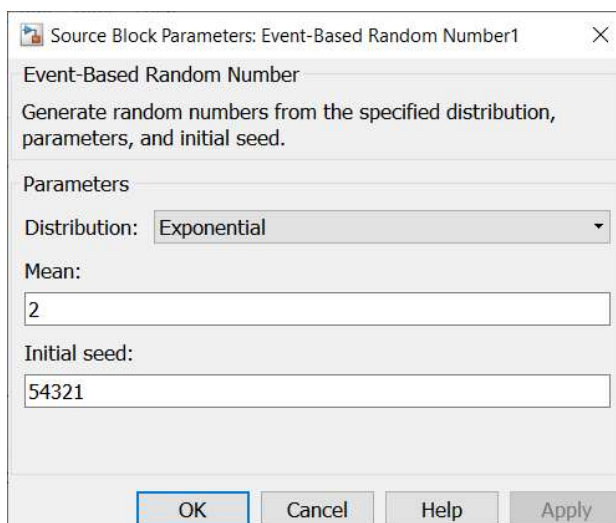


Рисунок 16 – Параметры генерации обычных заявок

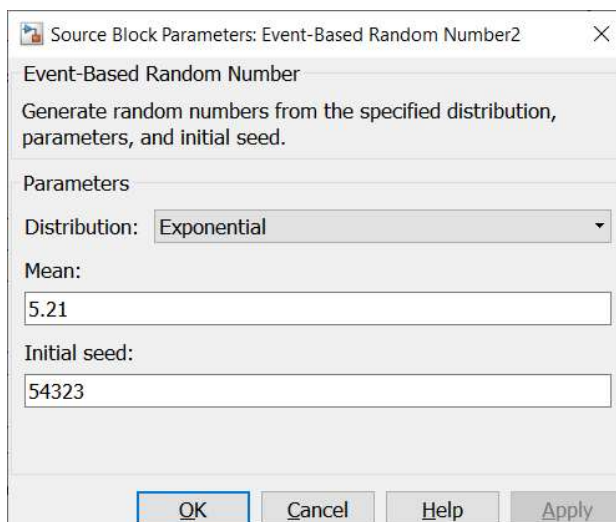


Рисунок 17 – Параметры генерации нетерпеливых заявок

Итого за 1000 единицу времени было сгенерировано количество заявок, представленное в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты генерации заявок

	Генератор обычных заявок	Генератор нетерпеливых заявок
Параметры	mean:2 seed:54321	mean:5.21 seed:54323
Сгенерировано заявок	515	200
Всего сгенерировано заявок	715	
Процент заявок от общего числа	72,13%	27,97%

По итогу моделирования процент нетерпеливых заявок от общего числа заявок составил 27,97%.

### 3.4.2. Параметры генерации заявок для второго эксперимента

Во втором эксперименте были подобраны параметры источника генерации нетерпеливых заявок, чтобы количество сгенерированных нетерпеливых заявок составляло от 30 до 50% от общего числа заявок в СМО.

Время генерации нетерпеливых заявок подчиняется экспоненциальному закону распределения, параметры которого представлены на рисунке 3

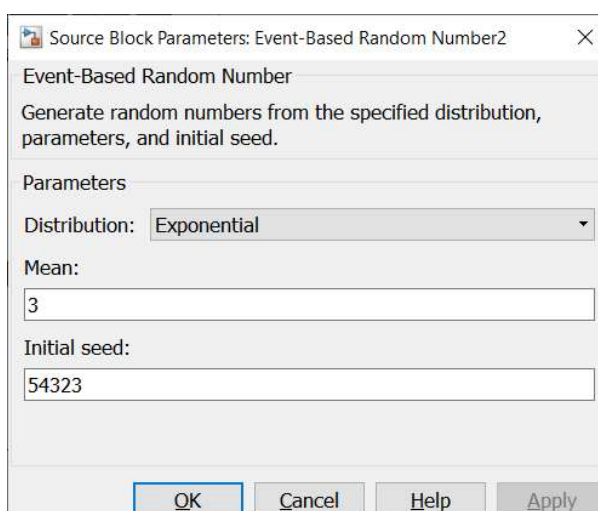


Рисунок 18 – Параметры генерации нетерпеливых заявок

Время моделирования было установлено в 1000 ед. времени, результаты генерации заявок за это время представлены в таблице 2.



Таблица 2 – Результаты генерации заявок

	Генератор обычных заявок	Генератор нетерпеливых заявок
Параметры	mean:2 seed:54321	mean:3 seed:54323
Сгенерировано заявок	515	341
Всего сгенерировано	856	
Процент заявок от общего числа	61,16%	39,84%

По итогу моделирования процент нетерпеливых заявок от общего числа заявок составил 39,84%

### 3.4.3. Параметры генерации заявок для третьего эксперимента

В третьем эксперименте были подобраны параметры источника генерации нетерпеливых заявок так, чтобы количество сгенерированных нетерпеливых заявок составляло более 50% от общего числа заявок в СМО.

Время генерации нетерпеливых заявок подчиняется экспоненциальному закону распределения, параметры которого представлены на рисунке 4.

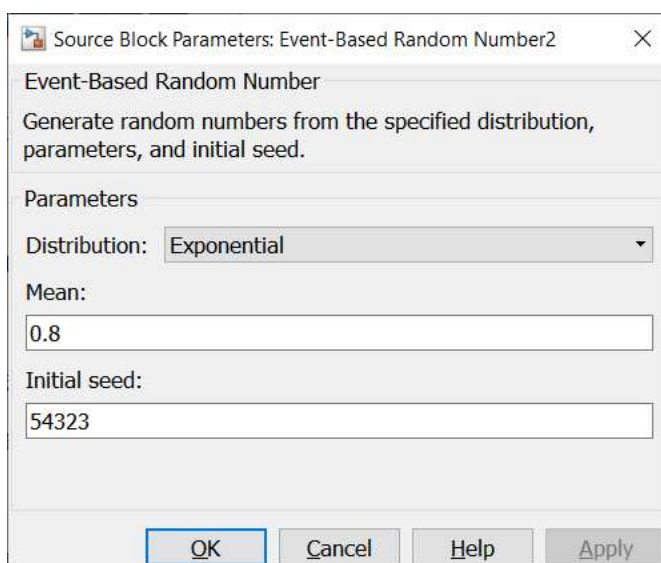


Рисунок 19 – Параметры генерации нетерпеливых заявок

Время моделирования было установлено в 1000 ед. времени, результаты

генерации заявок за это время представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты генерации заявок

	Генератор обычных заявок	Генератор нетерпеливых заявок
Параметры	mean:2 seed:54321	mean:0.8 seed:54323
Сгенерировано заявок	515	1261
Всего сгенерировано	1776	
Процент заявок от общего числа	39%	71%

По итогу моделирования процент нетерпеливых заявок от общего числа заявок составил 71%.

Таким образом, количество сгенерированных заявок для трёх экспериментов представлено в таблице

Таблица 4 – Сгенерировано заявок для трёх экспериментов

№ эксперимента	Нетерпеливых заявок от общего числа, %	Сгенерировано заявок		
		Обычных	Нетерпеливых	Всего
1	27,97	515	200	715
2	39,84	515	341	856
3	71	515	1261	1776

### 3.5. Модель СМО с одним общим сервером

В данной модели СМО (Приложение А, Рисунок А.1) все заявки обрабатываются на одном общем сервере. Параметры генерации времени обслуживания на общем сервере представлены на рисунке 5:

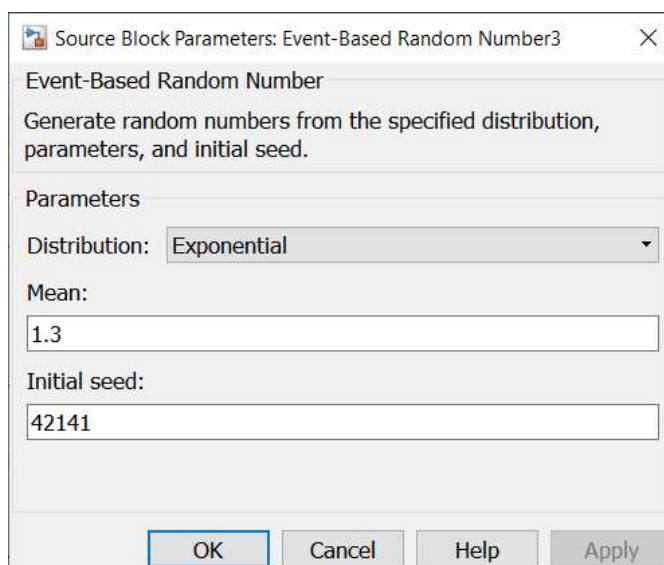


Рисунок 20 – Параметры генерации времени обслуживания на первом сервере

### 3.5.1. Исследование времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО

Для нахождения оптимального времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО, было рассмотрено три случая, когда это время составляло 10, 20 и 30 единиц времени. Время нахождения нетерпеливых заявок в системе выбиралось из следующих соображений: потеря нетерпеливых заявок, покинувших систему из прибора или сервера, в системе СМО должна составлять не более 5%.

Результаты моделирования при таких значениях представлены в таблицах 5-7 соответственно.

Таблица 5 –Результаты моделирования при времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО равном 10 ед.времени.

	$N_{\text{пост. заявок}}$	$N_{\text{обсл. заявок}}$	$N_{\text{потер. заявок}}$	$K_{\text{обраб.}}$	$K_{\text{загрузки.}}$	$K_{\text{потерь нетерпеливых заявок}}$
Обычн.	515	510	50	0.9706	0.8339	0.08
Нетерп.	200	184	16 ( $6\text{пс}+8\text{по}+1\text{н}+1\text{о}$ )			
Всего	715	694	21			

Таблица 6 – Результаты моделирования при времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО равном 20 ед. времени.

	$N_{\text{пост. заявок}}$	$N_{\text{обсл. заявок}}$	$N_{\text{потер. заявок}}$	$K_{\text{обраб.}}$	$K_{\text{загрузки.}}$	$K_{\text{потерь нетерпеливых заявок}}$
Обычн.	515	512	3о	0.9902	0.8458	0.02
Нетерп.	200	196	4 (3по+1н)			
Всего	715	708	7			

Таблица 7 – Результаты моделирования при времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО равном 30 ед. времени.

	$N_{\text{пост. заявок}}$	$N_{\text{обсл. заявок}}$	$N_{\text{потер. заявок}}$	$K_{\text{обраб.}}$	$K_{\text{загрузки.}}$	$K_{\text{потерь нетерпеливых заявок}}$
Обычн.	515	512	3о	0.9944	0.8492	0.005
Нетерп.	200	199	1н			
Всего	715	711	4			

Потерянные заявки складываются из:

- Заявок, потерянных в результате истечения времени нахождения заявки в СМО – в таблице отмечены буквами «по» – потерянные во время ожидания в очереди, «пс» – потерянные во время ожидания обработки на сервере;
- Заявок, скопившихся в очереди и потерянных из-за нехватки времени моделирования – в таблице отмечены буквой «о» (заявки в очереди);
- Заявки, поступившей на обслуживание сервером и не успевшей обработаться из-за окончания времени моделирования – в таблице отмечена буквой «н» (недообработанная заявка).

Коэффициент обработки рассчитывается по формуле:  $K_{\text{обраб.}} = N_{\text{обсл.}} / N_{\text{пост.}}$

Коэффициент потерь нетерпеливых заявок рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{потер. нетерп.}} = N_{\text{потер. нетерп.}} / N_{\text{пост. нетерп.}}$$

В результате проведенного эксперимента установлено, что при времени нахождения нетерпеливых заявок в СМО равном 10 единицам времени, теряется

8% нетерпеливых заявок, при 20 ед.вр. – 2% нетерпеливых заявок, а при 30 ед.вр. – 0,5% нетерпеливых заявок. Таким образом, в соответствии с условием, при котором потери нетерпеливых заявок должны быть менее 5%, для проведения дальнейших экспериментов было выбрано время нахождения нетерпеливых заявок в СМО равное 20 единицам времени.

### 3.5.2. Проведение экспериментов с одним общим сервером

Результаты трёх экспериментов, при которых все сгенерированные заявки (таблица 4) обрабатывались только на общем сервере представлены в таблицах 8–9.

Таблица 8 – Обработано заявок в СМО с одним общим сервером

№ эксперимента	Обработано заявок			K <sub>обраб.</sub>	K <sub>загрузки.</sub>	K <sub>потерь нетерпеливых заявок</sub>
	Обычных	Нетерпеливых	Всего			
1	512	196	708	0,99	0,85	0,02
2	499	311	810	0,95	0,96	0,09
3	499	303	802	0,45	1	0,76

Таблица 9 – Потеряно заявок в СМО с одним общим сервером

№ эксперимента	Потеряно заявок				
	Из очереди	На сервере	Осталось очереди	Недообслужено	Всего
1	3	3	0	1	7
2	12	12	21	1	46
3	597	343	33	1	974

Общий сервер может обрабатывать обычные и нетерпеливые заявки, при условии, что нетерпеливые заявки составляют менее 30% от общего числа заявок. При таком условии система практически не имеет потерь заявок. Проведение второго и третьего эксперимента для общего сервера показало, что даже, если бы по условиям поставленной задачи он мог обслужить более 30%

нетерпеливых заявок, то это не имеет смысла из-за большого количества потерь нетерпеливых заявок.

### 3.6. Модель СМО с двумя серверами

В данной модели СМО все сгенерированные заявки (таблица 4) поступают на обслуживание на общий сервер, но если отношение обработанных нетерпеливых заявок к общему числу обработанных заявок достигает 30%, то нетерпеливые заявки отправляются в обработку на второй сервер (Приложение А, Рисунок А.2). Данное условие задаётся с помощью функции MatLab:

```
function y = fcn(u,x)
if u /x * 100 < 30, y = 1;
else y = 2;
end;
```

Время нахождения нетерпеливых заявок в СМО равно 20 ед. времени, а время моделирования 1000 ед. времени.

Параметры генерации времени обслуживания на втором сервере представлены на рисунке 6:

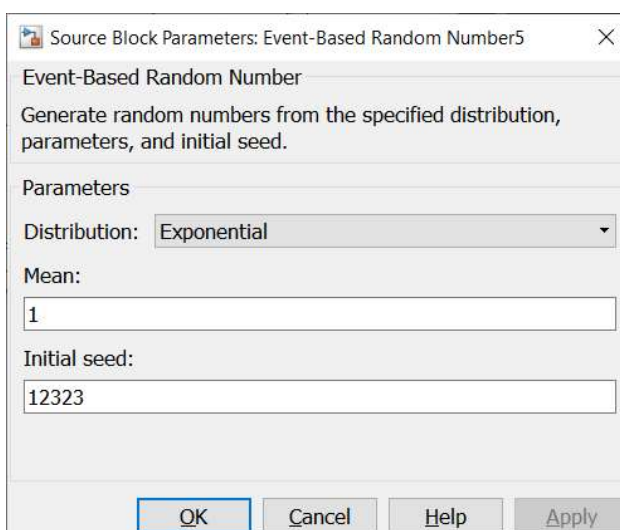


Рисунок 21 – Параметры генерации времени обслуживания на втором сервере

Результаты трёх экспериментов, при которых все сгенерированные заявки обрабатывались на одном общем и одном дополнительном сервере представлены в таблицах 10–11.

Таблица 10 – Обработано заявок в СМО с двумя серверами

№ эксперимента	Нетерпеливых заявок от общего числа, %	Обработано заявок				Кобраб	Кзагрузки	Кпотерь нетерпеливых заявок
		Сервер	Обычных	Нетерпеливых	Всего			
1	27,97	Первый	510	183	705	0,99	0,83	0,03
		Второй	-	12		1	0,08	
2	39,84	Первый	513	217	848	0,99	0,87	0,02
		Второй	-	118		1	0,11	
3	71	Первый	512	218	1573	0,97	0,87	0,16
		Второй	-	843		0,82	0,90	

Таблица 11 – Потеряно заявок в СМО с двумя серверами

№ эксперимента	Потеряно заявок						
	Из очереди	На 1 сервере	На 2 сервере	Осталось очереди	Необслуженно на 1 сервере	Недообслужено на 2 сервере	Всего
1	2	1	0	6	1	0	10
2	5	0	0	2	1	0	8
3	26	5	166	4	1	1	203

Второй сервер в соответствии с поставленной задачей, имитирует продажу продуктов по акции и обрабатывает нетерпеливые заявки, при условии, что они составляют менее 50% от общего числа заявок. При данном условии (эксперимент №1 и №2) система практически не имеет потерь заявок.

Проведение третьего эксперимента для данного сервера показало, что, если бы не было данного ограничения и выхода за рамки поставленной задачи, то теоретически он бы мог обслужить более 50% нетерпеливых заявок и процент потери нетерпеливых заявок составил бы 16%.

### 3.7. Модель СМО с тремя серверами

Во данном эксперименте были подобраны параметры источника генерации нетерпеливых заявок, чтобы количество сгенерированных нетерпеливых заявок составляло более 50% от общего числа заявок в СМО.

Сначала все заявки поступают на первый сервер, но если отношение обработанных нетерпеливых заявок к общему числу обработанных заявок достигает 30%, то нетерпеливые заявки отправляются в обработку на второй сервер. Если отношение обработанных нетерпеливых заявок первым и вторым сервером достигает 50% от общего числа обработанных нетерпеливых заявок, то нетерпеливые заявки отправляются в обработку на третий сервер (Приложение А, Рисунок А.3). Данное условие задаётся с помощью блока функции MatLab:

```
function y = fcn(u,x,z)
if u /x * 100 < 30, y = 1;
elseif (u+z)/x * 100 < 50, y = 2;
else y = 3;
end;
```

Время нахождения нетерпеливых заявок в СМО равно 20 ед. времени. Время моделирования было установлено в 1000 ед. времени,

Параметры генерации времени обслуживания на третьем сервере представлены на рисунке 7.

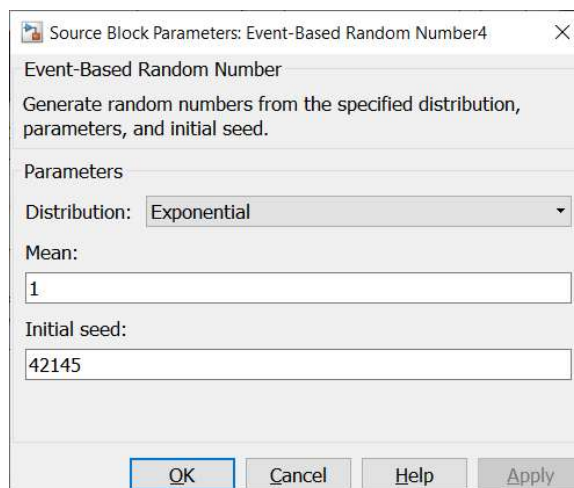


Рисунок 22 – Параметры генерации времени обслуживания на третьем сервере

Результаты трёх экспериментов, при которых все сгенерированные заявки (таблица 4) обрабатывались на одном общем и двух дополнительных серверах с заданными условиями, представлены в таблицах 12–13.



Таблица 12 – Обработано заявок в СМО с тремя серверами

№	Нетерпеливых заявок от общего числа, %	Обработано заявок				Кобраб.	Кзагрузки.	Кпотерь нетерпеливых заявок
		Сервер	Обычных	Нетерпеливых	Всего			
1	27,97	Первый	510	183	705	0,97	0,83	0,03
		Второй	-	12		1	0,08	
		Третий	-	0		1	0,01	
2	39,84	Первый	513	217	848	0,41	0,87	0,06
		Второй	-	104		1	0,11	
		Третий	-	14		1	0,12	
3	71	Первый	512	218	1672	0,97	0,87	0,08
		Второй	-	153		0,99	0,49	
		Третий	-	789		0,92	0,81	

Таблица 13 – Потеряно заявок в СМО с тремя серверами

№	Потеряно заявок								
	Из очереди	На 1 сервере	На 2 сервере	На 3 сервере	Осталось в очереди	Недооб. на 1 сервере	Недооб. на 2 сервере	Недооб. на 3 сервере	Всего
1	2	1	0	0	6	1	0	0	10
2	5	0	0	0	2	1	0	0	8
3	19	5	1	72	4	1	1	1	104

Третий сервер в соответствии с поставленной задачей, имитирует переработку продуктов и обрабатывает все оставшиеся нетерпеливые заявки, когда они превышают 50% от общего числа заявок в системе. Введение данного сервера позволяет разгрузить систему от излишков нетерпеливых заявок и избежать значительных потерь – потеря заявок составила всего 8%.

#### 4. Анализ результатов исследования

В ходе исследования были проведены эксперименты с тремя моделями СМО:

1. Модель СМО с одним общим сервером;
2. Модель СМО с общим и дополнительным сервером для нетерпеливых заявок;
3. Модель СМО с одним общим и двумя дополнительными серверами для нетерпеливых заявок.

В каждом эксперименте были исследованы следующие случаи, зависящие от количества нетерпеливых заявок в системе:

- количество нетерпеливых заявок  $< 30\%$  от общего числа заявок в СМО;
- количество нетерпеливых заявок от  $30\%$  до  $< 50\%$  от общего числа заявок в СМО;
- количество нетерпеливых заявок  $> 50\%$  от общего числа заявок в СМО;

В ходе первого эксперимента было также исследовано и установлено оптимальное время нахождения нетерпеливых заявок в СМО, составившее 20 ед. времени.

Общий сервер предназначен для обслуживания нетерпеливых заявок, если их число не превышает  $30\%$  от общего числа заявок в системе и не может обслужить большее число заявок. Проведенные эксперименты показали, что при таком условии, общий сервер справляется с обслуживанием заявок и потеря нетерпеливых заявок составляет  $2\%$ .

Второй сервер имитирует снижение цены и предназначен для обслуживания нетерпеливых заявок, если количество обработанных нетерпеливых заявок больше  $30\%$ , но не превышает  $50\%$  от общего числа обработанных заявок в системе и не может обслужить большее число заявок. Проведенные эксперименты показали, что при таком условии потеря нетерпеливых заявок в системе составляет  $2\%$ . Проведение эксперимента, в

котором процент нетерпеливых заявок превышал 50%, показало, что, если бы не было данного ограничения и выхода за рамки поставленной задачи, то теоретически он бы мог обслужить более 50% нетерпеливых заявок и процент потери нетерпеливых заявок составил бы 16%.

Третий сервер имитирует отправление продуктов на переработку и предназначен для обслуживания всех нетерпеливых заявок, когда их число превышает 50% от общего числа обработанных заявок в системе. Проведенные эксперименты показали, что при таком условии потеря нетерпеливых заявок в системе составляет 2%.

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований**

#### **5.2. Потенциальные потребители результатов исследования**

В данной научно-исследовательской работе разрабатывается и исследуется модель СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе. Модель СМО имитирует работу продуктового магазина, а заявки с ограниченным временем пребывания в СМО имитируют продукты с истекающим сроком годности. Данное исследование выполняется с целью найти решение для широко распространенной проблемы утилизации продуктов из-за истёкшего срока годности в существующих СМО.

Результаты исследования могут быть применены на практике в любых СМО, в которых существует проблема потери продуктов/клиентов из-за того, что они не дожидаются обслуживания, например в продуктовых магазинах. Также существует возможность модификации разработанной модели СМО и установки параметров для конкретного потребителя.

#### **5.3. Анализ по технологии QuaD**

Данная технология представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и её перспективность на рынке. По своему содержанию данный анализ близок к методике оценки конкурентных решений.

Таблица 14 – Таблица QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
Энергоэффективность	0,02	80	100	0,8	0,016
Помехоустойчивость	0,03	75	100	0,75	0,0225
Надежность	0,10	90	100	0,9	0,09
Унифицированность	0,02	100	100	1	0,02
Уровень материалоемкости разработки	0,01	80	100	0,8	0,008
Уровень шума	0,02	75	100	0,75	0,015
Безопасность	0,08	80	100	0,8	0,064
Потребность в ресурсах памяти	0,03	30	100	0,3	0,009
Функциональная мощность	0,09	85	100	0,85	0,0765
Простота эксплуатации	0,06	90	100	0,9	0,054
Качество интеллектуального интерфейса	0,08	80	100	0,8	0,064
Ремонтопригодность	0,06	95	100	0,95	0,057
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
Конкурентоспособность продукта	0,05	85	100	0,85	0,0425
Уровень проникновения на рынок	0,02	50	100	0,5	0,01
Перспективность рынка	0,05	80	100	0,8	0,04
Цена	0,09	90	100	0,9	0,081
Послепродажное обслуживание	0,03	40	100	0,4	0,012
Финансовая эффективность научной разработки	0,06	65	100	0,65	0,039
Срок выхода на рынок	0,02	55	100	0,55	0,011
Наличие сертификации разработки	0,08	40	100	0,4	0,032
Итого	1,00		100		0,7635

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum (B_i \cdot V_i), \quad (1)$$

где  $P_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы).

Значение  $P_{\text{ср}}$  позволяет сделать вывод о перспективах разработки. Оценка данной разработки составила 76.35%, что говорит о перспективности проекта выше среднего.

В результате проведения оценки можно сделать вывод о том, об объёмах инвестирования в текущую разработку и выделить стороны для дальнейшего улучшения.

#### **5.4.SWOT-анализ**

SWOT – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для того чтобы найти сильные и слабые стороны проводится SWOT– анализ. Он осуществляется в несколько этапов. Для этого выделяются сильные и слабые стороны данного исследования, а также его возможности и угрозы. В таблице 15 представлен анализ матрицы выделенных факторов.

Таблица 15 – SWOT-анализ

<b>Внутренние факторы</b>		
	<p><b>Сильные стороны проекта:</b>                      С1: Высокая актуальность разработки                      С2: Простота и понятность интерфейса.                      С3: Широкая сфера применения разработки.                      С4: Алгоритм работы программы максимально приближен к реальным условиям.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>                      Сл1: Минималистичность интерфейса.                      Сл2: Необходимость использования математического пакета MatLab для работы программы.                      Сл3: Сложность структуры СМО.</p>
<p><b>Возможности:</b>                      В1: Масштабируемость и возможность расширения функционала проекта                      В2: Модификация параметров и условий работы для более точной настройки программы</p>	<p><b>«Сильные стороны и возможности»:</b>                      В1В2С2С4:                      Данную разработку можно быстро адаптировать под нужды конкретного потребителя                      В1С1С3:                      В результате высокой актуальности, широкой сферы применения и возможности расширения, проектом могут заинтересоваться многие организации</p>	<p><b>«Слабые стороны и возможности»:</b>                      Сл1В1В2:                      Отсутствуют лишние компоненты интерфейса, что позволяет с лёгкостью изучить возможности модификации и расширения программы                      Сл2В1:                      Для пакета MatLab реализовано большое количество готовых библиотек что облегчает возможность расширения функционала                      Сл3В1                      Сложность структуры СМО может создать проблемы быстрой модификации</p>

Продолжение таблицы 15.

<b>Внешние факторы</b>	<b>Угрозы:</b> У1: Отсутствие спроса на разработку У2: Отсутствие навыков персонала для использования программы У3: Существование у потребителей собственных разработок	<b>«Сильные стороны и угрозы»:</b> У1С1С3С4: Актуальность разработки может привлечь потенциальных потребителей У2С2: Интерфейс программы понятен для неквалифицированного пользователя У3С2С4: Позиционирование данной разработки как простого и эффективного инструмента может привлечь внимание к её использованию	<b>«Слабые стороны и угрозы»:</b> У2Сл1Сл2: Интерфейс MatLab интуитивно понятен, но при необходимости, существует множество документации для данного математического пакета. У1У3Сл2 Может потребоваться большой срок для выхода на рынок
------------------------	--	--	---

### 5.5. Планирование научно-исследовательских работ

### 5.6. Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Наименование работы	Исполнители работы
Выбор направления исследований	1	Составление и утверждение темы исследования	Руководитель
	2	Составление требований к модели СМО	Руководитель
	3	Утверждение технического задания	Руководитель, студент
Теоретические исследования	4	Составление календарного плана-графика	Руководитель
	5	Анализ предметной области	Студент
	6	Обзор и изучение материалов по теме исследования	Студент
Проведение экспериментов	7	Разработка и исследование модели СМО	Студент
	8	Анализ проведенных исследований	Студент
	9	Согласование результатов исследования	Руководитель, студент
Оформление отчёта по работе	10	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Студент
	11	Оформление выполненной работы	Студент



### 5.7. Определение трудоемкости выполнения работ

Для оценки трудоемкости выполнения работ необходимо оценить минимальное и максимальное время выполнения каждой работы. А также произвести расчет ожидаемого значения трудоемкости. Полученные значения представлены в таблице 4.

Ожидаемые трудозатраты определяются по формуле:

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

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн;

$t_{min}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{max}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн..

### 5.8. Разработка графика проведения научного исследования

После определения ожидаемой трудоемкости работ необходимо рассчитать продолжительность выполнения каждой из работ в рабочих днях.

Формула для расчета продолжительности работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi.}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

$t_{ожi.}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек. Так как процент участия в выполнении работы студента – 90% и научного руководителя – 10%, то  $Ч_i$  примем за 1.

Формула для расчета продолжительности работы в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

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

$T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -й работы, календарных дней;

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

Формула для расчета коэффициента календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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

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

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

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2020 году 366 календарных дней из них 269 рабочих дней и 97 выходных/праздничных дней (с учетом нерабочих дней, установленных Указами Президента РФ).

Тогда коэффициент календарности будет равен:

$$k = \frac{366}{366 - 97} = 1,36. \quad (6)$$

Все рассчитанные значения временных показателей для каждого вида работ приведены в таблице 17. На основании полученных данных построен Календарный план-график. (Таблица 18).

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

№ ра бо ты	Содержание работ	Исполните ли работы	Трудоемкость работ, чел-дни			Длительност ь работ в рабочих днях Тр	Длительность работ в календарных днях Тк
			tmin	tmax	тож		
1	Составление и утверждение темы исследования	Руководите ль, Студент	2	4	2,8	3	4
2	Составление требований к модели СМО	Руководите ль, Студент	2	3	2,4	2	3
3	Утверждение технического задания	Руководите ль	1	3	1,8	2	2
4	Составление календарного плана-графика	Руководите ль	1	3	1,8	2	2
5	Анализ предметной области	Студент	7	10	8,2	8	11
6	Обзор и изучение материалов по теме исследования	Студент	5	7	5,8	6	8
7	Разработка и исследование модели СМО	Студент	14	21	16,8	17	23
8	Анализ проведенных исследований	Студент	7	10	8,2	8	11
9	Согласование результатов исследования	Руководите ль, Студент	5	8	6,2	6	8
10	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Студент	7	10	8,2	8	11
11	Оформление выполненной работы	Студент	7	8	7,4	7	10
Итого:			58	87	70	70	93

Таблица 18 – Календарный план-график

№ Работ	Содержание работ	Исполнитель	Длительность работ в кал. дн. Тк	Продолжительность выполнения работ												
				март			апрель			май			июнь			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Составление и утверждение темы исследования	Руководитель, Студент	4													
2	Составление требований к модели СМО	Руководитель, Студент	3													
3	Утверждение технического задания	Руководитель	2													
4	Составление календарного плана-графика	Руководитель	2													
5	Анализ предметной области	Студент	11													
6	Обзор и изучение материалов по теме исследования	Студент	8													
7	Разработка и исследование модели СМО	Студент	23													
8	Анализ проведенных исследований	Студент	11													
9	Согласование результатов исследования	Руководитель, Студент	8													
10	Выполнение других частей работы	Студент	11													
11	Оформление выполненной работы	Студент	10													

- Примечание к таблице 18:

-  – Руководитель     – Студент

Таким образом, был оценен объем необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека – научный руководитель и студент. Научный руководитель участвует в работе в течении 19 дней, студент – 89 дней

## **5.9. Бюджет научно-технического исследования**

### **5.10. Расчет материальных затрат научно-технического исследования**

В данной работе отсутствуют затраты на материалы, так как она полностью выполнена в электронном виде на персональном компьютере. Соответственно,  $C_{\text{мат}} = 0$ .

### **5.11. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

Для выполнения исследования и написания документации необходимы персональный компьютер и программное обеспечение.

Стоимость индивидуальной лицензии MatLab для коммерческого использования – 2150 \$, стоимость библиотек Simulink и Stateflow – по \$ 29 каждая. Итого программный пакет обойдется в 2208 долларов. По курсу ЦБ на 1 февраля 2020 года, 1 доллар равен 63,14 рублям. Итого в рублях получим:

$$2208 * 63,14 = 139414 \text{ рублей.}$$

Для написания документации была использована лицензия программы «Microsoft Office Для дома и учёбы»,

Стоимость лицензии «Microsoft Office Для дома и учёбы» – 120 \$. По курсу ЦБ на 1 февраля 2020 года в рублях получим:

$$120 * 63,14 = 7577 \text{ рублей.}$$

Стоимость лицензии «Microsoft Office Для дома и учёбы» меньше 40 000 рублей, поэтому амортизационные отчисления для данного ПО не рассчитываются.

Срок полезного использования программного обеспечения ограничен сроком действия лицензии. Если срок лицензии не указан, то он определяется

самостоятельно. Для рассматриваемых программ установим срок полезного использования величиной в 5 лет. Для выполнения исследования программное обеспечение использовалось в течение 4 месяцев.

Персональный компьютер, на котором выполняется данное исследование имеется в научно-технической организации, содержит перечисленное программное обеспечение и учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Срок полезного использования для офисных машин составляет 3 года. Стоимость ПК 50000 рублей. Для выполнения исследования персональный компьютер использовался 4 месяца.

Перечень оборудования представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Стоимость и время использования оборудования

Наименование	Стоимость, руб.	Срок полезного использования, месяцев	Время использования, месяцев
Лицензия «MatLab» с библиотеками Simulink и Stateflow	139 414	60	4
Персональный компьютер	50 000	36	

Тогда:

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% , \quad (7)$$

где  $A_n$  – норма амортизации за год использования;

$n$  – срок полезного использования.

Тогда:

$$A_n(\text{компьютер}) = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33\%.$$

$$A_n(\text{ПО}) = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$$

Годовые амортизационные отчисления составят:

$$A_r(\text{компьютер}) = 50000 \cdot 0,33 = 16500 \text{ руб.}$$

$$A_r(\text{ПО}) = 139414 \cdot 0,2 = 27882,2 \text{ руб.}$$

Для нахождения суммы амортизационных отчислений за 4 месяца необходимо привести годовые амортизационные отчисления к ежемесячным и умножить на срок использования. Тогда,

$$A(\text{компьютер}) = \frac{16500}{12} \cdot 4 = 5500 \text{ руб.}$$

$$A(\text{ПО}) = \frac{27882,2}{12} \cdot 4 = 9294,07 \text{ руб.}$$

Итого, величина затрат на амортизацию составила 14794,07 рублей.

### 5.12. Основная заработная плата исполнителей темы

Исполнителями данного исследования являются 2 человека – студент и научный руководитель. Данные работники получают основную плату и дополнительную заработную плату, которая вычисляется по формуле:

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

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_r \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_r, \quad (9)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_r$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни;

$K_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент – 0,3;

$K_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок – от 0,2 до 0,5;

$K_r$  – районный коэффициент – 1,3 для Томска.

Дневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (10)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска  
в течение года:

$M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего  
времени персонала, раб. дн.

Для расчета основной заработной платы студента был взят оклад, равный окладу ассистента без степени равный 21760 руб.

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата наук, поэтому его основной оклад составит 33664 руб.

Для расчета заработной платы использовались данные баланса рабочего времени таблицы 20.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	366
Нерабочие дни (праздники/выходные)	97
Действительный годовой фонд рабочего времени	269

По таблице 18 общая продолжительность работ составила 93 дня.  $T_{\text{р}}$  студена составляет 89 рабочих дней, а  $T_{\text{р}}$  научного руководителя 19 рабочих дня.

По формуле 10 и данным из таблицы 20, рассчитана дневная заработная плата для студента и для научного руководителя:

$$Z_{\text{дн}}(\text{студент}) = \frac{21760 * 10,4}{269} = 841,28 \text{ рубля}$$

$$Z_{\text{дн}}(\text{научный руководитель}) = \frac{33664 * 10,4}{269} = 1301,51 \text{ рубля}$$



Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Здн, руб.	Кпр	Кд	Кр	Тр,	Зосн, руб
Студент	841,28	0,3	0,2	1,3	93	152 566,13
Руководитель	1301,51	0,3	0,2	1,3	19	48 220,95
Итого:						200 787,08

Итоговая сумма затрат на основную заработную плату составила 200 787,08 рублей.

### 5.13. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчёт дополнительной заработной платы осуществляется по формуле 11

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (от 0,12 до 0,15)

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата.

Расчёт дополнительной заработной платы выполнен в таблице 22.

Таблица 22– Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$ , руб
Студент	152 566,13	0,12	18 307,94
Руководитель	48 220,95	0,12	5 796,51
Итого:			24 094,45

Итоговая сумма затрат на дополнительную заработную плату составила 24 094,45 рублей.

### 5.14. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Страховые отчисления составляют 30% от затрат на заработную плату. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 23.

Таблица 23– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>доп</sub> , руб
Студент	152 566,13	18 307,94
Руководитель	48 220,95	5 796,51
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 0.3		
Итого: 67 467,46		

Итоговая сумма затрат на отчисления во внебюджетные фонды составила 67 467,46 рублей.

### 5.15. Накладные расходы

Накладные расходы являются дополнительными затратами, которые не относятся напрямую к предыдущим расходам. Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (\text{сумма затрат})$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы,  $k_{\text{нр}}=16\%$

Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}}=0,16 *(14794,07+200787,08+24094,45+67467,46) =49 142, 89 \text{ руб.}$$

### 5.16. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Подробные итоговые результаты расчетов бюджета затрат НИИ приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование	Сумма, руб.	Доля затрат, %
Затраты на амортизацию оборудования	14 794,07	4,15
Затраты на основную заработную плату	200 787,08	56,36
Затраты на дополнительную заработную плату	24 094,45	6,76
Страховые взносы	67 467,46	18,94
Накладные расходы	49 142,89	13,79
Общий бюджет	356 285,95	100

Общая продолжительность работы над проектом составила 93 календарных дня. Бюджет затрат НИИ составил 356 285,95 рублей.

### 5.17. Определение эффективности на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный показатель финансовой эффективности для разных вариантов исполнения научного исследования не будет отличаться, так как всё исследование выполняется на одном и том же оборудовании с уже имеющимся всем необходимым программным обеспечением. Перейдем к определению ресурсоэффективности проекта.

В текущей работе для моделирования СМО использован пакет прикладных программ MatLab. Однако в ходе обзора и выбора средств для проведения исследования были рассмотрены и другие среды имитационного моделирования. В среде имитационного моделирования AnyLogic отсутствуют встроенные средства моделирования ухода заявок из системы при истечении времени для их обслуживания. Среда имитационного моделирования Rockwell Arena и MatLab имеют все возможности, чтобы быть использованы для одних и тех же целей, однако MatLab опережает Rockwell Arena с точки зрения простоты использования и быстроты интеграции с изменением различных параметров при моделировании в рамках одной системы.

Ресурсоэффективность проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценки.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности проведён в виде табличной формы (таблица 25).

Таблица 25– Сравнительная оценка характеристик вариантов проектов

Критерии	Весовой коэффициент	MatLab	Any logic	Rockwell Arena
Встроенные библиотеки	0,25	5	3	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	4
Интерфейс	0,1	4	4	5
Наличие документации	0,15	5	4	4
Возможность изменения параметров модели	0,2	5	4	5
Масштабируемость	0,1	5	3	4
Итого	1	4,9	3,65	4,55

Показатель ресурсоэффективности данного проекта составил 4,9, что говорит о целесообразности использования выбранного программного обеспечения для выполнения исследования как с позиции финансовой, так и ресурсной эффективности.

## **6. Социальная ответственность**

Социальная ответственность играет важнейшую роль в обеспечении безопасности жизнедеятельности. В систему охраны труда включены правовые, социально-экономические, санитарно-гигиенические и другие мероприятия.

В рамках дипломной работы осуществлялась разработка и исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе. При этом модель СМО имитирует работу продуктового магазина, а заявки с ограниченным временем пребывания в СМО имитируют продукты с истекающим сроком годности.

Данное исследование выполнялось с целью найти решение для широко распространенной проблемы утилизации продуктов из-за истекшего срока годности в существующих СМО. Результаты исследования могут быть применены на практике.

Рабочая зона для выполнения дипломной работы представляет собой помещение, оборудованное персональным компьютером (ПК) и находится в аудитории 403А корпуса № 10 ТПУ. Рабочее место представляет собой офисный стул и стол, с монитором и системным блоком ЭВМ, расположенных на столе.

### **6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **6.2. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.**

Правовой нормой, регулирующей отношения между работником и работодателем является Трудовой кодекс РФ [116]. Согласно данному кодексу продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Также, согласно кодексу, работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для

его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

### **6.3. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.**

Санитарными правилами СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ» регламентированы требования к рабочему месту:

- при использовании компьютеров с мониторами на базе электронно-лучевой трубки площадь должна быть не менее 6 кв. м;
- при использовании компьютеров с жидкокристаллическими или плазменными мониторами - не менее 4,5 кв. м [117].

При размещении рабочих мест с компьютерами расстояние между рабочими столами должно быть не менее 2 метров, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 метра. Если с помощью компьютеров выполняется творческая работа, требующая значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рабочие места рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2 метра.

Эргономичные требования к конструкции рабочего места для комфортной среды описаны в ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения». Согласно данному нормативному документу, основными элементами рабочего места оператора являются: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура; вспомогательными - пюпитр, подставка для ног [118].

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его

количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Оптимальными размерами поверхности рабочего стола для ПЭВМ являются: ширина – от 800 до 1400 мм, глубина – 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Конструкция монитора ЭВМ должна обеспечивать возможность фронтального наблюдения экрана путем поворота корпуса в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси в пределах плюс минус 30 градусов и в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси в пределах плюс-минус 30 градусов с фиксацией в заданном положении.

#### 6.4. Профессиональная социальная безопасность

При эксплуатации компьютера на работника могут оказывать влияние следующие опасные и вредные производственные факторы. Возможные опасные и вредные физические факторы, которые могут возникнуть в ходе выполнения работ, приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [119]	Этапы работ		Нормативные документы
	Разра- ботка	Эксплу- атация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	-	СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [120]
2. Превышение уровня шума	+	-	ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [121] СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [122]
3. Недостаточное освещение рабочей зоны	+	-	СП 52.13330.2016 «СНиП 23-05-95
4. Опасность поражения электрическим током	+	+	Естественное и искусственное освещение» [123] ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [124]
5. Психофизиологические факторы	+	+	

## **6.5. Анализ опасных и вредных производственных факторов**

### **6.6. Отклонение показателей микроклимата**

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Согласно СанПиН 2.2.4.548–96 показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения [120].

Также, данный документ регулирует оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений в зависимости от периода года и категории работ. Категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

Вид выполняемой работы относится к категории Ia. Данная категория подразумевает работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах для данной категории работ представлены в таблицах 27–28.



Таблица 27 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Теплый	23-25	22-26	50-60	0,1

Таблица 28 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-24	18-25	15-75	0,1-0,2
Теплый	20-28	19-29		0,1-0,3

Для того чтобы температура в теплый период соответствовала оптимальным значениям, необходимо регулярно проветривать помещение. Аудитория, в которой выполняются работы полностью соответствует вышеописанным нормам по всем величинам показателей, включая температуру, влажность и скорость движения воздуха.

### 6.7. Превышение уровня шума

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности», шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты [121].

Источником шума на рабочем месте являются кулеры, находящийся в персональном компьютере.

Нормы уровня шума регулируются правилами СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [122]. Данные нормы и представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивален- тные уровни
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	звука (в дБА)
Проектирование и программирование. Рабочие места в, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Персональный компьютер на рабочем месте издает шум не более 35 дБ, что соответствует нормативам. Однако, если уровень шума будет превышать допустимые значения, следует использовать средства коллективной и индивидуальной защиты.

Методы и средства коллективной защиты подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно - технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции.

Средства индивидуальной защиты применяются в том случае, если не удастся обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте другими методами. Принцип действия данных средств защиты – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Средства индивидуальной защиты включают в себя противозумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, а также специальные костюмы.

### **6.8. Недостаточное освещение рабочей зоны**

Освещение влияет не только на функционирование зрительного аппарата, но и на психику человека, его эмоциональное состояние. Недостаток

необходимого естественного или искусственного освещения затрудняет безопасное ведение трудовой и производственной деятельности.

В СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» указаны требования к освещению [123]. Выполняемую работу можно отнести к разряду III и подразряду Г (высокой точности). В таблицах 30–31 представлены нормы освещённости и коэффициента пульсации для данного вида работ.

Таблица 30 – Нормы освещённости

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Размер зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещенность, Лк		
						При комб. освещении		При общем освещении
						Всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	Г	Средний Большой	Светлый Средний	400	200	200

Таблица 31 – Нормы коэффициента пульсации

Вид освещения	Коэффициент пульсации освещенности для III разряда зрительной работы, %	
Общее освещение	15	
Комбинированное освещение	а) общее	20
	б) местное	15

На рабочем месте используется комбинированное освещение. Коэффициент пульсации люминесцентных ламп в аудитории достигает 40%. Высокий коэффициент пульсации освещенности (свыше 30%) характерен для осветительных установок, подключенных к трёхфазным групповым линиям питания. Поэтому, для того чтобы снизить коэффициент пульсации, необходимо подключить их к разным фазам трёхфазной цепи.

## **6.9. Опасность поражения электрическим током**

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором. Мероприятия, технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность в процессе трудовой деятельности приведены в ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [124].

Рабочее место по степени опасности поражения электрическим током, согласно данному документу, можно отнести к классу помещений без повышенной опасности, так как отсутствуют опасные факторы, такие как сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы и высокая температура.

Опасность поражения электрическим током может возникнуть при несоблюдении мер безопасности, а также при поломке или неисправности электрического оборудования.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [122], при работе с компьютерами для обеспечения электробезопасности следует соблюдать следующие правила:

- при работе с электрооборудованием не допускается попадания влаги на поверхность электрооборудования, а также запрещается работать на электрооборудовании влажными руками;
- подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);
- все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах (при отсутствии крышки или защитной панели эксплуатация электрооборудования не допускается);
- удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;
- вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты находящимися вплотную стенами, мебелью, посторонними предметами;
- выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо

осуществлять за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;

– кабели электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний.

Аудитория, в которой выполняется работа соответствует всем требованиям электробезопасности ГОСТ 12.1.019-2017 [124]

### **6.10. Психофизиологические факторы**

Согласно ГОСТ 12.0.003-2014 [121], опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

– на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

– нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса;

Физические перегрузки могут быть связаны с долгим нахождением в рабочей позе (в положении сидя).

Нервно-психические перегрузки могут быть вызваны умственным перенапряжением, перенапряжением анализаторов, и монотонностью труда.

Для того, чтобы избежать воздействия данных факторов, необходимо установить оптимальный режим труда и отдыха при работе за персональным компьютером, включающий в себя перерывы для отдыха от работы на компьютере.

### **6.11. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)**

Для снижения воздействия опасных и вредных факторов, а также для безопасной эксплуатации оборудования необходимо соблюдать правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Меры по снижению каждого конкретного фактора описаны при их анализе.

## **6.12. Экологическая безопасность**

### **6.13. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.**

Данный вид работ (математическое моделирование) не имеет прямого воздействия на окружающую среду.

### **6.14. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.**

В ходе разработки и эксплуатации данного исследования могут образоваться электронные отходы –компоненты персонального компьютера или пришедшая в негодность оргтехника. Неправильная утилизация данных отходов может нанести вред литосфере.

На свалках под открытым небом составляющие компьютера разрушаются и в окружающую среду поступают такие вещества как свинец, сурьма, кадмий, мышьяк, а также соединения на основе поливинилхлорида и фенолформальдегида.

### **6.15. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.**

Для защиты окружающей среды от воздействия электронных отходов, утилизация компьютеров и оргтехники производится согласно методике, утвержденной государственным комитетом РФ по телекоммуникациям [126]. Данная методика подразумевает сбор, сортировку и переработку таких отходов.

Из комплектующих персонального компьютера и оргтехники при отправке на переработку можно получить аффинированные металлы. Цикл переработки состоит из следующих этапов: первичная сортировка оборудования; выделение драгоценных, черных и цветных металлов и других материалов; плавление; аффинаж и переработка металлов

Для утилизации отходов следует заключить договор с одной из организаций, занимающихся безопасной утилизацией электронных отходов. При этом существует возможность, как лично привезти электронные отходы в данную организацию, так и заказать вывоз отходов с определенной территории.

## **6.16. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **6.17. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.**

Объект исследования исключает возможность инициирования ЧС, так как представляет собой программу, выполняющую математическое моделирование. Также не может инициировать возникновение ЧС и наличие ошибок или недоработок в проектировании объекта исследования.

### **6.18. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.**

Для рабочего места, находящегося в аудитории 403А корпуса №10 ТПУ единственно возможной ЧС является пожар.

Возможные источники воспламенения:

- короткое замыкание;
- неисправное электрооборудование, сбой в проводке и розетках;
- накопление статического электричества на токопроводящих элементах, возникновение искры.

### **6.19. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.**

Обучение пожарной технике безопасности и соблюдение норм пожарной безопасности позволяет минимизировать риски возникновения пожара.

В соответствии с ППБ 01-03 [127], каждый гражданин при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) должен:

- незамедлительно сообщить об этом по телефону в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);
- принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

План эвакуации из аудитории 407А представлен на рисунке 23.

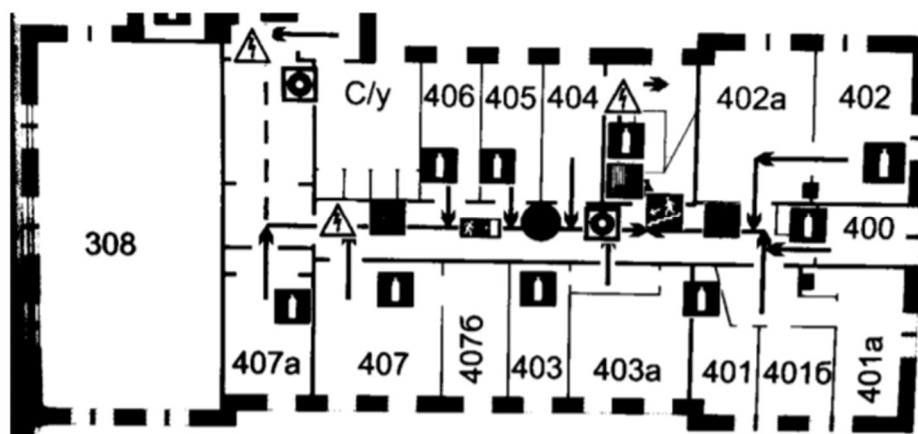


Рисунок 23 –План эвакуации из аудитории 403А корпуса № 10 ТПУ

## 6.20. Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Дан анализ возможных вредных и опасных факторов, при разработке и эксплуатации предмета исследования. Также рассмотрены меры по снижению воздействия перечисленных факторов. В рамках подраздела экологической безопасности рассмотрены меры по охране окружающей среды. Кроме этого, проанализирована возможная ЧС и рассмотрены меры для её предотвращения, а также действия при её возникновении.



## Заключение

В данной работе проводились эксперименты, связанные и с разработкой и исследованием моделей СМО с ограниченным временем ожидания заявок в системе.

В ходе работы был выполнен обзор литературы, изучен теоретический материал и проведён анализ актуальности данного исследования. Разработанные модели СМО имеют характеристики, приближенные к реальным СМО и имеют практическую направленность. Для каждой модели были проведены эксперименты с различными параметрами обработки заявок с ограниченным временем ожидания заявок в системе. В ходе каждого эксперимента получены такие характеристики, как: коэффициент загрузки системы, количество обработанных заявок и коэффициент потерь нетерпеливых заявок. Произведён анализ полученных данных. Использование результатов исследования на практике может помочь решить проблему, связанную с утилизацией продуктов с истекающим сроком годности в таких СМО, как торговые сети и продуктовые магазины.

Также был выполнен анализ возможных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации данного исследования. Кроме этого, была выяснена ресурсоэффективность и коммерческий потенциал исследования. Сделаны выводы о высокой перспективности разработки.

## Список использованных источников

1. Звягин, Л.С. Использование и актуальность имитационного моделирования в аналитических целях / Л.С. Звягин // Экономическая аналитика. – 2015. – № 12. – С. 79-87.
2. Кацман, Юлий Янович. Моделирование : учебное пособие / Ю. Я. Кацман; Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). — Томск: Изд-во ТПУ, 2003. — 91 с.: ил.
3. РБК – Эксперты оценили стоимость выброшенных россиянами продуктов в  $\text{R}1,6$  трлн [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://www.rbc.ru/business/04/10/2019/5d94824e9a7947147992cf07>. Дата обращения: 05.02.2020.
4. Апачиди К.Н. Моделирование в среде Simulink системы массового обслуживания с приоритетами. Перспективы развития информационных технологий: / Труды Всероссийской молодежной научно-практической конференции, г. Кемерово, 29-30 мая 2014 г. – КузГТУ. – Кемерово, 2014. С.5-6.
5. Апачиди К.Н. Сравнение характеристик систем массового обслуживания при приоритетном распределении ресурсов. Молодежь и современные информационные технологии. / Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 1 2-14 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2. С. 130-131.
6. Raspopov A., Katsman Y.Y., "Resource Allocation Algorithm Modeling in Queuing System Based on Quantization". / Key Engineering Materials, Vol. 685, 2016, pp. 886-891
7. Полянский С.В. Управление моделью системы массового обслуживания с использованием динамических приоритетов Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г. – 2017 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2. С. 90 - 91.

8. S. V. Polyanskiy, Yu. Ya. Katsman. Application of dynamic priorities for controlling the characteristics of a queuing system. Journal of Physics: Conference Series (JPCS), vol.803. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012119/pdf>. Дата обращения: 09.03.2020.
9. Агзан А. Н. Разработка и исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе: магистерская диссертация / А. Н. Агзан ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР), Отделение информационных технологий (ОИТ) ; науч. рук. Ю. Я. Кацман. — Томск, 2019.
10. AnyLogic – Multi-Method Simulation Software [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL [anylogic.com](http://anylogic.com). Дата обращения: 05.03.2020.
11. GPSS [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://www.gpss.ru/>. Дата обращения: 20.04.2020.
12. Arena Simulation Software [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://www.arenasimulation.com/>. Дата обращения: 20.04.2020.
13. Simulink [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://matlab.ru/products/simulink>. Дата обращения: 05.03.2020.
14. Stateflow. Model and simulate decision logic using state machines and flow. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL
15. Библиотека блоков Simulink. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL [http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/9\\_6.php](http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/9_6.php). Дата обращения: 20.05.2020.
16. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
17. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ».

18. ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».
19. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
20. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
21. ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
22. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
23. СП 52.13330.2016 «СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение».
24. ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
25. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
26. Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники.
27. ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

## Приложение А (обязательное)

### Модели СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе

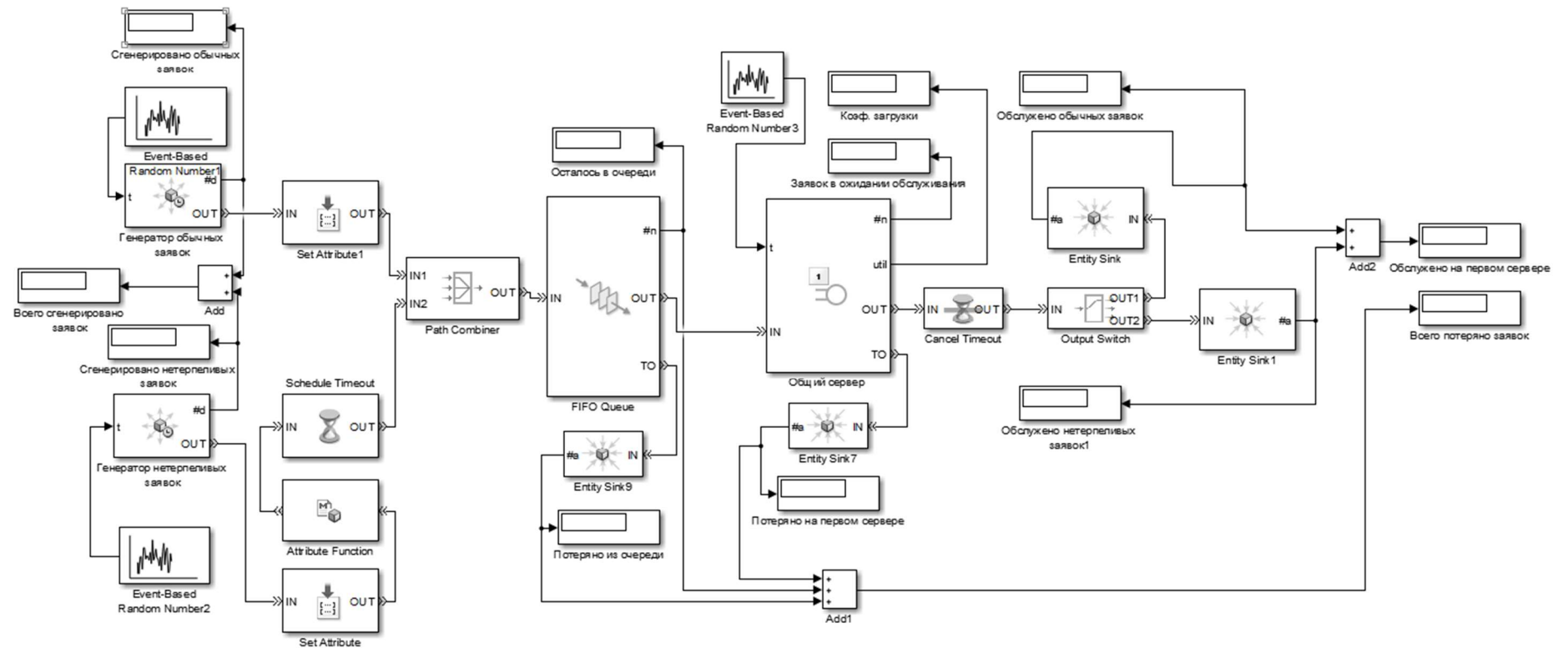


Рисунок А.1 – Модель СМО с общим сервером

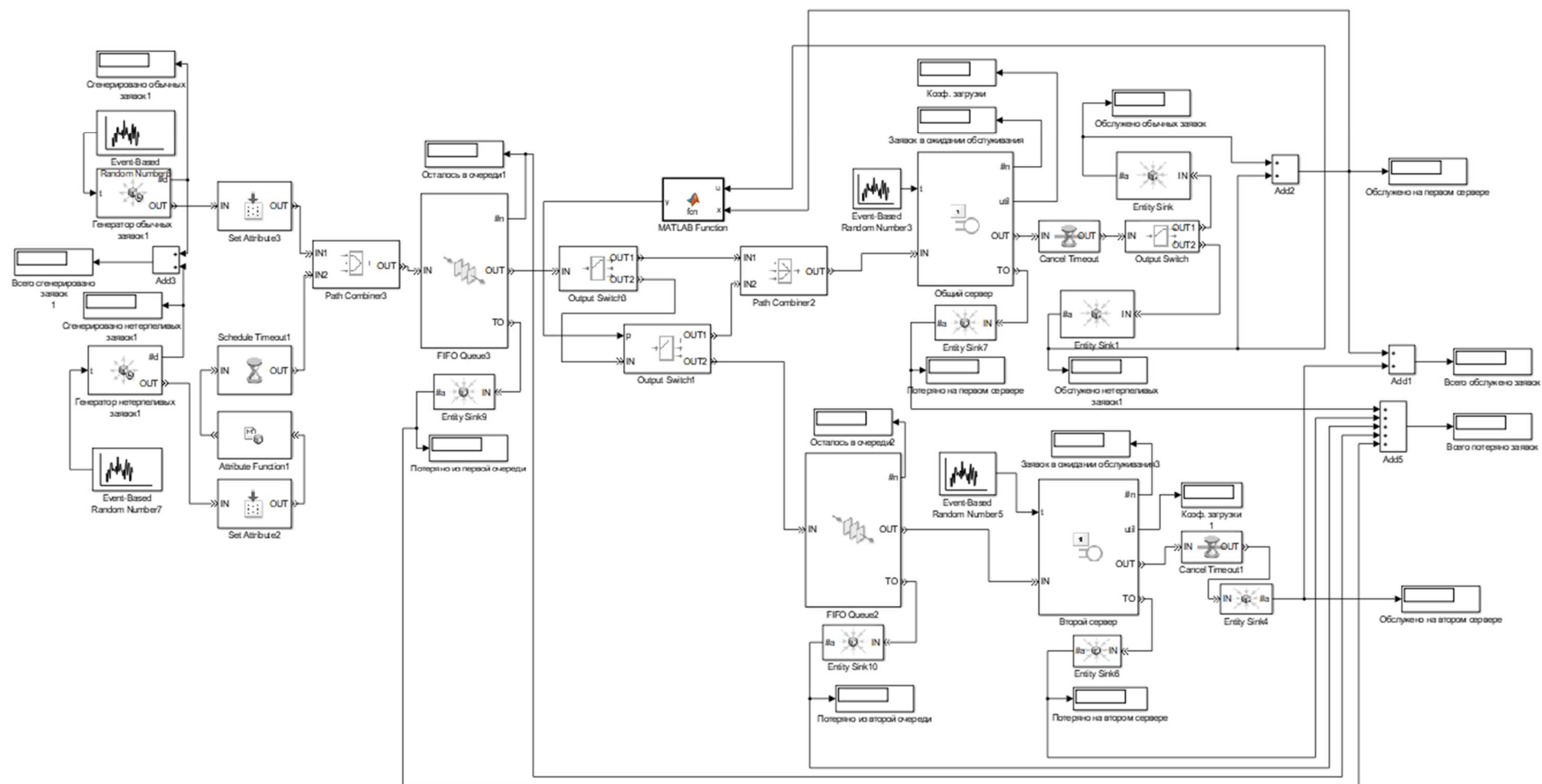


Рисунок А.2 – Модель СМО с двумя серверами

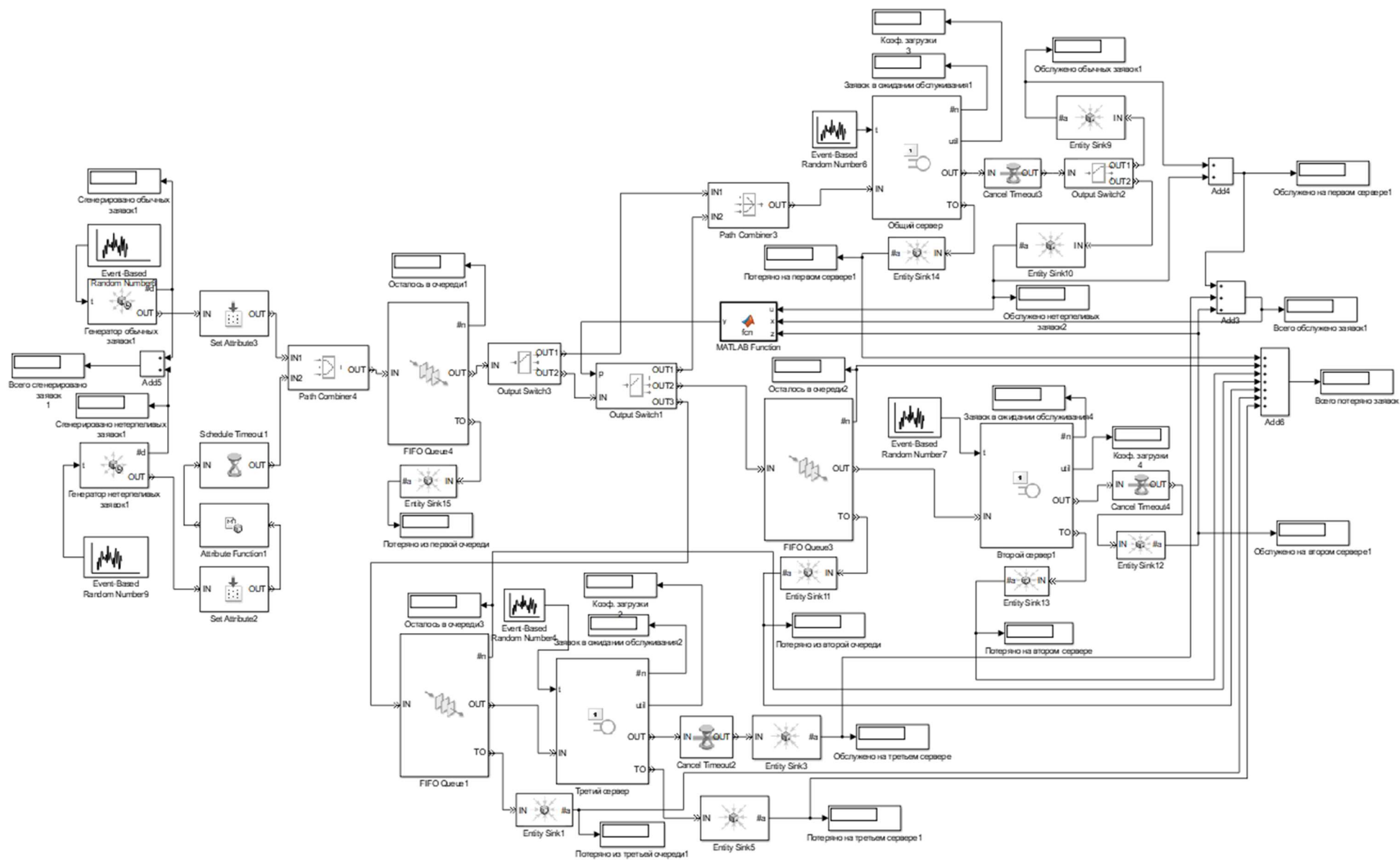


Рисунок А.3 – Модель СМО с тремя серверами