

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 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Отделение информационных технологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

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

УДК 519.872:004.773.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОСГН	Жаворонок А.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ООД	Атепаева Н.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИТ	Шерстнев В.С.	К.Т.Н		

**ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОСНОВНОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ
09.04.02 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (ФГОС 3+), критерии АИОР
Общепрофессиональные компетенции		
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-1, ПК 8-12, ОК-4), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-5, ПК-7, ОК-3), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-2,6, ПК-1, ОК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.	Требования ФГОС 3+ (ОПК-3,4, ПК-2,3, ОК-2), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI..
Профессиональные компетенции		
P5	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии проектирования геоинформационных систем (ГИС) или промышленного программного обеспечения.	Требования ФГОС 3+ (ПК-1,2,3, ОПК-2, ОК-1), критерий 5 АИОР (п.1.3), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.

P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания интеллектуальных ГИС и ГИС технологии или промышленного программного обеспечения с использованием методов системной инженерии.	Требования ФГОС 3+ (ПК-7-13, ОПК-1, ОК-4), критерий 5 АИОР (п. 1.4), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и сопровождения ГИС и ГИС технологий или промышленного программного обеспечения с использованием методов и средств системной инженерии, осуществлять подготовку и обучение персонала.	Требования ФГОС 3+ (ПК-4,17, ОПК-6, ОК-4,7), критерий 5 АИОР (п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P8	Формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории и практики ГИС и ГИС технологий или системной инженерии программного обеспечения. Разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач. Организовывать взаимодействие коллективов, принимать управленческие решения, находить компромисс между различными требованиями	Требования ФГОС 3+ (ПК-5,6,14,15,16, ОПК-1,2, ОК-4), критерий 5 АИОР (п. 1.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
Общекультурные компетенции		
P9	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.	Требования ФГОС 3+ (ОК-4,7, ПК-8-12, ОПК-1,6), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P10	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения.	Требования ФГОС 3+ (ОК-3, ПК-7, ОПК-4,5), критерий 5 АИОР (п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P11	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.	Требования ФГОС 3+ (ОК-1,5, ПК-1, ОПК-2), критерий 5 АИОР (п. 2.4, п. 2.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.
P12	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.	Требования ФГОС 3+ (ОК-2,6, ПК-2,3, ОПК-3), критерий 5 АИОР (п. 2.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI.

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 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Отделение информационных технологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) _____ Шерстнев В.С.
 (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы

Тема работы:

Разработка и исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 19.02.2019 №1291/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Требуются разработать модель системы массового обслуживания с ограниченным временем пребывания заявок в системе, провести эксперименты, получить числовые характеристики модели, провести их анализ.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Исследование базовой модели. 2. Изучение теоретического материала на тему «Ограничение времени пребывания заявок в системе». 3. Реализация подключения и подключения дополнительного генератора заявок по указанным условиям. 4. Изменение дисциплины ожидания и обслуживания 5. Получение и анализ числовых характеристик: <ul style="list-style-type: none"> a. Доля обработанных обычных и "нетерпеливых" заявок; b. Длина очереди; c. Взаимосвязь между длиной очереди и подключением дополнительного генератора; d. Время обработки; e. Общее число обычных и "нетерпеливых" заявок; f. Число обработанных обычных и "нетерпеливых" заявок. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	Схемы функционирования СМО, графики зависимости длины очереди и количества обслуженных заявок от времени при различных дисциплинах обслуживания, блок Chart, блок "Переход на обслуживание", модель СМО.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Атепаева Наталья Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жаворонок Анастасия Валерьевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Объект и методы исследования (Object and methods of research)	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Согласно рыночному тарифу
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс РФ Отчисления на социальную нужду – 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Определение потенциальных потребителей, – Произвести анализ конкурентных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения; – Произвести оценку коммерциализации.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Определить цели и ожидаемые результаты исследования; – Вычислить трудозатраты; – Распределить функции основных исполнителей проекта.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Определить этапы работ; – Составить расчеты по отдельным статьям затрат на необходимые ресурсы.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчёт интегрального показателя эффективности НИР, за счёт определения финансовой и ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
6. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОСГН	Жаворонок Анастасия Валерьевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Разработка и исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования является имитационная модель СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе</p> <p>Цель работы – разработка и исследование моделей СМО с различными дисциплинами обслуживания.</p> <p>Рассматриваемый объект дает возможность решить поставленные задачи при использовании конкретных ограничений и установке определенных параметров для системы.</p> <p>Работа производится в помещении, оборудованном персональным компьютером.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Описание правовых норм для работ за ПЭВМ согласно трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019);</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>1. Вредные факторы</p> <p>Недостаточное освещение; нарушение параметров микроклимата; электромагнитные и радиоактивные излучения; шум; монотонность; утомление; усталость;</p>

	<p>2. Опасные факторы</p> <ul style="list-style-type: none"> – Термические опасности; – Электробезопасность: Короткое замыкание; статическое электричество; опасность поражения электрическим током. <p>2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p> <p>Соблюдение норм и техник безопасности.</p>
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – Свалки токсичного сырья; парниковые газы; канцерогенные соединения; люминесцентные лампы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Единственная возможная ЧС – пожар. – Источник – повышенная температура, перегрев элементов. – Меры предосторожности: Инструктаж; разработка планов эвакуации; подбор первичных средств пожаротушения; установка систем оповещения; установка систем пожаротушения; проверки уровня пожарной безопасности; обеспечение исправности водоснабжения, средств пожаротушения, систем оповещения; подготовка пожарных дружин, боевых расчетов. – Более подробно мероприятия по предотвращению пожара описаны в документах: НПБ 105-03 и ППБ 01–03.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД, ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы		

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 09.04.02 Информационные системы и технологии
 Уровень образования Магистратура
 Отделение информационных технологии
 Период выполнения _____ осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.09.2018	Исследование принципов построения моделей	10
20.10.2018	Изучение теоретического материала «Нетерпеливые заявки»	10
17.11.2018	Разработка модели СМО	10
29.12.2018	Модификация дисциплин обслуживания системы, работа с дополнительным обслуживающим прибором	20
09.03.2019	Расчет и анализ временных характеристик	15
13.04.2019	Получение и анализ графиков функций, отражающих зависимость количества выполненных заявок от определенных условий	15
04.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
23.05.2019	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИТ	Шерстнев В.С.	к.т.н		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 104 с., 24 рис., 34 табл., 38 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: имитационное моделирование, системы массового обслуживания, нетерпеливые заявки, дисциплина ожидания и обслуживания, MatLab, Simevents, Simulink, Stateflow.

Объектом исследования является модель СМО, анализ характеристик которой требует модификации структуры СМО, законов управления и т.п.

Цель данной работы заключается в исследовании модели систем массового обслуживания (СМО) с нетерпеливыми заявками.

В процессе исследования были разработаны модели СМО, проведены эксперименты с разработанными моделями, были произведены сравнения между различными модификациями систем.

В результате исследования были получены модели СМО, применение которых позволяет решить различные практические задачи при присвоении им конкретных свойств и ограничений, что имеет высокую практическую значимость. Например, задачи энергосбережения, проектирование процессов в экономике, прогнозирование, эффективное использование ресурсов, оптимизация систем управления.

Разработанная модель может быть применена при решении задач с использованием теории массового обслуживания. Система может быть модифицирована под конкретную производственную задачу.

Содержание

Введение.....	15
1 Обзор предметной области	17
2 Объект и методы исследования	19
2.1 Система массового обслуживания.....	19
2.2 Используемые средства.....	21
2.2.1 MatLab	21
2.2.2 Библиотека Simulink	21
2.2.3 Библиотека Stateflow.....	23
2.2.4 SimEvents.....	25
2.2.4.1 Описание компонентов библиотеки SimEvents	25
3 Расчеты и аналитика	27
3.1 СМО ограниченным временем пребывания в системе	27
3.1.1 Параметры СМО.....	27
3.1.2 Структура СМО.....	27
3.1.3 Имитационное моделирование СМО	28
3.1.4 Результаты проведенного исследования для СМО с ограниченным временем ожидания заявок в системе	30
3.2 Модификация СМО с ограниченным временем пребывания в системе	35
3.2.1 Принцип поступления заявок на обслуживание	37
3.2.2 Результаты проведенного исследования с модифицированной системой. 37	
3.3 Модель СМО G/G/2 с наличием нетерпеливые заявок в системе	41
3.3.1 Принцип поступления заявок на обслуживание.....	42
3.3.2 Результаты проведенного исследования с модифицированной системой. 43	
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ рынка	49
4.2 Анализ конкурентных технических решений	50
4.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	52
4.4 SWOT-анализ.....	53
4.5 Инициация проекта	56

4.5.1 Устав проекта	56
4.5.2 Ограничения и допущения проекта.....	56
4.5.3 Организация и планирование работ	57
4.5.4 Продолжительность этапов работ	57
4.6 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	60
4.6.1 Расчет материальных затрат	60
4.6.2 Расчет заработной платы.....	61
4.6.3 Расчет затрат на социальные нужды.....	62
4.6.4 Расчет амортизационных расходов	62
4.6.5 Расчет прочих расходов.....	63
4.6.6 Расчет общей себестоимости разработки	64
4.6.7 Расчет рентабельности.....	64
4.6.8 Расчет НДС	64
4.6.9 Цена разработки	64
4.7 Потенциальные риски.....	65
4.8 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности научно-технического исследования.....	65
4.8.1 Оценка абсолютной эффективности исследования.....	65
4.8.2 Чистая текущая стоимость (NPV)	66
4.8.3 Дисконтированный срок окупаемости.....	67
4.8.4 Внутренняя ставка доходности (IRR)	68
4.8.5 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)	69
4.8.6 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	70
4.9 Выводы по разделу.....	72
5 Социальная ответственность	74
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
5.2 Производственная безопасность.....	76
5.3 Вредные производственные факторы	77
5.3.1 Отклонение показателей микроклимата	77
5.3.2 Превышение уровня шума	79

5.3.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	80
5.3.4 Психофизиологический фактор	81
5.4 Опасные производственные факторы	82
5.4.1 Опасность поражения электрическим током	82
5.4.2 Экологическая безопасность.....	83
5.4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
5.5 Выводы по разделу.....	85
Заключение	87
Список использованных источников	89
Приложение А (обязательное) Object and methods of research	94
Приложение Б (обязательное) Модели СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе	102

Введение

Развитие и совершенствование – это неотъемлемая часть мира науки и техники. Для каждой сферы деятельности человека характерны разработка и внедрение новых проектов и технологий. Чтобы определить возможную эффективность нововведения, его свойства, характеристики и возможности, разработчики конструируют модель изучаемой системы, наделяя ее всеми необходимыми качествами. Моделирование является обязательной частью исследований и разработок, поскольку сложность любого материального объекта и окружающего его мира бесконечна вследствие неисчерпаемости материи и форм её взаимодействия, – как внутри себя, так и с внешней средой[1].

Моделирование – один из самых распространенных методов прогнозирования, имитации и анализа объектов и систем, который позволяет определять параметры системы, характеристики и закономерности. Такую популярность рассматриваемый метод (компьютерное моделирование) получил в силу широкой распространенности компьютерных технологий в наши дни; кроме того, компьютерное моделирование позволяет имитировать заведомо опасные опыты, способные привести к чрезвычайным последствиям. Также данный метод используется для проведения анализа длительных и дорогостоящих разработок [2].

Одним из преимуществ этого метода считается возможность точно визуализировать поведение системы при различных условиях и состояниях системы, поэтому моделирование используется для предсказания поведения систем в ходе заведомо опасных экспериментов, способных привести к чрезвычайным последствиям. Моделирование применяется в различных сферах, таких как: бизнес, строительство, машиностроение, производство, научные исследования (физические, химические, математические и т.д.) и др.

Цель данной работы заключается в исследовании модели систем массового обслуживания (СМО) с нетерпеливыми заявками. Объект

исследования –разработка различных подсистем управления для модификации СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе.

В ходе работы разработаны модели СМО, применение которых позволяет решить различные практические задачи при присвоении им конкретных свойств и ограничений, что имеет высокую практическую значимость. Например, задачи энергосбережения, проектирование процессов в экономике, прогнозирование, эффективное использование ресурсов, оптимизация систем управления.

1 Обзор предметной области

Изучение различных объектов или целых систем возможно посредством моделирования изучаемого объекта вне зависимости от того, существует ли система или находится в разработке. Особый интерес вызывают критические состояния, для таких исследований оригинал заменяют моделью, присваивая ей все характерные свойства и параметры объекта. Цель данного способа – это прогнозирование, то есть предсказание поведения объекта в конкретной ситуации. Это позволяет диагностировать как серьезные ошибки, так и небольшие недочеты системы, кроме недостатков на данном этапе могут выявляться преимущества новой разработки.

Моделирование охватывает широкий спектр задач, поэтому применимо в различных сферах: информационные технологии, машиностроение, добыча природных ресурсов, научные исследования, космос, военная отрасль.

В работе решается задача изучения законов управления системой СМО. Система массового обслуживания (СМО) – это система, которая выполняет обслуживание поступающих в неё требований, требования также называются заявками или сущностями. Имитационное моделирование – это распространенная разновидность аналогового моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих компьютерных программ и технологий программирования [1]. Имитационная модель – это специальный программный комплекс, позволяющий имитировать работу некоего сложного объекта.

Создание имитационной модели выполняется в специальном программном обеспечении, называемом системой моделирования. В данной работе в роли системы моделирования выступает подсистема Simulink приложения MatLab.

В работе [3] производится изучение процесса моделирования системы массового обслуживания заявок, имеющих различный приоритет.

В работе [4] рассматривается многоканальная СМО с ожиданием. В работе производится оценка количества пунктов сбора платы за проезд на

платном участке дороги, необходимого для оптимальной продолжительности пребывания машины в системе.

В работе [5] рассматриваются системы с различными дисциплинами ожидания и обслуживания. В частности 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 выявление параметров, которые необходимо учитывать при проектировании СМО такого рода.

В статье [6] рассматривается СМО с применением беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания. Производится сравнение систем с различными объемами буфера (а именно при размере буфера равном единице и пяти).

Исследование характеристик СМО основанной на квантовании рассматривается в статье [7]. В ней были разработаны модели СМО, реализующие законы управления FCFS(First come - First served) и RR(Round Robin).

В работах [8] и [9] рассматриваются СМО с использованием заявки с относительным и абсолютным приоритетами, из-за этого возникает необходимость использование системы повышения приоритета. При использовании динамических приоритетов, процент обслуженных беспriorитетных заявок достигал заданного уровня.

Таким образом, в науке широко используются системы массового обслуживания для разных целей. Выбор дисциплины ожидания и обслуживания производится исходя из конкретно поставленной задачи. Опираясь на исследованные ранее правила и закономерности можно построить, либо модифицировать существующую модель под конкретную задачу с заданными характеристиками.

2 Объект и методы исследования

2.1 Система массового обслуживания

Объектом исследования является модель СМО, анализ характеристик которой требует модификации структуры СМО, законов управления и т.п.

Система массового обслуживания (СМО) – математическая модель разрабатываемой или существующей системы, работу которой можно представить в виде последовательного взаимодействия некоторых дискретных объектов с элементами системы. Объекты, как правило, попадают в систему извне, затем взаимодействуют с элементами системы в соответствии с установленными правилами, а далее покидают ее [3].

Базовыми составными элементами каждой СМО являются: заявки, потоки заявок, обслуживающие приборы, дисциплины ожидания и обслуживания. Дискретные объекты в системах массового обслуживания называют заявками, требованиями или сущностями. Обслуживание – это взаимодействие заявок с элементами системы в течение определенного времени, а эти элементы называются обслуживающими приборами или серверами. Порядок взаимодействия сущностей с СМО – дисциплина обслуживания, к которой относятся законы функционирования серверов, порядок поступления заявок в систему, порядок их обслуживания, а также порядок выхода из СМО.

Заявки, обычно, поступают в систему нерегулярно, а случайным образом, то есть через разные интервалы времени. Обслуживаются сущности так же в течение случайного интервала времени. Все это приводит к тому, что в какие-то моменты СМО оказывается неравномерно загруженной и простаивает, а в какие-то – перегруженной, и большое количество требований скапливается и находится в ожидании на обработку[10].

Предметом теории массового обслуживания является построение математических моделей, связывающих заданные условия работы СМО (число каналов, их производительность, характер потока заявок и т.п.) с показателями

эффективности СМО, описывающими ее способность справляться с потоком заявок.

Как правило, СМО делят на два класса:

- СМО с ожиданием (бесконечной очередью);
- СМО с отказами [11].

В СМО с отказами, если сущность поступила в систему, когда нет свободного обслуживающего прибора, то заявка теряется (покидает СМО) и не участвует в дальнейшем моделировании. СМО с ожиданием позволяет заявке, поступившей на обслуживание в момент, когда отсутствует свободный сервер, перейти в очередь на обслуживание, обработка такой заявки выполняется, когда сервер завершит выполнение всех предшествующих заявок. В СМО с ожиданием размер очереди может быть бесконечным или фиксированным.

Между собой СМО делятся по типу дисциплины обслуживания, то есть по принципу, определяющему порядок распределения заявок между свободными приборами. Таким образом, обслуживание заявки выполняется по принципу FIFO – "первая пришла — первая обслужена", LIFO – "последняя пришла – первая обслужена", по приоритетам [11].

На практике часто встречаются СМО с ограниченным временем ожидания заявок в системе или так называемыми нетерпеливыми заявками. Такие заявки могут уйти из очереди, если время ожидания превышает некоторую величину. СМО с нетерпеливыми заявками, уходящими рано или поздно из очереди, установившийся режим обслуживания достигается всегда, независимо от приведенной интенсивности потока заявок. Для СМО с нетерпеливыми заявками понятие «вероятность отказа» не имеет смысла - каждая заявка становится в очередь, но может и не дожидаться обслуживания, уйдя раньше времени.

В частности, такого рода события возникают в различных технологических системах, в которых задержка с началом обслуживания может привести к потере качества продукции, в системах оперативного управления,

когда срочные сообщения теряют ценность (или даже смысл), если они не поступают на обслуживание в течение определенного времени [12].

2.2 Используемые средства

2.2.1 MatLab

Для получения результатов была необходима имитационная модель СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе. Применение таких сред имитационного моделирования как GPSS или AnyLogic для решения этой задачи ограничено, так как в них нет встроенных средств моделирования "нетерпения". Поэтому в данной работе при моделировании алгоритмов и систем использован пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MatLab. Применение возможностей графической среды имитационного моделирования Simulink, а также ее расширений для моделирования логики событий Stateflow и библиотеки для моделирования систем с дискретными состояниями позволило выполнить построение моделей.

MatLab – высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов [14]. Использование данного продукта дает возможность разрабатывать алгоритмы, анализировать данные, создавать модели и приложения. Встроенные математические функции, инструменты и язык MatLab позволяют применять различные методы и получать результат быстрее, чем использование традиционных языков программирования (Java, Pascal, C/C++) или электронных таблиц.

2.2.2 Библиотека Simulink

Графическая среда имитационного моделирования Simulink [15] позволяет при помощи блок-диаграмм строить динамические модели, которые включают в себя непрерывные, дискретные и гибридные, разрывные и нелинейные системы. Применение данной интерактивной 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.

Дополнительные пакеты библиотеки Simulink позволяют решать все типы задач от разработки концепции модели до генерации кода, проверки, тестирования и аппаратной реализации. Интеграция среды в MatLab расширяет возможности разработчика за счет доступа ко всем встроенным математическим алгоритмам, средствам обработки данных и научной графике.

В интерактивной среде Simulink выполняется симуляция динамических свойств системы, доступен просмотр результатов с самого начала моделирования. Библиотека предлагает ODE-решатели с переменным и фиксированным шагом, подпрограмму оценки времени выполнения отдельных функций модели и графический отладчик для гарантии заданной скорости моделирования и точности.

Для Simulink характерны следующие отличительные черты:

- Расширяемая библиотека готовых блоков;
- Средство навигации и настройки параметров сложных моделей — Model Explorer;
- Интерактивная графическая среда для построения блок-диаграмм;
- Удобные средства построения многоуровневых иерархических многокомпонентных моделей;
- Средства интеграции готовых C/C++, Fortran, Ada и MatLab-алгоритмов в модель, взаимодействие с внешними программами для моделирования;
- Полная интеграция библиотеки с MatLab, включая численные методы, визуализацию, анализ данных и графические интерфейсы.

- Современные средства решения дифференциальных уравнений для непрерывных, дискретных, линейных и нелинейных объектов (в том числе и с разрывами);
- Средства отладки и анализа моделей;
- Имитационное моделирование нестационарных систем с помощью решателей с переменным и постоянным шагом или методом управляемого из MATLAB пакетного моделирования;
- Удобная интерактивная визуализация выходных сигналов, средства настройки и задания входных воздействий.

2.2.3 Библиотека Stateflow

Кроме различных блоков среды Simulink в работе использовалось ее расширение, библиотека Stateflow. Stateflow [16] позволяет моделировать реакцию вычислительной системы управления на события, условия во времени и внешние входные сигналы, комбинируя различные табличные и графические представления, в том числе диаграммы перехода состояний, блок-схемы, таблицы переходов состояний и таблицы истинности.

Данный инструмент применяется в разработке логики диспетчерского управления, планирования задач и систем реагирования на ошибки. Stateflow включает анимацию диаграммы состояний, а также статические и динамические проверки.

С помощью Stateflow возможно моделировать логику системы с помощью машины состояний, где в роли состояний выступают режимы работы, а в роли переходов используется логика переключения между режимами.

Эта библиотека является инструментом численного моделирования систем со сложным поведением, например, как гибридные системы. К гибридным системам относятся системы управления, используемые в промышленности (автоматизированные технологические процессы), сложные бытовые приборы, высокотехнологичные виды вооружений в военной области, в сфере космонавтики, транспорта и связи. Для таких систем характерно

наличие аналоговых и дискретных компонентов, поэтому гибридные системы – это системы со сложным взаимодействием дискретной и непрерывной динамики. Они характеризуются не только непрерывным изменением состояния системы, но и скачкообразными вариациями в соответствии с логикой работы управляющей подсистемы, роль которой, как правило, выполняет то или иное вычислительное устройство (конечный автомат).

Основные особенности библиотеки Stateflow среды симулирования SimEvents даны ниже:

- среда для моделирования с различными графическими компонентами;
- ядро симуляции для моделирования и симуляции сложной логики;
- детерминированная семантика выполнения с иерархией, параллелизмом, темпоральными операторами и событиями;
- наличие диаграмм состояний, таблиц переходов состояний и матриц перехода состояний, представляющих конечные автоматы;
- моделирование выполняется с помощью блок-схем, встроенных функций MatLab и таблиц истинности для представления алгоритмов;
- анимация диаграммы состояний, запись активности состояния, запись данных и встроенный отладчик для анализа дизайна и выявления ошибок времени выполнения;
- статические и динамические проверки конфликтующих переходов, проблем заикливания, несоответствия состояний, нарушения диапазонов данных и переполнений на протяжении всей симуляции;
- возможность реализации конечных автоматов Мили и Мура.

Пример создания состояния, выполнения каких-либо операций внутри него при заданных событиях, выполнения переходов между состояниями по условиям дан в описании разработанной системы массового обслуживания.

2.2.4 Библиотека 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. Библиотекой предоставлено ядро дискретно-событийной симуляции, выполняющее управление и обработку последовательности асинхронных событий. Асинхронные события необходимы для моделирования связанных со временем переходов системы из режима в режим и смены состояний внутри Simulink [15].

2.2.4.1 Описание компонентов библиотеки SimEvents

Time-Based Entity Generator – блок генерирует сущности в моменты времени, определяемые входным сигналом или статистическим распределением.

FIFO Queue – блок одновременно хранит до N сущностей, где N – значение параметра Capacity. Блок пытается выпустить сущность через выходной порт OUT, однако если порт OUT заблокирован, то сущность остается в блоке. Если в блоке хранятся несколько сущностей, то сущности покидают блок в соответствии с дисциплиной первый вошел – первый вышел (first in – first out (FIFO)) или последним вошел - первым вышел (last in - first out(LIFO)). Если блок уже хранит N сущностей, то входной порт IN блока не доступен [17].

Single Server – обслуживает одну сущность в течение определенного периода времени, а затем пытается вывести сущность через порт «OUT». Если порт «OUT» заблокирован, то сущность остается в этом блоке, пока порт не будет разблокирован. Есть возможность указать время обслуживания с помощью параметра, атрибута или сигнала. Когда блок позволяет вытеснение, сущность на сервере может быть вытеснена заранее через порт

«P». Когда блок не разрешает вытеснение, порт «IN» недоступен, когда в этом блоке имеется сущность[17].

Path Combiner - позволяет объединить несколько путей в один. Блок принимает сущности через один из нескольких входных портов и выпускает их через единственный выходной порт.

Input Switch - позволяет выбрать в процессе моделирования один из нескольких входных портов для сущностей. После выбора одного из входных портов, остальные порты становятся недоступными.

Output Switch - позволяет выбрать в процессе моделирования один из нескольких выходных портов для сущностей. После выбора одного из выходных портов, остальные порты становятся недоступными.

Этот блок работает с блоком Read Timer. Чтобы прочитать значение таймера в этом блоке, необходимо сослаться на имя таймера в блоке Read Timer.

Read timer. Позволяет получить статистические данные с установленного таймера, связанного с прибывающими объектами. Этот блок считывает значение таймера, которые установлены в блоке Start Timer, связанным с ранее прибывшим объектом.

Entity sink используется для завершения путей сущностей. Рассмотренный набор блоков позволяет построить смо, состоящую из необходимых компонентов, которые будут учитывать заданные параметры и особенности системы [17].

3 Расчеты и аналитика

3.1 СМО ограниченным временем пребывания в системе

При моделировании работы СМО с ограниченным временем пребывания в системе, возможна ситуация, при которой нетерпеливые заявки могут вообще не поступать на обслуживающий прибор, либо процент обслуженных нетерпеливых заявок будет мал, такая ситуация возможна, когда интенсивность прихода обычных заявок высока и прибор большинство времени занят обслуживанием обычных заявок. Решением этой проблемы является использование различных дисциплин обслуживания, а также подключение дополнительного сервера.

3.1.1 Параметры СМО

Было установлено два источника поступления беспriorитетных заявок: обычные и нетерпеливые.

Для проведения исследований изначально использовалась система с одним обслуживающим прибором. Обслуживающий прибор одновременно может обслуживать лишь одну заявку. В системе использовался абсолютно надежный прибор, т.е. вероятность поломки или отказа в принятии заявки равна нулю. Обслуживание заявок производится по равномерному закону распределения $\text{Rand}[0; 15]$.

Вывод нетерпеливых заявок из системы осуществляются по истечению времени $T_{\text{нз}} = 2T_{\text{обс}_{\text{макс}}}$, то есть 30 ед.времени.

Очередь не ограничена по длине, то есть бесконечная.

3.1.2 Структура СМО

Разработанная модель [19] состоит из блоков: генератор заявок и установка параметров, очередь, обслуживающий прибор, вывод нетерпеливые заявок, вывод обслуженных заявок. Схема функционирования прибора представлена на рисунке 3.1.

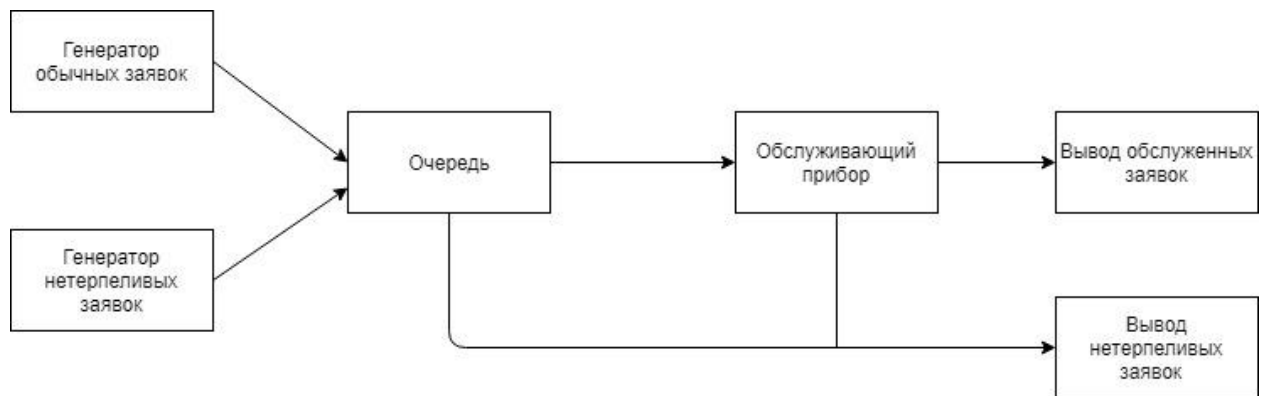


Рисунок 3.1 – Схема функционирования СМО

Блок Генератор заявок создает 2 типа заявок, для каждого из которых устанавливается одинаковое случайное время прихода новых заявок. В блоке выполняется установка атрибутов для каждой сущности, что необходимо для реализации различных типов заявок: обычные и нетерпеливые.

Подсистема Очередь служит для предоставления заявок обслуживающему прибору. Использовалась дисциплина обслуживания двух типов FIFO и LIFO.

Блок Обслуживающий прибор принимает все заявки на обслуживание и выполняет их обработку в соответствии со временем обслуживания, прописанном в её атрибутах.

Вывод обслуженных заявок – ведет подсчет обслуженных заявок.

Вывод нетерпеливых заявок – подсистема позволяет выявить количество заявок, у которых истекло время ожидания в системе.

3.1.3 Имитационное моделирование СМО

Разработанная модель системы с ограниченным временем ожидания представлена на рисунке Б.1.

На общей схеме присутствуют блоки Time-Based Entity Generator, Set Attribute, Attribute Function, Queue (FIFO/LIFO), Single Server, Path Combiner, Schedule timeout, Cancel timeout, блок Entity Sink.

Блок Time-Based Entity Generator генерирует заявки двух видов: обычные и нетерпеливые.

Чтобы заявка была ограничена по времени ожидания задается атрибут Time с помощью блока Set Attribute (рисунок 3.2).

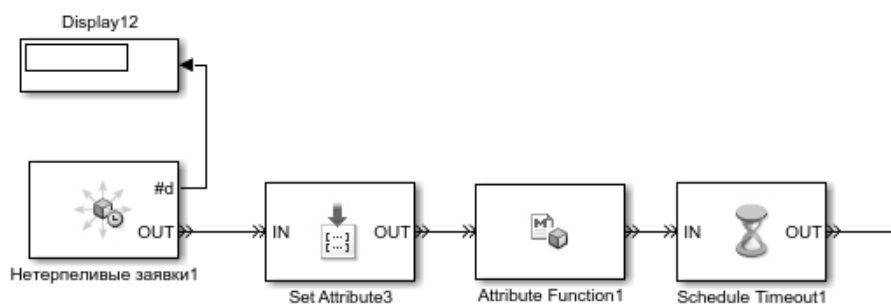


Рисунок 3.2 - Генерация нетерпеливые заявок

Чтобы задать время, через которое заявка будет покидать систему, используется блок Attribute Function, который дает возможность изменению атрибутов с помощью MATLAB. Исходной код представлен ниже.

```
function out_Time = fcn()
%FCN Access and modify attributes with MATLAB
% Input arguments must match the attribute names.
% Output arguments must be out_<AttributeName>,
% e.g., out_ServiceTime where ServiceTime is the attribute name.
% The output attribute will be created if it is not present.
out_Time = 30;
```

На выходе из данного блока каждой заявке будет присвоен атрибут, в виде ограничения по времени. Далее был использован блок Schedule timeout, где будет установлено ограничение времени. Заявки проходят через блок Path Combiner, куда они попадают из обоих входных портов равновероятно.

Очередь является неограниченной по длине, и работает по принципу FIFO/LIFO. Заявки у которых закончилось время ожидания покидают очередь через порт TO. Остальные заявки попадают на обслуживающий прибор.

Обслуживающий прибор Single Server одновременно может обслуживать лишь одну заявку. Если в момент обслуживания у заявки заканчивается время ожидания то она покидает систему с помощью порта TO.

В конце через блок Cancel timeout отменяется событие тайм-аута для объекта и блок Entity Sink завершает время жизни процесса в системе.

3.1.4 Результаты проведенного исследования для СМО с ограниченным временем ожидания заявок в системе

В ходе экспериментов система находилась сначала в недогруженном, затем перегруженном состоянии. Это дает возможность оценить способность системы справляться с входящим потоком заявок.

А также были использованы разные дисциплины обслуживания: FIFO, LIFO.

В таблице 3.1 приведены различные скорости поступления заявок и количество сгенерированных заявок за время работы системы.

Таблица 3.1 – Поступление заявок в систему

№	Интервал поступления заявок	Кол-во сгенерированных заявок одного типа
1	[15;40]	362
2	[7.5;20]	727
3	[4;10]	1431

Интервал поступления обычных заявок и нетерпеливые заявок одинаковый, следовательно, количество сгенерированных заявок тоже.

Количество обслуженных заявок из числа сгенерированных заявок каждого типа приведено в таблице 3.2

Таблица 3.2 - Количество обслуженных заявок из количества сгенерированных

№	Дисциплина обслуживания	Зо	Зн	Всего обслуженных заявок	Зо, %	Зн,%
1	FIFO	362	258	620	100	71.3
	LIFO	362	273	635	100	75.4
2	FIFO	727	396	1123	100	54.5
	LIFO	727	362	1089	100	49.8
3	FIFO	1328	4	1332	92.8	0.3
	LIFO	1105	203	1308	77.2	14.1

где Z_o , Z_n - количество обычных и нетерпеливых заявок, соответственно; $\%Z_o$, $\%Z_n$ - процент обслуженных обычных заявок, нетерпеливых заявок соответственно.

Как видно система в 1 и 2 экспериментах практически полностью обрабатывает обычные заявки, так как она находится в недогруженном состоянии. Процент обслуживания нетерпеливые заявок во всех экспериментах не превышает 75%, из - за того что эти заявки ограничены по времени и по истечению установленного периода она покидает систему. В 3 эксперименте доля обслуженных обычных заявок не достигает 100% по причине того что заявки остаются в обслуживающем приборе и в очереди, так как закончилось системное время.

А также можно заметить, что дисциплина обслуживания также влияет на количество обслуженных заявок. Так как в случае с FIFO очередью процент обслуженных заявок меньше чем в случае с LIFO.

Количество обслуженных заявок каждого типа из общего количества обслуженных заявок приведено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Количество обслуженных заявок из общего количества обслуженных заявок

№	Дисциплина обслуживания	Z_o	Z_n	Всего обслуженных заявок	$Z_o\%$	$Z_n\%$
1	FIFO	362	258	620	58.4	41.6
	LIFO	362	273	635	57	43
2	FIFO	727	396	1123	64.7	35.3
	LIFO	727	362	1089	66.8	33
3	FIFO	1328	4	1332	99.6	0.4
	LIFO	1105	203	1308	84.5	15.5

где Z_o , Z_n – количество обычных заявок, нетерпеливых заявок. соответственно; $\%Z_o$, $\%Z_n$ - процент обслуженных обычных заявок, нетерпеливых заявок соответственно.

Из таблицы 3.3 видно, что большую часть времени система занята обработкой обычных заявок, а нетерпеливые заявки обрабатываются меньше 50%. Это объясняется тем что нетерпеливые заявки покидают систему так и не дождавшись своей очереди на обслуживания.

Для проведения визуального анализа были построены графики зависимости длины очереди, количества обычных и нетерпеливые заявок от времени.

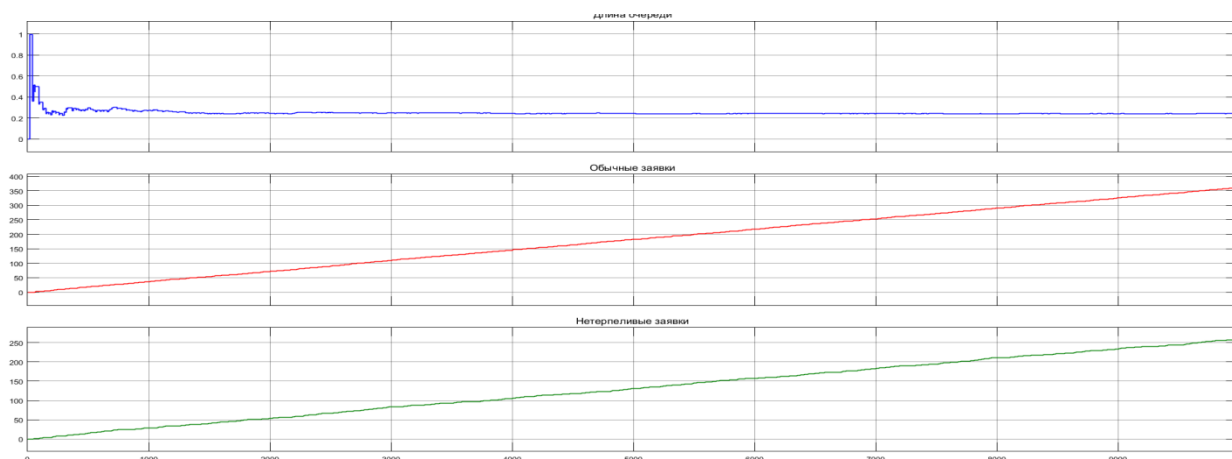


Рисунок 3.3 - Дисциплина обслуживания FIFO при интервале поступления заявок [15;40]

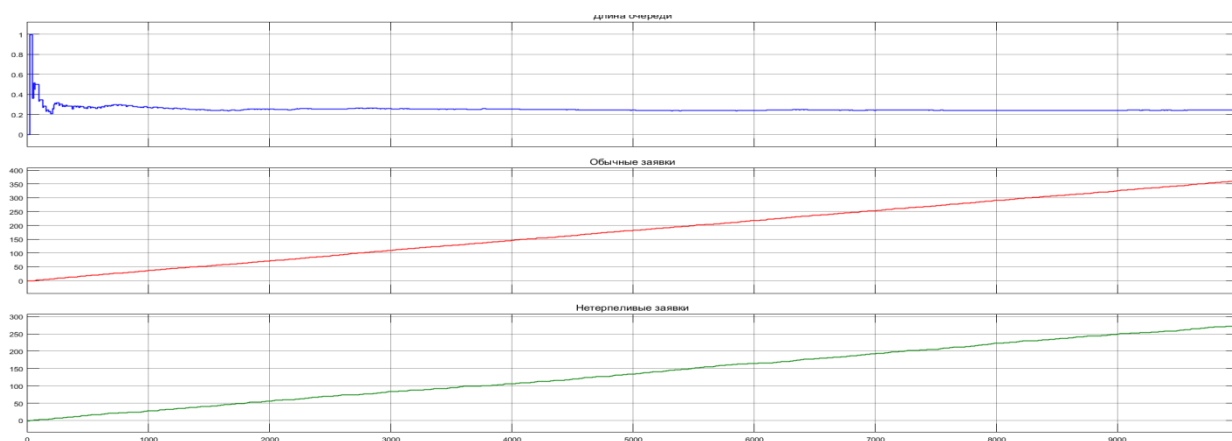


Рисунок 3.4 - Дисциплина обслуживания LIFO при интервале поступления заявок [15; 40]

Как видно из рисунков 3.3 и 3.4 когда интервал поступления заявок [15; 40], то есть когда система находится в недогруженном состоянии очередь

накапливалась только в начальный период. Количество обслуженных заявок возрастало постепенно.

Рассмотрим случай когда интервал поступления заявок равен $[7.5; 20]$

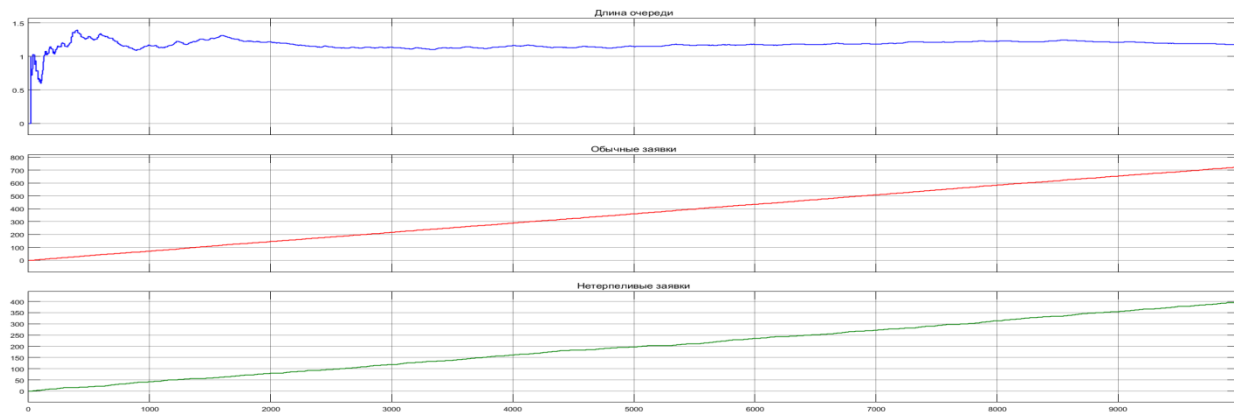


Рисунок 3.5 - Дисциплина обслуживания FIFO при интервале поступления заявок $[7.5; 20]$

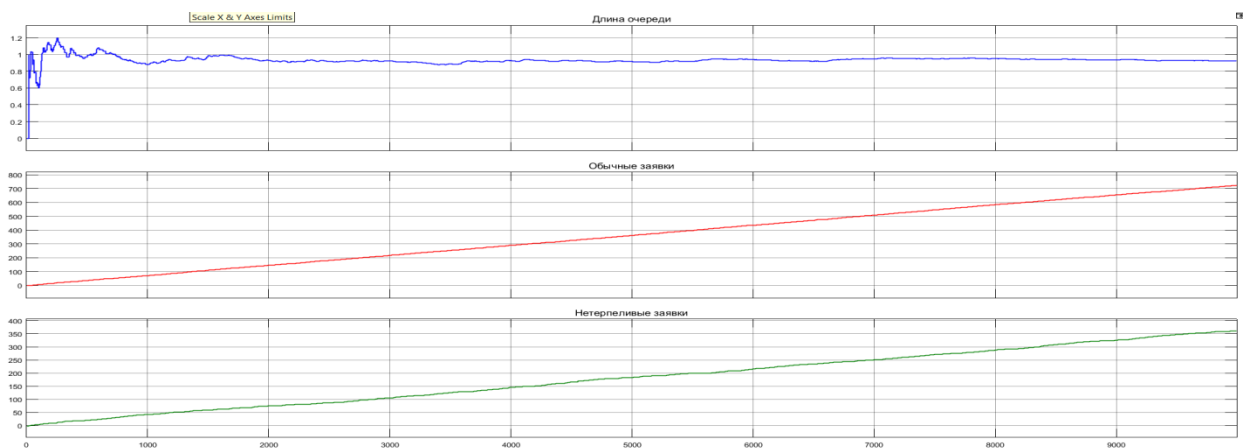


Рисунок 3.6 - Дисциплина обслуживания LIFO при интервале поступления заявок $[7,5 ;20]$

На рисунках 3.5 и 3.6 видно что очередь меняется только в начальных интервалах времени. Количество обслуженных нетерпеливые заявок и обычных заявок возрастают по времени.

Рассмотрим случай когда система перегружена.

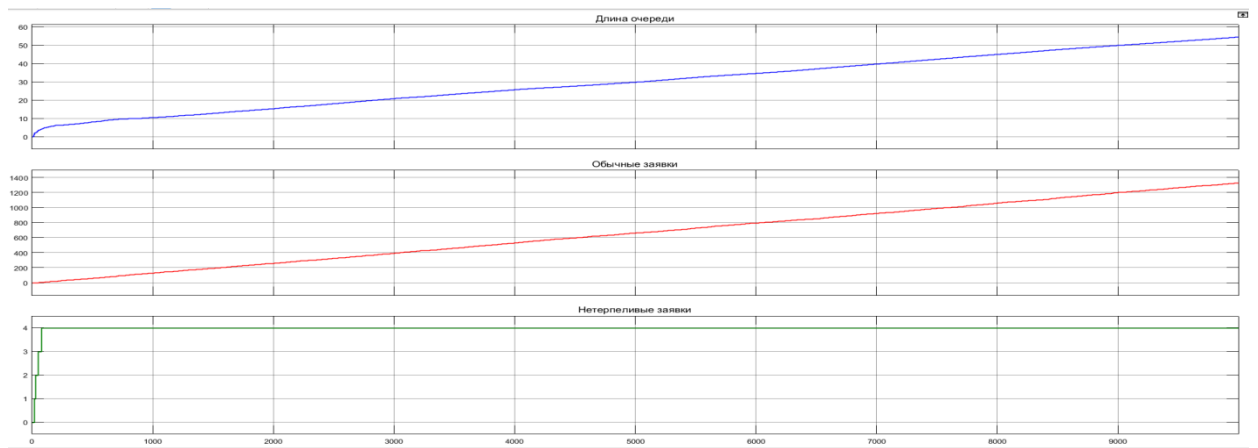


Рисунок 3.7- Дисциплина обслуживания FIFO при интервале поступления заявок [4; 10]

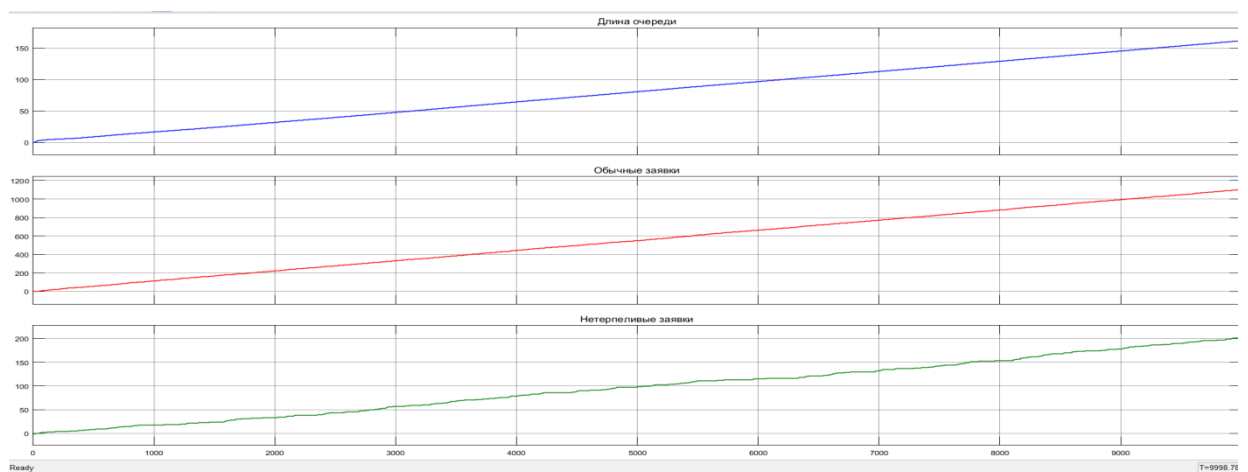


Рисунок 3.8 - Дисциплина обслуживания при интервале поступления заявок LIFO [4;10]

В случае когда система перегружена (Рис. 3.7 и 3.8) можно наглядно обнаружить влияние дисциплины обслуживания на количество обслуженных нетерпеливые заявок. Если в случае когда дисциплина обслуживания FIFO в начальном интервале обслужено всего 4 заявок, а дальше в обслуживающий прибор не поступают заявки данного типа и прибор обслуживает только обычные заявки. А в случае с LIFO в прибор в течении всего системного времени поступают нетерпеливые заявки и прибор обслуживает 203 нетерпеливые заявок. В обоих случаях очередь возрастает равномерно.

Количество нетерпеливых заявок вышедших из системы приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Количество заявок покинувших систему

№	Дисциплина обслуживания	Из очереди	Из обслуживающего прибора	Всего
1	FIFO	3	101	104
	LIFO	9	80	89
2	FIFO	145	186	331
	LIFO	228	137	365
3	FIFO	1422	2	1424
	LIFO	1140	86	1226

Из таблицы 3.4 видно, что в случае 1, 2 эксперимента большинство заявки покидают систему из обслуживающего прибора, так как система является недогруженной. Однако при 3 случае большинство заявок покидают систему из очереди, поскольку система является перегруженной.

В следствии проведенных экспериментов можно сделать вывод что при условиях если отсутствует возможность или необходимость добавления дополнительного прибора, то для увеличения количества обслуженных нетерпеливых заявок необходимо изменить дисциплину обслуживания на LIFO. Это позволит улучшить качество обслуживания в таких сферах как:

- системы противовоздушной обороны – наступательные и разведывательные средства противника находятся в зоне поражения ограниченное время, после которого уничтожить их невозможно;
- борьба с преступностью – во время проведения розыскных мероприятий уголовники успевают скрыться, стареют (исчезают) улики;

3.2 Модификация СМО с ограниченным временем пребывания в системе

При недогруженной или при полностью загруженной системе отличным решением задачи улучшения качества обслуживания выступает изменение

условии поступления заявок в сервер. Это значит что сервер в первую очередь будет обслуживать нетерпеливые заявки. Только при условии если очередь нетерпеливых заявок будет пуста, на обслуживание поступают обычные заявки. Параметры СМО остаются неизменными.

Модифицированная модель состоит из тех же блоков что и изначальная схема СМО. Схема функционирования прибора представлена на рисунке 3.1.

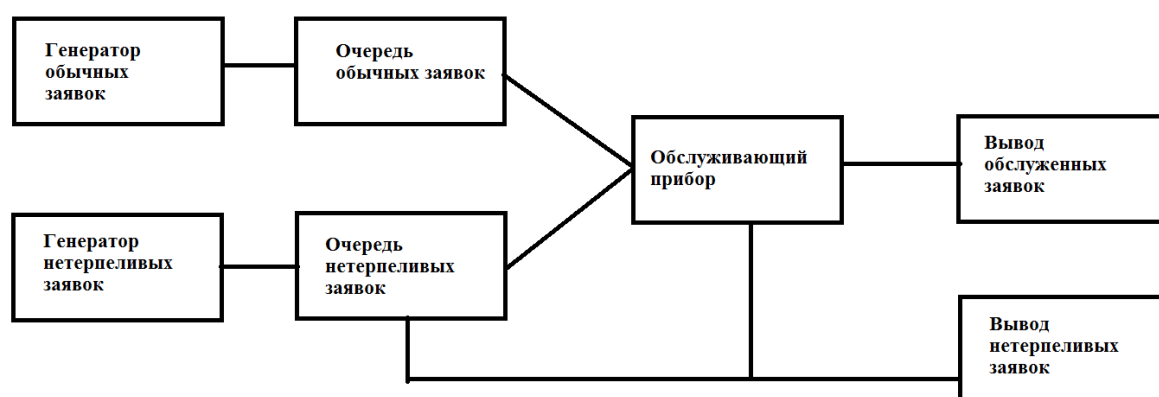


Рисунок 3.9 – Схема функционирования СМО

Генератор заявок – отвечает за установку времени прихода заявок. В системе предусмотрены заявки обычные и нетерпеливые. Так же в этом блоке осуществляется установка атрибутов.

Очередь – данный блок предназначен для предоставления заявок обслуживающему прибору. Для каждого типа заявок есть своя очередь дисциплиной обслуживания FIFO.

Обслуживающий прибор – в данном блоке предусмотрена система обслуживания заявки.

Вывод обслуженных заявок – ведет подсчет обслуженных заявок.

Вывод нетерпеливые заявок – ведет подсчет заявок у которых истекло время нахождения в системе.

3.2.1 Принцип поступления заявок на обслуживание

Разработанная модель системы с ограниченным временем ожидания представлена на рисунке Б.2.

Для того чтобы в обслуживающий прибор в первую очередь поступала "нетерпеливая" заявка добавился блок Chart из библиотеки StateFlow (рисунок 3.10) В этом блоке задается условие по которому заявки попадают на обслуживающий прибор через блок Input Switch.

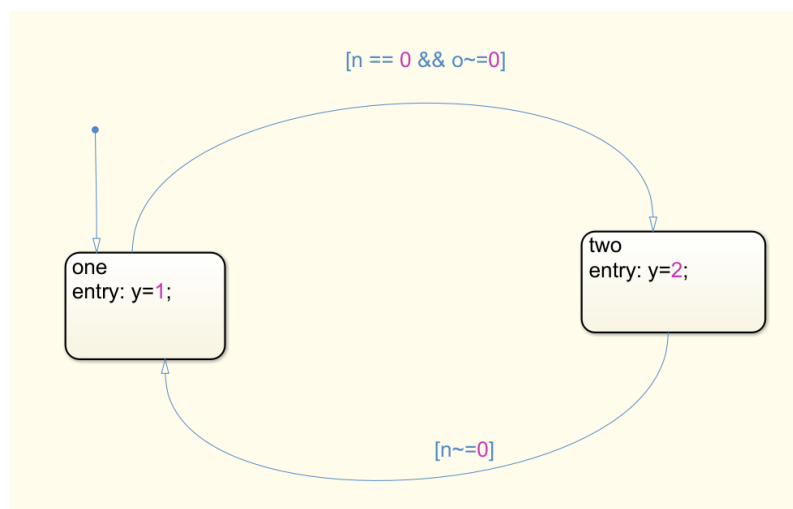


Рисунок 3.10 - Блок Chart

Данный блок проверяет количество нетерпеливые заявок в очереди, если количество равно 0, то система коммутируется с очередью обычных заявок.

3.2.2 Результаты проведенного исследования с модифицированной системой

В ходе экспериментов система находилась сначала в недогруженным, затем перегруженном состоянии. Это дает возможность оценить способность системы справляться с входящим потоком заявок.

Интервал поступления заявок и интенсивность обслуживания заявок остается неизменным.

Количество обслуженных заявок из числа сгенерированных заявок каждого типа приведено в таблице 3.5

Таблица 3.5 - Количество обслуженных заявок из количества сгенерированных

№	Кол-во сгенерированных заявок одного типа	Зо	Зн	Всего обслуженных заявок	Зо, %	Зн,%
1	362	362	258	620	100	71,3
2	727	725	448	1173	99,7	61,6
3	1431	421	797	1218	29,4	55,7

где Зо, Зн– количество обычных заявок, нетерпеливых заявок. соответственно; %Зо, %Зн - процент обслуженных обычных заявок, нетерпеливых заявок соответственно.

Как видно в 1 эксперименте количество обслуженных обычных и нетерпеливые заявок остается неизменной, из за того что система недогружена. Во втором случае процент обслуженных нетерпеливых заявок увеличился на 7,1%. А в третьем случае количество обслуженных нетерпеливых заявок увеличилось на 793, но в то же время количество обычных заявок уменьшилось на 907.

Количество обслуженных заявок каждого типа из общего количества обслуженных заявок приведено в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Количество обслуженных заявок из общего количества обслуженных заявок

№	Кол-во сгенерированных заявок одного типа	Зо	Зн	Всего обслуженных заявок	Зо, %	Зн,%
1	362	362	258	620	58,4	41,6
2	727	725	448	1173	61,8	38,2
3	1431	421	797	1218	34,6	65,4

где Зо, Зн– количество обычных заявок, нетерпеливых заявок. соответственно; %Зо, %Зн - процент обслуженных обычных заявок, нетерпеливых заявок соответственно.

Из таблицы 3.6 видно, что в первых двух экспериментах большую часть времени система занята обработкой обычных заявок. Однако в третьем эксперименте ситуация меняется и система большую часть времени занята обработкой нетерпеливых заявок, так как система перегружена.

Для проведения визуального анализа были построены графики зависимости длины очереди от времени.

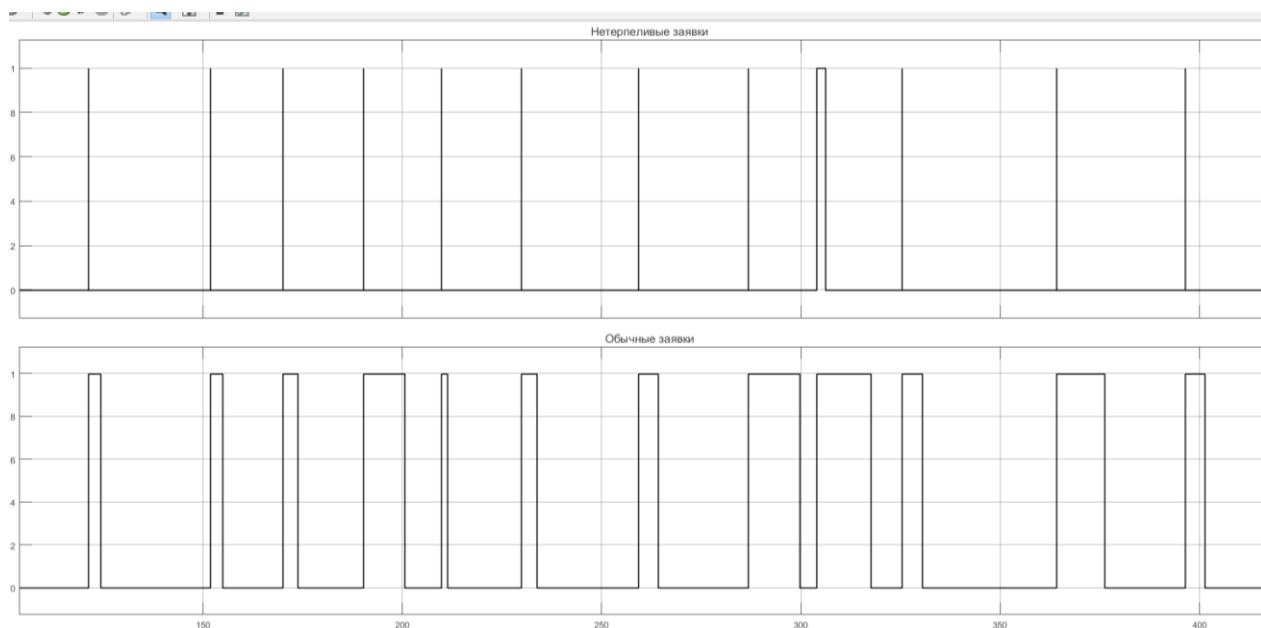


Рисунок 3.11 - Количество заявок в очереди при интервале поступления заявок [15;40]

На рисунке 3.11 видно что длина очереди и обычных, и нетерпеливых заявок не превышает 1, и можно заметить что нетерпеливые заявки не задерживаются в очереди, тогда как обычные заявки ожидают своего обслуживания в очереди. Это доказывает правильную работу системы, то есть то что на обслуживающий прибор в первую очередь попадают нетерпеливые заявки. Так как система недогружена, она успевает обработать 100% обычных и 71% нетерпеливых заявок.

Рассмотрим случай когда интервал поступления заявок равен [7.5; 20]

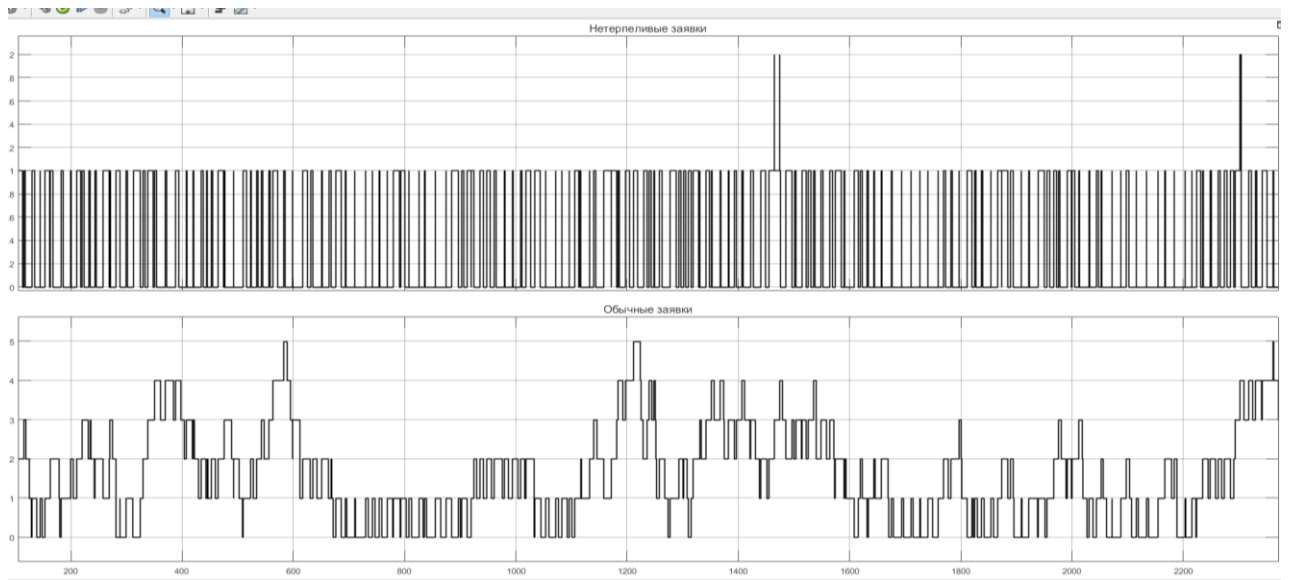


Рисунок 3.12 - Количество заявок в очереди при интервале поступления заявок $[7.5; 20]$

На рисунке 3.12 видно что длина очереди нетерпеливых заявок не превышает 2. Максимальное количество накопленных обычных заявок равно 8. Но из-за того что система находится в полностью загруженном состоянии и из-за условия поступления заявок на обслуживание сервер не успевает обработать заявки обоих типов полностью.

Рассмотрим случай когда система перегружена.

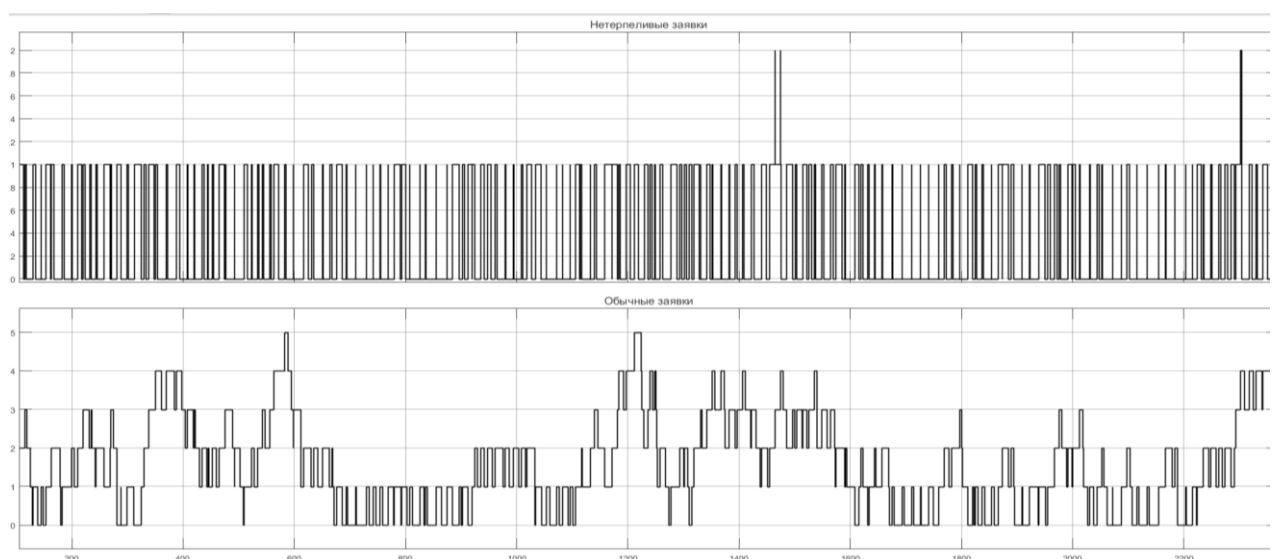


Рисунок 3.13 - Количество заявок в очереди при интервале поступления заявок $[4; 10]$

Из за того что система находится в перегруженном состоянии (рисунок 3.13) максимальное количество нетерпеливых заявок в очереди равно 4. Длина очереди обычных заявок возрастает по времени.

Количество нетерпеливых заявок вышедших из системы приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Количество заявок покинувших систему

№	Из очереди	Из обслуживающего прибора	Всего
1	3	101	104
2	87	192	279
3	268	365	633

Из таблицы 3.7 видно, что во всех экспериментах большинство заявок покидают систему из обслуживающего прибора. Это обосновывается тем что прибор по заданным условиям сначала обрабатывает нетерпеливые заявки, вследствие чего они не задерживаются в очереди долго.

С помощью такой модификации можно увеличить количество обслуженных нетерпеливых заявок. Однако обычные заявки обслуживаются на 63,4% меньше, что негативно сказывается на общей производительности. Для улучшения качества обслуживания и увеличения количества обслуженных заявок необходимо подключить резервный сервер.

3.3 Модель СМО G/G/2 с наличием нетерпеливые заявок в системе

В работе созданы и исследованы системы массового обслуживания G/G/2/ (двулинейная система с произвольным распределением входного потока и произвольным распределением времени обслуживания) [20].

Ранее рассматривались СМО с двумя вариантами дисциплин обслуживания. В данном случае можно заметить, что дисциплина обслуживания имеет влияние на количество обслуженных заявок. Однако при перегруженной системе один обслуживающий прибор обрабатывает только 15% нетерпеливые заявок и 93% обыкновенных. Для улучшения качества

обслуживания, необходимо было модифицировать схему добавляя дополнительные обслуживающие приборы.

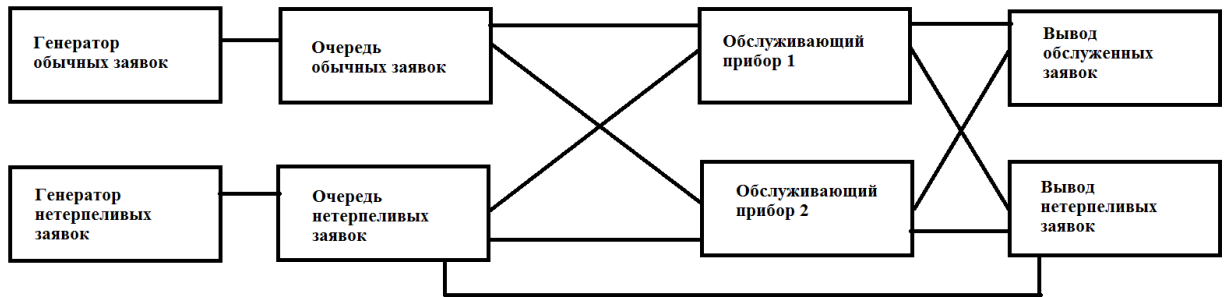


Рисунок 3.14 - Схема функционирования СМО

3.3.1 Принцип поступления заявок на обслуживание

Разработанная модель системы с ограниченным временем ожидания представлена на рисунке Б.3.

На общей схеме (рисунок Б.3.) присутствуют блоки генерация обычных заявок, генерация нетерпеливых заявок, Переход на обслуживание, Сервер 1 и Сервер 2

В блоке "Переход на обслуживание" устанавливаются условия поступления заявок на обслуживающий прибор (рисунок 3.15).

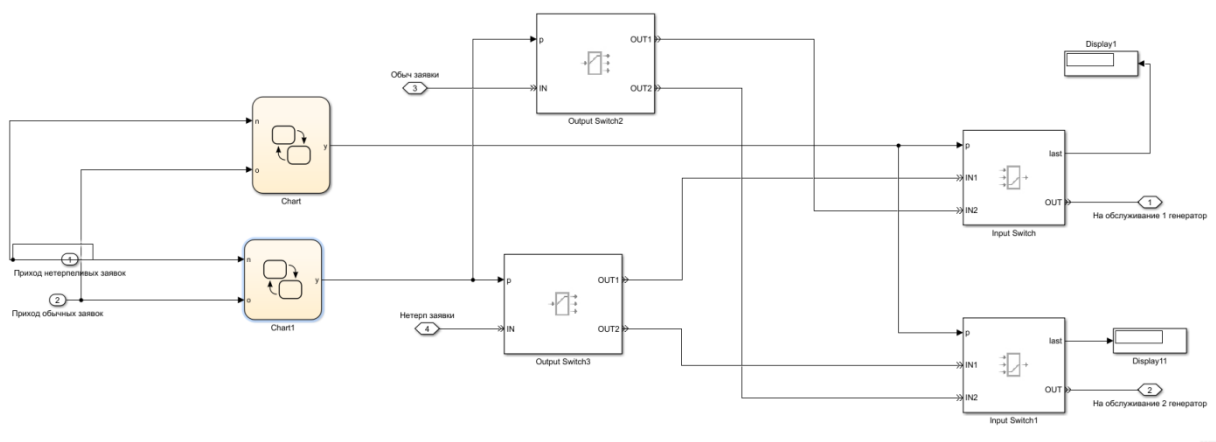


Рисунок 3.15 - Блок "Переход на обслуживание"

Если количество обычных заявок в очереди превышает 10, то возникает необходимость включить второй обслуживающий прибор. Данное условие обозначено через блок Chart из библиотеки StateFlow (рисунок 3.16).

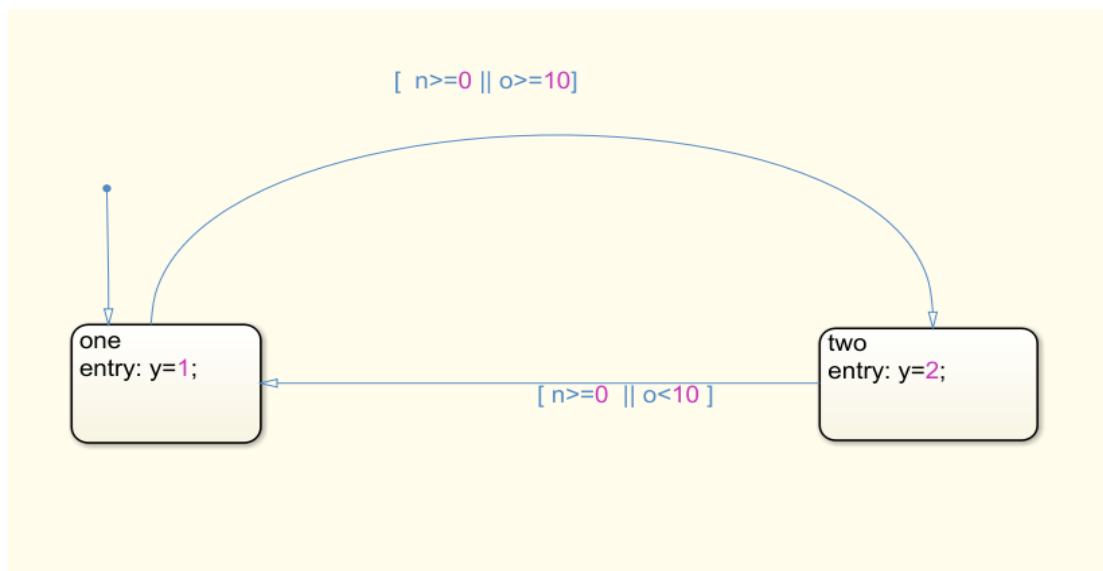


Рисунок 3.16 - Блок Chart

Данный блок соединяется с блоком Output Switch, с помощью которого заявки отправляются на первый или второй обслуживающий прибор. При этом сохраняется условие что сервер сначала берет заявки из очереди нетерпеливых, и только если данная очередь пуста на обслуживание поступают заявки из очереди обычных.

3.3.2 Результаты проведенного исследования с модифицированной системой

В ходе экспериментов система находилась так же сначала в недогруженном, затем перегруженном состоянии. Интервал поступления заявок и интенсивность обслуживания заявок остается неизменным.

Количество обслуженных заявок из числа сгенерированных заявок каждого типа приведено в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Количество обслуженных заявок из количества сгенерированных

№	Кол-во сгенерированных заявок одного типа	Тип заявки	№1 О.П.	№2 О.П.	Всего обслуженных заявок	%
1	362	Зо	0	362	362	100
		Зн	275	0	275	76
2	727	Зо	0	727	727	100
		Зн	569	0	569	78
3	1431	Зо	628	635	1263	88
		Зн	473	466	939	66

где №О.П.- номер обслуживающего прибора; Зо, Зн– количество обычных заявок, нетерпеливых заявок. соответственно; % - процент обслуженных заявок соответственно.

В таблице 3.8 видно что в первом и во втором экспериментах 1 прибор обслуживает только нетерпеливые заявки, а второй только обычные. Однако когда система перегружена в обслуживании заявок каждого типа задействованы оба обслуживающих приборов. В первых двух случаях обычные заявки обслуживаются на 100%, однако в третьем случае обслуживаются только 88% заявок. Это обосновывается установкой условия, что в прибор попадают первыми нетерпеливые заявки. Процент обслуженных нетерпеливых заявок варьируется в пределах 66-78%.

Количество обслуженных заявок каждого типа из общего количества обслуженных заявок приведено в таблице 3.9.

Таблица 3.9 - Количество обслуженных заявок из общего количества обслуженных заявок

№	Вид заявки	№1 О.П.	№2 О.П.	Всего обслужен. заявок	№1 О.П., %	№2 О.П.,%	Всего
1	Зо	0	362	637	0	56,8	56,8
	Зн	275	0		43,2	0	43,2
2	Зо	0	727	1296	0	56	56
	Зн	569	0		44	0	44
3	Зо	628	635	2202	28,5	28,8	57,3
	Зн	473	466		21,4	21,3	42,7

где Z_o , Z_n – количество обычных заявок, нетерпеливых заявок. соответственно;
О.П. - обслуживающий прибор, О.П., %- процент обслуженных заявок в приборе соответственно.

Из таблицы 3.9 видно, что в первых двух экспериментах большую часть времени система занята обработкой обычных заявок, и заявки разделены по обслуживающим приборам, то есть первый прибор занят обслуживанием только нетерпеливых заявок, а второй только обычных. В третьем эксперименте каждый обслуживающий прибор обрабатывает оба типа заявок. При этом доля обычных заявок превышает долю нетерпеливых.

Для проведения визуального анализа были построены графики зависимости длины очереди, количества обслуженных заявок от времени.

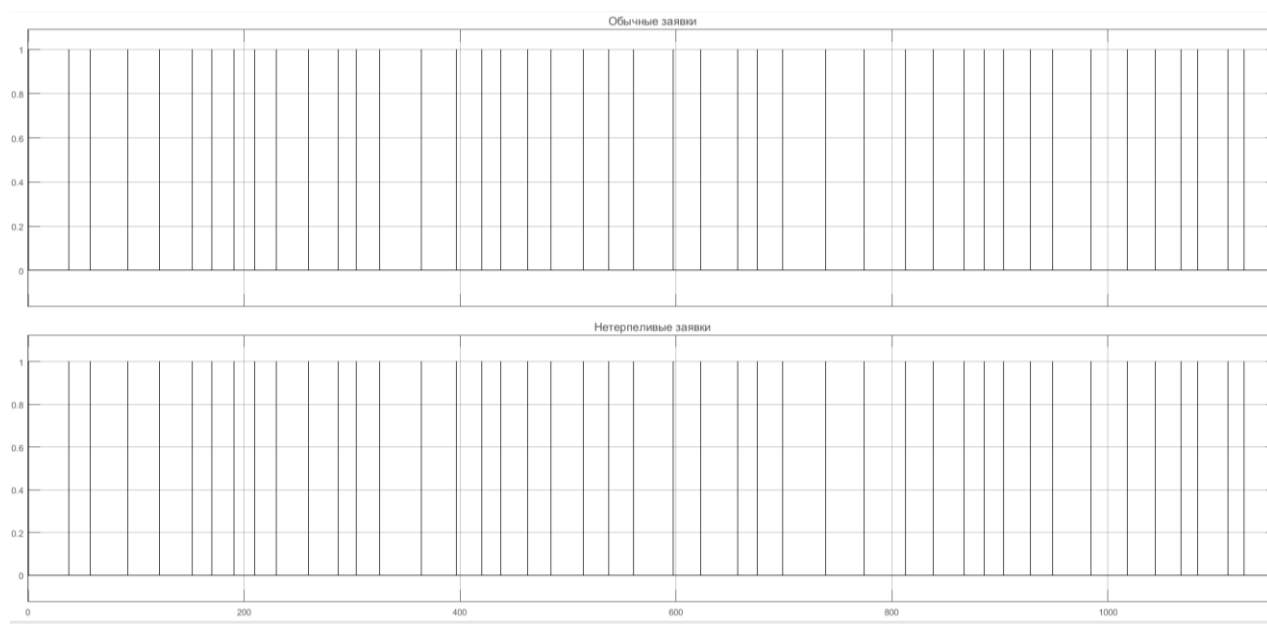


Рисунок 3.17 - Завистимость длины очереди от времени

График представленный на рисунке 3.17 повторяется в случае когда интервал генерации заявок $[15;40]$ и $[7.5; 20]$. По графику видно что заявки не задерживаются в очереди и следовательно очередь не накапливается благодаря работе двух серверов.

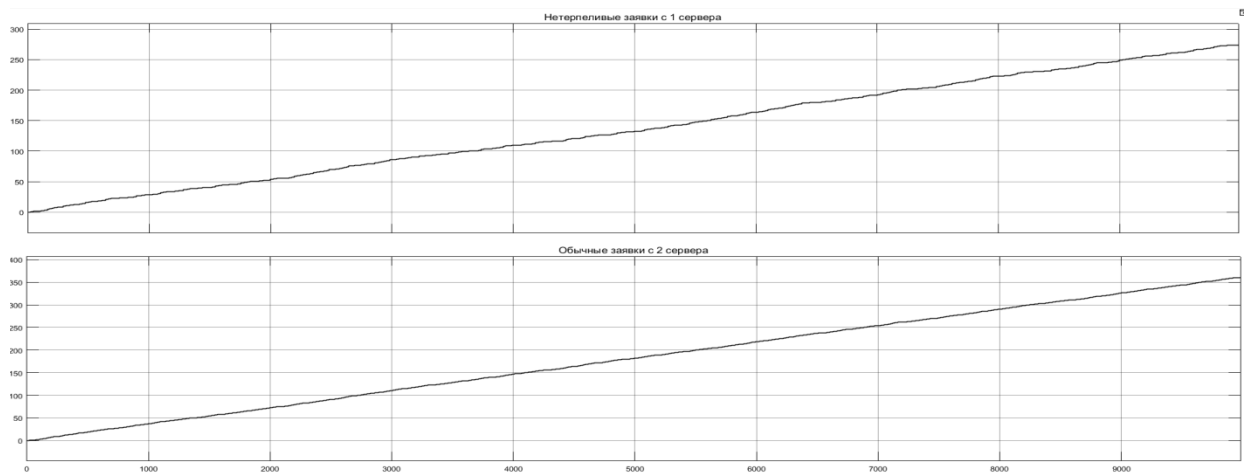


Рисунок 3.18 - Зависимость количества обслуженных заявок от времени

На рисунке 3.18 показаны нетерпеливые заявки с первого сервера и обычные со второго в случае недогруженной и загруженной полностью системы. Видно что количество обработанных заявок возрастают по времени. Так как на первый сервер не попадают обычные заявки, а второй не обрабатывает нетерпеливые их графики остаются неизменными во времени.

Рассмотрим случай когда система перегружена.

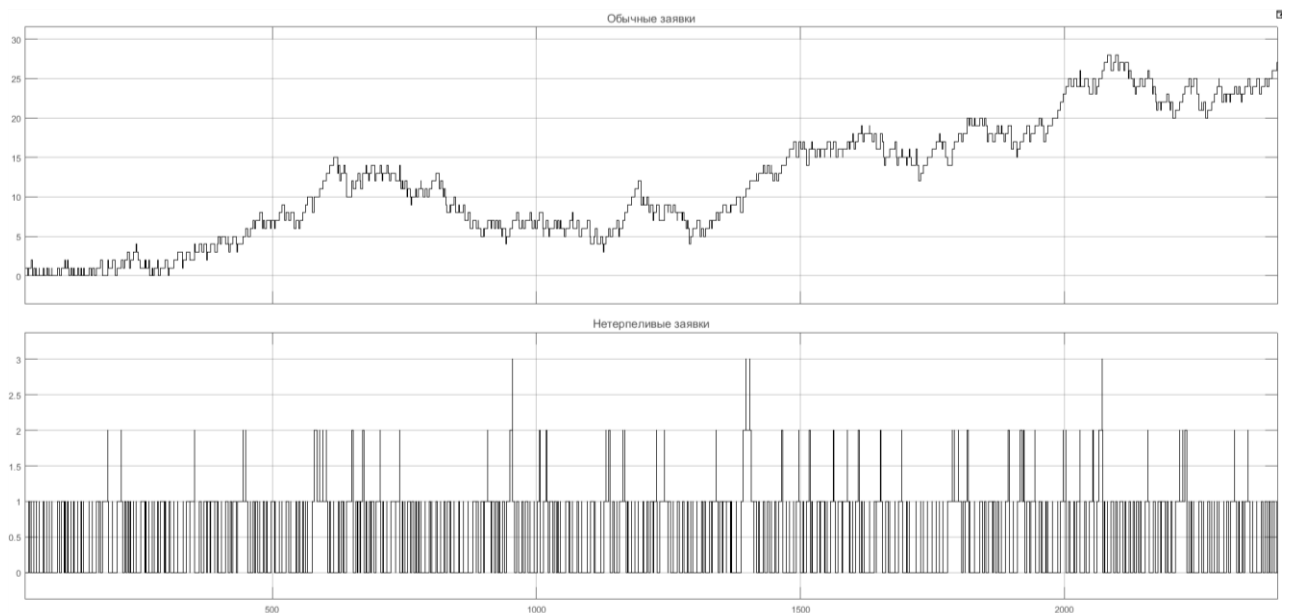


Рисунок 3.19 - Изменение длины очереди по времени

Из графика видно что длина очереди нетерпеливые заявок не превышает 3. А длина очереди обычных заявок возрастает по времени. Это

обусловлено тем, что приборы в первую очередь обслуживают нетерпеливые заявки, затем обычные.

Для визуальной оценки работы обслуживающих приборов представлена на рисунке 3.20.

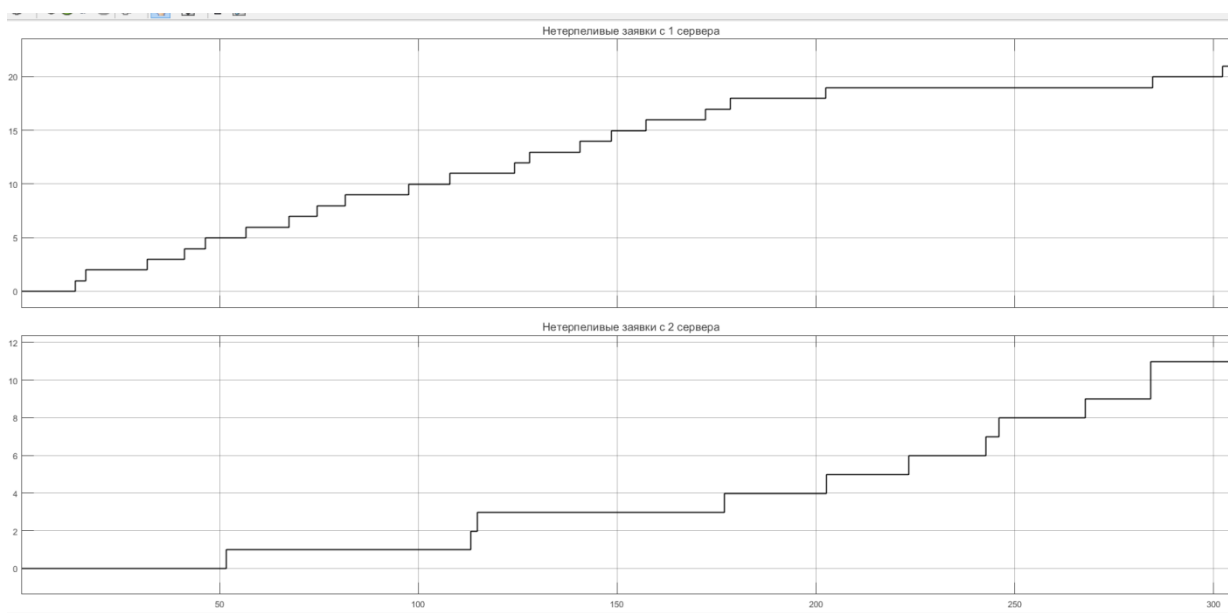


Рисунок 3.20 - Изменение количества обслуживанных нетерпеливых заявок

Из графиков видно что второй прибор начинает обслуживание в 55 момент времени. Это значит в этот момент количество обычных заявок в очереди становится больше 10.

Количество нетерпеливых заявок вышедших из системы приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Количество заявок покинувших систему

№	Из очереди	Из №1 ОП	Из №2 ОП	Всего
1	0	87	0	87
2	0	158	0	158
3	128	187	176	491

Из таблицы 3.10 видно, что в двух первых экспериментах заявки покидают систему только с 1 обслуживающего прибора. Это обосновывается

тем что заявки не задерживаются в очереди, а попадают на обработку в сервер, и там же заканчивается их время пребывания в системе. Однако в случае когда система перегружена заявки покидают систему и из очереди, и из прибора.

При подключении второго прибора система обработала 88 % обычных заявок и 66 % нетерпеливых заявок. Это значит, что использование дополнительного сервера положительно влияет на качество обслуживания увеличивая общую производительность до 77 %. На практике встречаются случаи когда использование дополнительного сервера крайне необходима, например:

- в сфере коммерческого обслуживания – клиенты уходят, не дождавшись обслуживания, соответственно фирма упускает возможный доход;
- в медицине – не дождавщиеся больные умирают или нуждаются в специальном обслуживании, более длительном и дорогостоящем;
- в управлении – стареет информация и т.д.

В связи с этим можно модифицировать модель под конкретно поставленные задачи.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Научно-исследовательская работа направлена на создание и исследование модели СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе.

Разработка и исследование моделей СМО позволит в дальнейшем применить полученные параметры системы для создания моделей при конкретно поставленной задаче. Такими задачами могут быть решение задач по оптимизации систем управления, энергосбережения, эффективном использовании ресурсов и при проектировании сетей передачи информации. При постановке необходимых условий и критериев существует возможность модификации и реструктуризации разработанных моделей СМО.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ рынка

Моделирование применяется для решения широкого спектра задач, таких как бизнес, строительство, машиностроение, информационные и IT-технологии, производство, добыча природных ресурсов, военная отрасль научные исследования и т.д. Данная работа позволяет выявить преимущества и недостатки различных дисциплин обслуживания, а также разработать методы их преобразования. Таким образом, основным потребителем могут быть IT-компании и компании по разработке программного обеспечения.

В наше время стремительно развиваются информационные технологии, количество задач на выполнение в ПК, мобильных устройствах, а также электронных системах управления постоянно растет, следовательно, растет потребность в грамотном автоматизированном управлении выполнением этих задач и данный сектор имеет огромный потенциал развития.

It-отрасль подразделяется на несколько сегментов:

- Микроэлектроника;
- Разработка и производство компьютеров и другого оборудования;

- Разработка и производство программного обеспечения;
- Сети и телекоммуникации;
- Мобильные технологии и сервисы;
- Информационные ресурсы интернета;
- Услуги в области информационных технологий;

Данное исследование относится к сегменту разработки программного обеспечения, так как позволяет исследовать и анализировать алгоритмы обслуживания задач. Таким образом, портрет будущего потребителя такой: IT-компания ведущих стран этой индустрии, сегмент – разработка программного обеспечения для мобильных устройств, персональных компьютеров, а также автоматизированных систем управления.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Подобный анализ позволяет оценить разработку со стороны ресурсоэффективности и ресурсосбережения[21].

В качестве конкурентной разработки выбрана подобная модель СМО, на базе которой построена рассматриваемая система. С помощью данного анализа появляется возможность оценить преимущества и недостатки обеих моделей. Кроме того, для сравнения выбрана модель, находящаяся в свободном доступе на просторах сети «Интернет». В качестве основного конкурентного технического решения была выбрана модель СМО построенная в среде AnyLogic.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_1	B_2	K_1	K_2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Сложность структуры	0.1	3	4	0.3	0.4
2. Функциональная мощность	0.2	4	5	0.8	1.0
3. Кроссплатформенность	0.1	4	4	0.4	0.4
4. Наличие дополнительных подсистем (условий)	0.15	3	2	0.45	0.3
5. Потребность в ресурсах памяти	0.1	3	2	0.3	0.2
Экономические критерии оценки эффективности					
6. Конкурентоспособность продукта	0.2	3	4	0.6	0.8
7. Законченность работы	0.1	5	5	0.5	0.5
8. Финансирование	0.05	1	1	0.05	0.05
Итого	1	26	27	3.4	3.65

Необходимо проанализировать позицию данной разработки по сравнению с конкурентами. Сравнение разрабатываемого проекта с конкурентами представлено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Анализ технических решений текущего проекта

Критерий	Весовой	Текущий	K_t
Сложность структуры	0.10	4	0.40
Функциональная мощность	0.20	5	1.00
Кроссплатформенность	0.10	4	0.40
Наличие дополнительных подсистем (условий)	0.15	5	0.75
Потребность в ресурсах памяти	0.10	2	0.20
Конкурентоспособность продукта	0.20	3	0.60
Законченность работы	0.10	4	0.40
Финансирование	0.05	1	0.05
Итого	1.00	28	3.80

Рассматриваемая разработка имеет большее количество подсистем и дополнительных функций, которые позволяют моделировать разнообразные

ситуации. Кроме того, наличие подсистем для изучения многих числовых характеристик и анализ полученных данных также дает преимущество этой разработке.

4.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается [21].

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4.2)$$

Таблица 4.3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3

Продолжение таблицы 4.3– Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	5
	Итого баллов	45	47

Если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Таким образом, в ходе анализа получены сведения, подтверждающие, что разработка данного проекта достаточно перспективна (перспективность разработки выше среднего), а также и продолжение исследований. Для получения большей результативности необходимо привлечение специалистов и экспертов.

4.4 SWOT-анализ

Данный анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта[21].

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.4 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта: С1: Квалифицированный разработчик. С2: Наличие подсистем, которых нет у аналогов. С3: Возможность задавать любые собственные условия. С4: Ясность и доступность для специалистов данного профиля. С5: Возможность доработки схемы СМО. С6: Модификация разработанной системы массового обслуживания.</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1: Отсутствие финансирования. Сл2: Работа только при наличии специального ПО. Сл3: Отсутствие большой команды по осуществлению проекта. Сл4: Сложность структуры схемы СМО. Сл5: Отсутствие аналогов в общем доступе.</p>
<p>Возможности: В1: Выход на более крупный рынок. В2: Масштабируемость и возможность расширения функционала В3: Создание команды, состоящей из опытных кадров. В4: Разработка уникального метода, решающего все проблемы существующих технологий. В5: Внедрение в сложную систему (применение на практике).</p>	<p>В1С2С3С4С6В5 Доступность для специалистов и возможность модифицировать СМО способствуют распространению системы на рынок и применению данной схемы на практике. В2С3С5С6В4 Благодаря возможности доработки схемы можно расширить функционал СМО в следствии чего есть возможность разработки уникального метода имитационного моделирования, решающий все проблемы существующих технологии В3С1С4 Наличие квалифицированного разработчика и легкость освоения данной технологии позволяет создать команду из опытных кадров</p>	<p>В1В5Сл1Сл3 Отсутствие финансирования и большой команды могут воспрепятствовать выходу на крупный рынок и дальнейшему внедрению в сложную систему В2Сл5 Сложность структуры схемы СМО может стать помехой при расширении функционала В3Сл2 Создание команды невозможна из за работы только на специальном ПО В4Сл3Сл1 Из за отсутствия финансирования и большой команды разработка уникального метода, решающего все проблемы существующих технологий невозможна</p>
<p>Угрозы: У1: Рост сложности проекта. У2: Появление достойных конкурентов. У3: Рост расходов. У4: Задержка выхода продукта на рынок. У5: Появление радикально новых технологий, исключаящих применение разработки</p>	<p>У1С5С6 Возможность доработки и модификации позволяет выполнить систему любой сложности У2У5С2С3 Благодаря подсистемам у которых нет аналогов и возможности доработки схемы СМО может оставаться актуальной и конкурентоспособной</p>	<p>У4Сл1 Из за отсутствия финансирования возможна задержка выхода продукта на рынок У1Сл3 Рост сложности проекта неблагоприятно отразится на результатах проекта так как отсутствует большая команда разработчиков</p>

Цель второго этапа анализа в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Определение уровня соответствия необходимо для выявления степени проведения стратегических изменений.

На данном этапе следует построить интерактивную матрицу проекта, которая помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.5 – Сильные стороны и возможности\угрозы.

Сильные стороны проекта							
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	+	+	+
	B2	+	+	0	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+	+
	B4	-	-	+	+	+	-
	B5	+	+	+	0	+	+
Угрозы	У1	+	+	+	-	+	+
	У2	+	+	0	+	-	-
	У3	0	-	-	-	+	+
	У4	+	-	-	-	+	+
	У5	-	-	-	-	0	-

Таблица 4.6 – Слабые стороны и возможности\угрозы.

Слабые стороны проекта						
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	+	+	-
	У2	-	+	0	+	-
	У3	-	+	-	+	0
	У4	-	0	-	+	0
	У5	-	+	-	0	-
Возможности	B1	-	+	-	+	-
	B2	0	0	0	0	-
	B3	-	0	-	+	0
	B4	+	0	+	+	+
	B5	0	0	0	0	0

Ключевой проблемой проекта является сложность структуры модели, но в то же время это качество может стать причиной серьёзного развития и перейти в разряд возможностей. Еще одной самой распространенной слабой стороной проекта является работа при наличии специального ПО.

4.5 Инициация проекта

4.5.1 Устав проекта

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта должен иметь следующую структуру:

- Цели и результат проекта;
- Организационная структура проекта;
- Ограничения и допущения проекта.

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Разработка имитационной модели СМО.
Ожидаемые результаты проекта	Модель системы массового обслуживания с различными дисциплинами обслуживания.
Критерии приемки результата проекта	Непрерывность генерации заявок, наличие очередей с разными дисциплинами обслуживания, надежность генератора обработки заявок, точность получаемых результатов, функциональность.
Требования к результату проекта	Основным требованием к модели является реализация генерирования разных видов заявок и разных дисциплин обслуживания заявок

4.5.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – факторы, которые могут ограничить степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 4.8 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	300 тыс. р.
Источники финансирования	ТПУ
Сроки проекта	3 месяца
Дата утверждения плана управления проектом	1 март 2019г
Дата завершения проекта	1 июнь 2019г
Прочие ограничения и допущения	Отсутствие финансирования на начальном этапе

4.5.3 Организация и планирование работ

Для организации оптимального процесса реализации проекта необходимо спланировать занятость каждого участника разработки, а также сроки проведения отдельных работ.

Этот этап служит для составления полного перечня проводимых работ, определения исполнителей для данных работ, а также формируется время продолжительности работы. Перечень приведен в таблице 4.9.

НР – научный руководитель, И – исполнитель.

Таблица 4.9 – Перечень работ и загрузка исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузки исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Подбор и изучение теоретического материала	НР, И	НР – 10% И – 90%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 80% И – 20%
Обсуждение решений и доработок	НР, И	НР – 50% И – 50%

Продолжение таблицы 4.9 – Перечень работ и загрузка исполнителей

Реализация	НР, И	И – 100%
Обсуждение результатов	НР, И	НР – 50% И – 50%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 50% И – 50%

4.5.4 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может быть осуществлен двумя способами: технико-экономическим или опытно-статическим. В данном случае

выбран опытно-статический метод, который реализуется при помощи следующих способов: аналоговый или вероятностный [21].

Для того чтобы определить ожидаемое значение продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max} .

$$t_{ож} = \frac{3*t_{min}+2*t_{max}}{5}, \quad (4.3)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для того чтобы реализовать весь план работ, перечисленных в таблице 2, необходимы следующие специалисты: исполнитель и научный руководитель. Сделаем расчет длительности этапов в рабочих днях, далее переведем в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} * K_{д}, \quad (4.4)$$

где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, чел/дн;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{вн} = 1$);

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{д} = 1.2$).

Расчет продолжительности в календарных днях рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{кД} = T_{рД} * T_{к}, \quad (4.5)$$

где $T_{рД}$ – продолжительности выполнения этапа в рабочих днях;

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

$T_{к}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле (4.5):

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 4.10 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этапы	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1	2	0	2	0
Подбор и изучение теоретического материала	НР, И	4	6	4	3	6	3	7
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1	2	2	2	2
Обсуждение решений и доработок	НР, И	7	10	8	5	10	5	12
Реализация - Разработка модели СМО - Тестирование и оптимизация	НР, И	14	20	16	1	20	2	24
Обсуждение результатов	НР, И	5	7	6	1	7	1	8
Анализ перспективности разработки, оценка целесообразности разработки и затрат	И	3	5	4	0	5	0	5
Анализ опасных и вредных производственных факторов	И	1	2	1	0	2	0	2
Оформление пояснительной записки	И	3	5	4	0	5	0	5
Подведение итогов	НР, И	1	2	1	2	2	2	2
Итого:		40	61	46	16	59	22	67

Полученные значения этапов трудоемкости по исполнителям $T_{КД}$ позволяют построить линейный график осуществления данного проекта (рисунок 4.1).

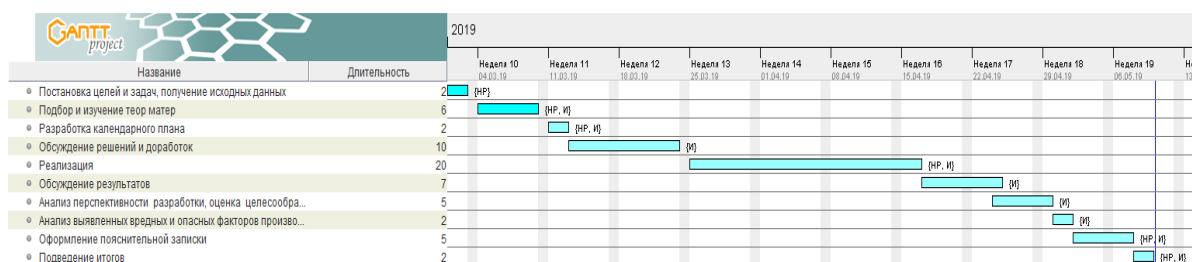


Рисунок 4.1 – График проведения работ

4.6 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Затраты на создание проекта все расходы, необходимые для реализации комплекса работ, входящих в данную разработку. Сметная стоимость ее выполнения рассчитывается по следующим статьям затрат:

1. Материальные затраты
2. Амортизация
3. Фонд оплаты труда
4. Отчисления на социальные нужды
5. Прочие затраты

4.6.1 Расчет материальных затрат

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. А также в этот вид расходов включается электроэнергия, потраченная на работу используемого для проекта оборудования, расход электроэнергии на освещение не учитываются[21].

Расчет производится по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * Ц_{\text{э}}, \quad (4.6)$$

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

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

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт*час.

Время работы оборудования рассчитывается исходя из итоговых данных таблицы из расчета, что продолжительность рабочего дня составляет 8 часов, формула:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t, \quad (4.7)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, в данном случае будет приравняться к 0,7.

Мощность определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_c, \quad (4.8)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Для $C_3 = 5,257$ руб./кВт*час (с НДС) заполним таблицу 4.11.

Таблица 4.11 – затраты на электроэнергию.

Наименование оборудования	Время работы оборудования, $t_{\text{об}} = T_{\text{пл}} * K_t$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\Delta_{\text{об}}$, руб.
ПК	330,4	0,3	521,07

4.6.2 Расчет заработной платы

Для выполнения расчета основной заработной платы осуществляется на основе трудоемкости каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Средняя заработная плата должна рассчитываться по следующей формуле

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{D_{\text{раб}}}, \quad (4.9)$$

где МО – месячный оклад,

$D_{\text{раб}}$ – количество рабочих дней в месяце.

В таблице 4.12 приведен расчет затрат на полную заработную плату. При данном расчете учитываются рабочие дни в месяце-26, при шестидневной рабочей неделе. Затраты на выполнение данной работы по каждому исполнителю берутся из таблицы по трудозатратам. Формула расчета:

$$K = K_{\text{пр}} * K_{\text{рк}} * K_{\text{доп}}; \quad (4.10)$$

где $K_{\text{пр}}$ - коэффициент премии, равен 1.1;

$K_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы для шестидневной рабочей недели, равен 1.188;

$K_{\text{рк}}$ - районный коэффициент, равен 1,3.

Далее рассчитываем ЗП за проект по формуле

$$ЗП_{\text{п}} = ЗП_{\text{дн-т}} * K * T \quad (4.11)$$

где T- затраты времени, дни

Таблица 4.12 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	К	Фонд з/платы, руб.
НР	23264,86	894,8	16	1,698	25455,6
И	14584,32	560,9	59	1,698	56192,08
Итого:					81647,68

4.6.3 Расчет затрат на социальные нужды

Данная статья расходов отвечает за отчисления на социальные нужды который включает в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование.

Отчисления рассчитываются по следующей формуле (4.12):

$$C_{\text{соц}} = K_{\text{соц}} * C_{\text{осн}}; \quad (4.12)$$

где $K_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы, он равен 30%.

Далее вычислим социальные отчисления для полученных данных:

$$C_{\text{соц}} = 0,3 * 81647,68 = 24494,3 \text{ руб}$$

4.6.4 Расчет амортизационных расходов

Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Капитальные затраты

Название	Основные характеристики	Стоимость	Срок службы
ПК	<ul style="list-style-type: none"> • Микропроцессор Intel Core • 8-разрядный графический адаптер • операционная система Windows 7 • ОЗУ емкостью 256Мб 	57000	4 года
ПО Matlab	<ul style="list-style-type: none"> • Интерактивная среда для разработки кода, управления файлами и данными • 2-D и 3-D графика. • Встроенные средства разработки пользовательского интерфейса • Средства интеграции с C/C++ 	98981	1 год
ПО AnyLogic	<ul style="list-style-type: none"> • Низкоуровневые конструкции моделирования • 2-D и 3-D графика. • Средства интеграции с Java • Поддержка дискретно-событийного моделирования 	106700	1 год

Далее проведем расчет амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта. Для этого используется следующая формула:

$$C_{AM} = \frac{C_{OB} * t_{рф}}{365}, \quad (4.13)$$

где C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта;

Для расчета амортизации ПК время выполнения проекта необходимо рассчитать амортизацию за год для данного оборудования

$$C_{AM\ ПК} = \frac{57000}{4} = 14250\text{р.}$$

Теперь находим амортизацию во время выполнения проекта для ПК:

$$C_{AM\ ПК} = \frac{14250 * 59}{365} = 2303.42\text{ р.}$$

Для ПО текущей разработки:

$$C_{AM\ ПО} = \frac{98981 * 59}{365} = 15999.67\text{ р.}$$

Для ПО конкурентной разработки:

$$C_{AM\ ПО} = \frac{106700 * 59}{365} = 17247.4\text{ р.}$$

Итого по текущей разработке:

$$C_{AM} = 2303.42 + 15999.67 = 18303.09\text{ р.}$$

Итого по конкурентной разработке:

$$C_{AM} = 2303.42 + 17242.4 = 19550.81\text{ р.}$$

4.6.5 Расчет прочих расходов

Рассчитаем расходы на выполнение тех пунктов проекта, которые не были учтены ранее:

$$C_{пр} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) * 0.15 \quad (4.14)$$

Для данного проекта:

$$C_{пр} = 124966.14 * 0.15 = 18774.9\text{ руб}$$

Для конкурентного проекта:

$$C_{пр} = 126213.86 * 0,15 = 18932.08\text{ руб}$$

4.6.6 Расчет общей себестоимости разработки

Определим общую себестоимость, объединив все затраты в таблицу 4.14. Затраты по отдельным статьям для текущего проекта рассчитывались ранее. Предположим что затраты у конкурента на материальные расходы, основную ЗП и на социальные нужды такие же как у текущего проекта, а амортизационные отчисления и прочие расходы рассчитывались ранее[21].

Таблица 4.14 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.	Сумма затрат у конкур.
Материальные расходы	$C_{\text{мат}}$	521.07	521.07
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	81647.68	81647.68
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	24494.3	24494.3
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	18303.09	19550.81
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	18744.9	18932.08
Итого:		143710.95	145145.94

Таким образом, затраты на разработку проекта составили $C = 143710.95$ рублей. При этом затраты у конкурентов составляют 145145.94 рублей. из чего можно сделать вывод что полученный продукт будет экономичней. чем у конкурентов.

4.6.7 Расчет рентабельности

Если рентабельность установим 20% от расходов на разработку:

$$143710.95 * 0.2 = 28742.19 \text{ руб.}$$

4.6.8 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку. а также полученной прибыли. Таким образом, НДС составляет

$$(143710.95 + 28742.19) * 0.2 = 34490.63 \text{ руб.}$$

4.6.9 Цена разработки

Данный показатель равен сумме полной себестоимости, прибыли и НДС. Следовательно

$$Ц_{НИР(КР)} = 143710а.95 + 28742.19 + 34490.63 = 206943.77 \text{ руб.}$$

4.7 Потенциальные риски

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Риски, которые могут возникнуть при реализации проекта, приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Риски проекта

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Условия наступления
Отсутствие финансирования	Снижение качества и увеличение сроков выхода на рынок	средняя	среднее	высокий	Недостаточно проработанная стратегия привлечения средств
Низкая производительность	Увеличение сроков разработки	средняя	высокое	средний	Недостаточная квалификация исполнителей
Недостаток кадров	Снижение производительности и качества	низкая	высокое	высокий	Отсутствие финансирования
Ошибки при моделировании	Снижение качества разработки	средняя	высокое	средний	Неправильно заданные условия

4.8 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности научно-технического исследования

4.8.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- срок окупаемости (D_{PP});
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- индекс доходности (PI).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

4.8.2 Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности[21].

Если инвестиции носят разовый характер, то NPV определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0. \quad (4.15)$$

где $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t=0, 1, 2, \dots, n$);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше NPV, тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной.

Таблица 4.16 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации. тыс.руб.	0	179.639	179.639	179.639	179.639
2.	Итого приток. тыс.руб.	0	179.639	179.639	179.639	179.639
3.	Инвестиционные издержки. тыс.руб.	-143711	0	0	0	0
4.	Операционные затраты. тыс. руб. С+Ам+ФОТ	0	119.217	119.217	119.217	119.217
5.	Налогооблагаемая прибыль		60.422	60.422	60.422	60.422
6.	Налоги. тыс. руб Выр-опер= донал.приб*20%	0	12.084	12.084	12.084	12.084
7.	Итого отток. тыс.руб. Опер.затр.+налоги	-143711	131.301	131.301	131.301	131.301
8.	Чистый денежный поток. тыс. руб. ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	-143711	66.641	66.641	66.641	66.641
9.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=20\%$)	1.0	0.833	0.694	0.578	0.482
10.	Дисконтированный чистый денежный поток. тыс.руб. (c_8*c_9)	-143711	55.512	46.249	38.518	32.121
11.	То же нарастающим итогом. тыс.руб.	-143711	-88.199	-41.950	-3.432	28.689

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 28.689 тыс. рублей, что позволяет его эффективности.

4.8.3 Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разности ценности денег во времени. Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени[21].

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. табл. 4.17).

Таблица 4.17 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0.20$)	-143711	55.512	46.249	38.518	32.121
2.	То же нарастающим итогом	-143711	-88.199	-41.950	-3.432	28689
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{ДСК} = 3 + 3432/32121 = 3.11$ года				

4.8.4 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR)[21].

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 4.18 и графика, представленного на рисунке 4.2.

Таблица 4.18 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

No	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки	-143.711	179.639	179.639	179.639	179.639	
2	коэффициент дисконтирования						
	$i=0.1$	1	0.909	0.826	0.751	0.683	
	$i=0.2$	1	0.833	0.694	0.578	0.482	
	$i=0.3$	1	0.769	0.592	0.455	0.35	
	$i=0.4$	1	0.714	0.51	0.364	0.26	
	$i=0.5$	1	0.667	0.444	0.295	0.198	
	$i=0.6$	1	0.625	0.39	0.244	0.095	

Продолжение таблицы 4.18 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

	i=0.7	1	0.588	0.335	0.203	0.07	
	i=0.8	1	0.556	0.309	0.171	0.095	
	i=0.9	1	0.526	0.277	0.146	0.077	
	i=1	1	0.5	0.25	0.125	0.006	
3	Дисконтированный денежный поток. руб						
	i=0.1	-143.71	163	148	133	123	423
	i=0.2	-143.71	144	121	99	87	307
	i=0.3	-143.71	132	106	82	59	235
	i=0.4	-143.71	122	89	65	47	179
	i=0.5	-143.71	120	71	53	36	136
	i=0.6	-143.71	118	67	41	17	99
	i=0.7	-143.71	106	59	38	13	72
	i=0.8	-143.71	98	52	31	16	53
	i=0.9	-143.71	93	50	23	14	36
	i=1	-143.71	89	45	22	2	14

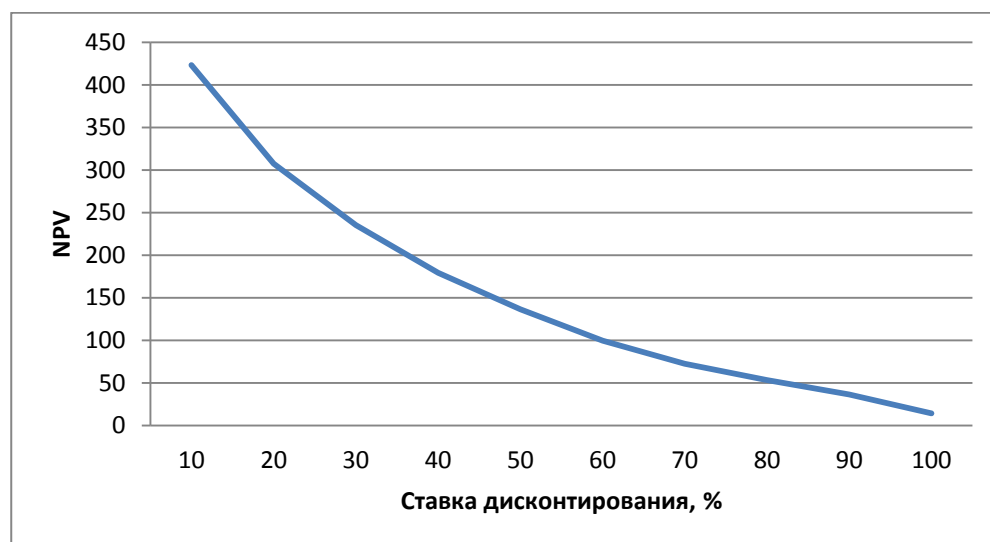


Рисунок 4.2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 1.1

4.8.5 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)_t} / I_0 \quad (4.16)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{55.512 + 46.249 + 38.518 + 32.121}{143.711} = 1.2$$

$PI=1.2>1$. следовательно. проект эффективен при $i=0.2$; $NPV=172.400$ тыс. руб.

В ходе проведения анализа показателей эффективности инвестиций была получена чистая текущая стоимость (NPV) – 28689 руб. Таким образом. данный инвестиционный проект можно считать выгодным. NPV является положительной величиной. Дисконтированный срок окупаемости проекта ($PP_{ДСК}$) составляет 3.11 года. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 1.1. что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным. так как выполняется условие неравенства $IRR>i$. Индекс доходности (PI) – 1.2. и. основываясь на том. что данная величина превышает единицу. можно утверждать. что данная инвестиция приемлема.

4.8.6 Оценка сравнительной эффективности исследования

Для определения эффективности необходимо рассчитать интегральный показатель. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель). с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения[21].

Формула интегрального финансового показателя разработки:

$$I_{\text{финр}}^{i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (4.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;
 Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;
 Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующие численное увеличение бюджета затрат на разработку в разгах (значение больше единицы). либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы. но больше нуля).

Так как данная разработка имеет одно исполнение. то

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i * b_i^a. \quad (4.18)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффетивности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a . b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки;

n – число параметров сравнения.

Таблица 4.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект	Конкурентный проект
Сложность структуры	0.10	5	5
Функциональная мощность	0.20	5	4
Кроссплатформенность	0.10	4	4
Наличие дополнительных подсистем (условий)	0.15	5	4
Потребность в ресурсах памяти	0.10	2	3
Конкурентоспособность продукта	0.20	3	2
Законченность работы	0.10	4	3
Финансирование	0.05	1	1

В итоге: $I_{\text{тп}} = 3.9$; $I_{\text{кп}} = 3.35$

Интегральный показатель эффективности разработки на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} \quad (4.19)$$

где $I_{\text{финр}}^a$ - интегральный показатель эффективности разработки.

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта (4.20):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}. \quad (4.20)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная характеристика проекта.

Таблица 4.20 – Сравнительная эффективность проекта

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Конкурентный проект
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	3.9	3.35
3	Интегральный показатель эффективности	3.9	3.35
4	Сравнительная эффективность исполнения	1	1

При сравнении значений интегральных показателей эффективности выяснилось что интегральный показатель текущего проекта выше чем у конкурентного на 0.55. Данное сравнение позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4.9 Выводы по разделу

В данной главе проводился финансовый анализ разрабатываемого проекта. Изначально определились потенциальные потребители. Далее проводился анализ конкурентных технических решений, который позволил оценить разработку со стороны ресурсоэффективности и ресурсосбережения. При данном анализе определилось что текущий проект является менее

ресурсоэффективной по сравнению с конкурентным проектом. При оценивании готовности проекта к коммерциализации получены сведения, подтверждающие, что перспективность разработки выше среднего(45).

Далее произвелся SWOT-анализ при котором выявились сильные и слабые стороны проекта. Ключевой проблемой проекта является сложность структуры модели, но в то же время это качество может стать причиной серьёзного развития и перейти в разряд возможностей. Еще одной самой распространенной слабой стороной проекта является работа при наличии специального ПО.

В рамках процесса инициации определились изначальные цели и содержание и зафиксированы изначальные финансовые ресурсы, определены ограничения проекта. В рамках планирования научного проекта был построен календарный график проекта. При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Были определены риски проекта, включающие в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учли финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

5 Социальная ответственность

В рамках данной магистерской диссертации осуществлялась разработка и исследование моделей СМО с различными дисциплинами ожидания и обслуживания. теоретические результаты. полученные при моделировании СМО. имеют практическую направленность при оптимизации систем управления. энергосбережения. эффективном использовании ресурсов и при проектировании сетей передачи информации.

Выполнение магистерской диссертации происходило с использованием персонального компьютера (ПК). При работе с использованием ПК существует ряд различных вредных факторов. которые неблагоприятно влияют на человека и могут приводить как к снижению производительности труда. так и к существенным проблемам со здоровьем.

Данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулирование отношений между работником и работодателем осуществляется Трудовым кодексом РФ[38]. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

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

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

Основные элементы рабочего места оператора ЭВМ: рабочий стол. рабочий стул (кресло). дисплей. клавиатура. мышь; вспомогательными – пюпитр. подставка для ног [35].

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования[36].

Рабочие места с ЭВМ (рисунок 5.1) должны располагаться на расстоянии не менее 1.5 м от стены с оконными проемами. от других стен – на расстоянии 1 м. между собой – на расстоянии не менее 1.5 м. При размещении рабочих мест необходимо исключить возможность прямой засветки экрана источником естественного освещения.

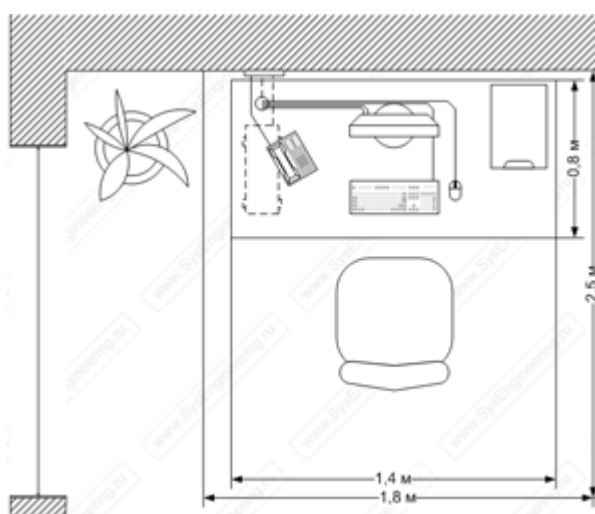


Рисунок 5.1 - Рабочее место с ЭВМ

При размещении ЭВМ пользователю должно обеспечиваться пространство не менее 850 мм. Для стоп должно быть предусмотрено пространство по глубине и высоте не менее 150 мм. по ширине – не менее 530 мм. Поверхность экрана ЭВМ должна находиться на расстоянии 400–700 мм от глаз пользователя. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим, психологическим требованиям и характеру работы.

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

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

Опорная поверхность спинки стула должна иметь высоту 280 – 320 мм. ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм. Расстояние спинки от переднего края сиденья должно регулироваться в пределах 260 – 400 мм.

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

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

Рациональной рабочей позой может считаться такое расположение тела. при котором ступни работника расположены на плоскости пола или на подставке для ног. бедра сориентированы в горизонтальной плоскости. верхние части рук – вертикальный угол локтевого сустава колеблется в пределах 70 – 90. запястья согнуты под углом не более чем 20. наклон головы – в пределах 15 – 20. а также исключены частые ее повороты [37].

5.2 Производственная безопасность

Магистерская диссертация выполнена в помещении отделения «Информационные системы и технологии» десятого корпуса ТПУ в 4036 аудитории. которая оснащена персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ). компьютерными столами. стульями. огнетушителем.

датчиками дыма, кондиционером и противопожарной сигнализацией. Данная аудитория относится к классу помещений без повышенной опасности, так как отсутствуют условия, создающие повышенную или особо повышенную опасность.

Необходимо проанализировать влияние вредных и опасных факторов, возникновение чрезвычайных ситуаций для обеспечения безопасности в рабочей зоне. Возможные опасные и вредные физические факторы приведены в таблице 5.1.

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

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	-	-	1. СП 52.13330.2016 [24] 2. СанПиН 2.2.4.548–96 [25] 3. СанПиН 2.6.1.2523-09 [26] 4. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [27] 5. СанПин 2.2.4.3359-16 [29] 6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [30] 7. ГОСТ 12.1.019-2017 [31]
2. Превышение уровня шума	+	-	-	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	-	
4. Психофизиологический фактор	+	-	-	
5. Опасность поражения электрическим током	+	-	-	

5.3 Вредные производственные факторы

5.3.1 Отклонение показателей микроклимата

Температура помещения – важный показатель комфортности. Низкие температуры провоцируют отдачу тепла организмом, снижая его защитные функции. Персонал будет постоянно страдать от переохлаждений, подвергаться простудам, инфекционным заболеваниям. Из-за высокой температуры (выше 27°C) организм борется с жарой и выводит соль из организма, что чревато снижением иммунитета, нарушением водно-солевого баланса.

Влажность воздуха в большой степени зависит от температуры. Если в помещении нет специальных увлажнителей воздуха, то чем выше температура, тем суше будет воздух. Здоровый человек в помещении с сухим воздухом почувствует дискомфорт. Если же человек уже простужен, он начнёт кашлять.

В меру влажный воздух (40-60%) создаст комфортные условия работы. Зимой он способствует укреплению иммунитета, не позволяет слизистой становиться уязвимой для вирусов. Летом – легче переносить жару, поддерживать здоровое состояние кожи.

Скорость движения воздуха – так же фактор микроклимата. При температуре до 33-35 °С скорость в 0.15 м/с комфортна и воздух оказывает освежающий эффект. Если температура выше 35 °С, то эффект будет обратным.

Микроклимат напрямую связан со здоровьем и с производительностью труда сотрудников. Работа «сидячая», поэтому температура воздуха должна быть немного выше среднего (22-24 °С). При этом движение воздуха должно быть минимальным, а его влажность должна составлять – 50-60%.

Производительность труда сотрудника целиком зависит от условий на рабочем месте. Условия труда излагаются в документе «СанПин 2.2.4.548-96», который регулирует гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест. В документе четко прописаны требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий [25].

В таблице 5.2 даны оптимальные значения характеристик микроклимата для холодного и теплого периодов года.

Таблица 5.2 – Оптимальные значения характеристик микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая		
Холодный	22-24	20-22	21-25	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25	20-28	22-26	19-27	40-60	0.1

Рассматриваемое рабочее помещение полностью соответствует вышеописанным нормам по все показателям. включая температуру. влажность и скорость движения воздуха.

5.3.2 Превышение уровня шума

Шум. возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения. воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека. органы слуха [28].

Мероприятия по защите от шума:

- уменьшение шума в источнике;
- звукоизоляция (звукоизолирующие кожухи. акустические экраны);
- звукопоглощение (звукопоглощающие облицовки. штучные поглотители);
- глушители шума (абсорбционные. реактивные. комбинированные);
- рациональное размещение рабочих мест;
- создание шумозащищенных зон в местах нахождения человека;
- рациональный режим труда и отдыха.

Уровень шума нормируется правилами СанПин 2.2.4.3359-16 [29].

Таблица 5.3 – Допустимый уровень звукового давления по видам трудовой деятельности

Вид трудовой деятельности. рабочее место	Уровни звукового давления. дБ. в октавных полосах со среднегеометрическими частотами. Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	315	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность в лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Персональный компьютер в рабочем помещении издает шум не больше 35 дБ. что соответствует нормативам.

5.3.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу. вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и сонливость. способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности [22]. Требования к освещению регламентируются СП 52.13330.2016.

Разряд зрительных работ оператора ПЭВМ относится к разряду III и подразряду Г (работы высокой точности). Рабочее помещение должно соответствовать правилам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 для поддержания благоприятных условий работы.

В таблице 5.4 даны нормативные показатели искусственного освещения при работах этой точности [24].

Таблица 5.4 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий для операторов ПЭВМ

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения. мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещённость. лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						Всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0.3 до 0.5	III	Г	Средний. большой	Светлый. средний	400	200	200

В данном случае в роли источника естественного освещения выступает окно размером 3.05x1.5м. На рабочем месте помимо естественного должно применяться также искусственное освещение. которое осуществляется системой общего равномерного освещения. В лаборатории площадью 38.5м² установлено девять светильников ОД-2-80 с лампами ЛД в три ряда. Расстояние между светильниками в одном ряду составляет 2.5 м. расстояние до ближайшей стенки составляет 1.5 м.

5.3.4 Психофизиологический фактор

На трудовую деятельность человека и его организм влияют объем восприятия и переработки информации. физическое. нервно-психологическое. умственное. эмоциональное перенапряжение. ритм и темп работы. монотонность труда. Их оценки позволяет определить степень и характер нагрузки во время работы. соответствие рабочего места и средств труда анатомо-физиологическим особенностям человека. установить рациональные режимы труда и отдыха. обустроить рабочие места. наладить профессиональный отбор и профориентацию и др.

К психофизиологическим факторам относятся гиподинамия. гипокинезия. монотонность. утомление. усталость. сонливость.

Данные факторы могут стать причиной скуки. рассеянности. сонливости. апатии. раздражительности и привести к таким симптомам как. урежение частоты сердечных сокращений. снижение артериального давления. содержания сахара и эозинофилов в периферической крови. изменение параметров электрокардиограммы. Предполагаемые средства защиты:

- Соответствие освещенности уровню санитарных норм;
- Рациональная организация рабочего места. Рабочая мебель. соответствующая специфике трудового процесса.
- Комфортная обстановка без однообразия (окраска. озеленение).

Данные факторы регулирует ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [27].

Рабочее место организовано в соответствии с перечисленными правилами. включая освещенность. обстановку и организацию рабочего места.

Один компьютер издает шум в пределах 30дБ. в процессе работы в помещении одновременно работало не более 5 ПК. в большинстве случаев – 2. следовательно. уровень шума был в пределах 60-150 дБ.

5.4 Опасные производственные факторы

5.4.1 Опасность поражения электрическим током

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку программист имеет дело с электрооборудованием вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться особое внимание. Нормы электробезопасности на рабочем месте оператора ПЭВМ регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [30]. требования к защите от поражения электрическим током даны в ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ [31].

Рабочий кабинет оператора ЭВМ по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности, потому что отсутствуют следующие факторы: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Опасность поражения людей электрическим током в помещениях появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности электрического оборудования и приборов.

К организационным мероприятиям по обеспечению безопасности относятся инструктаж, обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний правил безопасности и инструкций.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели корпуса приборов должны быть запрещены;

- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки

5.4.2 Экологическая безопасность

В процессе работы над магистерской диссертацией каких-либо выбросов вредных веществ в атмосферу, литосферу и гидросферу не отмечалось. Производство ПК использует токсичное сырье, вес которого в 10 раз превышает вес конечного изобретения. Отходы производства поступают на свалки или перерабатываются, оказывая плохое влияние на экологию.

ЖК-экраны – источник парниковых газов, которые намного вреднее диоксида углерода. По сравнению с CO_2 (диоксид углерода) NF_3 (трифторид азота) является в 17 000 раз более активным парниковым газом, а его атмосферное время полураспада может составлять от 550 до 740 световых лет.

Поливинилхлорид (ПВХ) – пластик для оболочки кабелей, которыми соединяются устройства. ПВХ – причина возникновения гормонального дисбаланса, проблем в репродуктивной сфере и рака. При его сгорании образуется канцерогенный диоксин. Свалки и захоронения загрязняют источники воды, наиболее строгим из существующих мировых стандартов экологичности для компьютерной техники является стандарт ТСО- 99.

Недостаток эксплуатации люминесцентных ламп – ртуть в составе.

Одним из вариантов решения данных проблем является вторичное использование устройств. Единственный способ правильной утилизации – отправка в центр опасных отходов. Люминесцентные лампы необходимо утилизировать в специальных пунктах приёма.

5.4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Единственной возможной чрезвычайной ситуацией может быть пожар. Пожар – это вышедший из-под контроля процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу жизни и здоровью людей.

Основными опасными факторами пожара являются тепловое излучение, высокая температура, отравляющее действие дыма (продуктов сгорания: окиси углерода и др.) и снижение видимости при задымлении.

Регулирование пожаробезопасности производится федеральным законом от 22.07.2013 г. №123[32].

Возможные группы источников воспламенения:

- Неисправное электрооборудование. сбои в выключателях, проводке и розетках. Решение – регулярная проверка приборов на исправность.
- Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.
- Обогрев офисов с помощью оборудования с открытыми нагревательными элементами в помещениях с большим количеством бумажных документов может привести к возгоранию. Их исключение, либо замена аналогами ликвидирует данную причину пожара.
- Короткое замыкание. Необходимо скрыть электропроводку для уменьшения вероятности короткого замыкания.

Меры предостережения возгорания следующие:

- огнезащитное покрытие кабелей и проводов;
- строгое соблюдение правил пожарной безопасности при ремонтно-профилактических работах;
- расположение ПЭВМ в помещениях I или II степени огнестойкости;
- помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения и обеспечено инструкциями по их применению. В качестве средств пожаротушения разрешается использование углекислотного огнетушителя типа ОУ-2, ОУ-5, а также порошковый тип. Применение пенных огнетушителей не допускается, так как жидкость пропускает ток;
- регулярные проверки первичных средств пожаротушения и защиты, сигнализации, инструктаж и тренировки действий;
- эвакуационные выходы должны быть свободны;
- оснащение помещений «Планами эвакуации людей при пожаре»;

- установка ПЭВМ вдали отопительных и нагревательных приборов (расстояние не менее 1 м и в местах, где не затруднена их вентиляция и нет прямых солнечных лучей);
- разработка организационных мер по обучению персонала навыкам ликвидации пожара до прибытия пожарного подразделения [33].

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, оповестить инженера по технике безопасности [34]. Люди должны покинуть помещение в течение минимального времени, согласно плану эвакуации (рисунок 5.2).

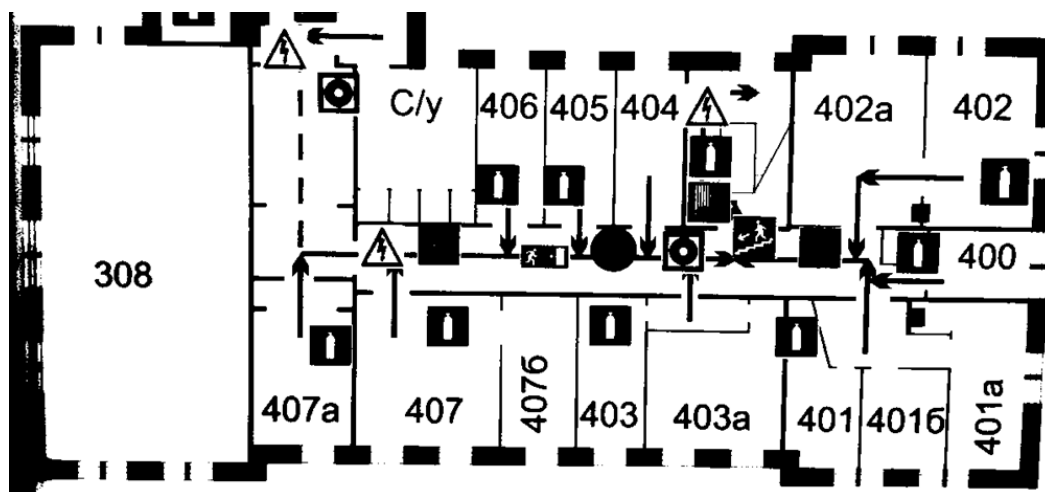


Рисунок 5.2 - План эвакуации при пожаре и других ЧС из 403а аудитории учебного корпуса №10.

5.5 Выводы по разделу

Таким образом, в ходе работы над магистерской диссертацией одним из вредных производственных факторов было недостаточное освещение, требования к которому регламентируются СП 52.13330.2016. Еще один важный фактор – микроклимат, условия труда излагаются в СанПин 2.2.4.548-96. Кроме того, для работ с ПЭВМ характерно излучение, нормирование осуществляется по правилам СанПин 2.6.1.2523-09.

Помимо всего, характерной чертой работы с ПК является психофизиологический фактор и шум. Данные вредные производственные факторы находятся в пределах нормы, превентивные меры описаны в разделе.

К опасным производственным факторам данной работы относятся опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, а также статическое электричество. Рабочее помещение соответствует нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.

ПЭВМ представляют опасность для экологии токсичным сырьем, ЖК-экранами, ПВХ и люминесцентными лампами.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией может быть пожар. Рабочий кабинет соответствует нормам пожаробезопасности (СНиП 21-01-97).

Правовые и организационные нормы работ описаны в ТК РФ ст. 137, рабочее место полностью соответствует указанным правилам.

Результатом реализации и исследования СМО являются теоретические данные, которые имеют применение в различных областях, при оптимизации систем управления, энергосбережения, эффективном использовании ресурсов и при проектировании сетей передачи информации.

Имитационное моделирование позволяет проводить необходимые эксперименты с меньшими затратами, которые потребовались бы для производства экспериментальных образцов исследуемого объекта.

Примером использования полученных данных может служить вычислительная сеть. Развитие вычислительной сети может привести к значительному удорожанию экспериментов по внедрению новых технологий. После внедрения потребуется тестирование этих технологий, данные мероприятия могут занимать достаточно длительное время и в итоге могут оказаться непригодными для поставленных целей. Данные, полученные при исследовании моделей СМО, помогают оценить необходимость внедрения технологии и описывают ее поведение при различных режимах работы.

Заключение

В наши дни имитационное моделирование получает применение в различных областях человеческой деятельности: в строительстве, экономике промышленности, на транспорте, экологии, в сферах информационной безопасности и услуг, а также в сферах общественных, государственных и военных отношений. Такая популярность данного метода объясняется возможностью снизить временные и материальные затраты. Использование имитационного моделирования с помощью ЭВМ позволяет увеличить скорость получения оптимальных параметров системы, проведения необходимых опытов и модификаций.

В данной работе проводились исследования в области управления СМО с нетерпеливыми заявками. Разработана модель СМО, проведены различные эксперименты, получены требуемые численные характеристики, выполнен анализ полученных данных. Изучен теоретический материал по темам «Управление СМО», моделирование систем, возможности библиотеки Simulink. Реализована возможность подключения дополнительного обслуживающего прибора, получены характеристики и параметры системы.

Кроме того, создан блок расчётов. В работе получены различные характеристики системы: доля обработанных заявок, изменение длины очереди. Изучено влияние настроек системы на характеристики системы, общее число заявок. Таким образом использование дополнительного сервера позволяет улучшить показатели работы модели. Более подробные выводы даны в основной части магистерской диссертации.

Результаты работы опубликованы в сборнике тезисов «Ломоносов – 2019»: XV Международная научная конференция студентов, магистрантов и молодых ученых, а также в сборнике LXXVII Студенческой международной научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки».

Список публикаций студента

1. Агзан А.Н., Разработка и исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе // «Ломоносов – 2019»: XV Международная научная конференция студентов, магистрантов и молодых ученых: Тезисы докладов XV Международной научной конференции: в 2-х частях – Нур-Султан: Казахстанский филиал МГУ имени М.В.Ломоносова, 2019 –Ч.1. С. 41-43.

2. Агзан А.Н. Модель СМО G/G/2 с наличием «нетерпеливых» заявок в системе // «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»: Электронный сборник статей по материалам LXXVII студенческой международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд. АНС «СибАК». – 2019. – № 5(76). С.158-163.

Список использованных источников

1. Нохрина Г.Л. Математическое и имитационное моделирование: Методические указания по выполнению лабораторно-практического цикла работ для студентов направления подготовки 230700.62 (прикладная информатика) – Екатеринбург: Редакционно-издательский отдел УГЛТУ, 2012. – 28 с.
2. Алехин А.Г. Моделирование производственных систем в пакете прикладных программ MatLab / Алехин А.Г., Тюленев С.Г. // Изв. ВолгГТУ. Серия "Прогрессивные технологии в машиностроении". Вып. 8 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2012. - № 13 (100). С. 98-99.
3. 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.
4. Власов С.С., Гасилов В. В. Применение системы массового обслуживания при определении оптимального количества пунктов сбора платы за проезд на платном участке дороги. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL http://science-bsea.narod.ru/2006/mashin_2006_2/vlasov_prim.htm. Дата обращения 30.03.2019.
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, 12-14 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. Кацман Ю. Я., Полянский С. В., Буркатовская Ю. Б. Исследование характеристик СМО, основанной на квантовании // Информационные

технологии и математическое моделирование (ИТММ-2017) : материалы XVI Международной конференции имени А. Ф. Терпугова, 29 сентября - 3 октября 2017 г., Казань 2 ч. / Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ) ; Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ) ; Российский университет дружбы народов (РУДН) ; Российская академия наук (РАН), Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова (ИПУ). — 2017. — Ч. 2. С. 199-206.

8. 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.

9. 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: 09.03.2019.

10. Ослин Б. Г. Моделирование. Имитационное моделирование СМО: учебное пособие. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 128 с.

11. Боев В.Д. Имитационное моделирование систем. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL https://studme.org/163931/informatika/imitatsionnoe_modelirovanie_sistem. Дата обращения: 09.03.2019.

12. СМО с ожиданием (очередью) . [Электронный ресурс] Режим доступа: URL https://math.semestr.ru/cmo/cmo_length.php. Дата обращения: 15.02.2019

13. Асафьев Г.К. Современные системы имитационного моделирования. Сборник трудов молодых ученых и сотрудников кафедры ВТ / Под ред. д.т.н., проф.– СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. с.50-54.
14. MatLab [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://matlab.ru/products/matlab>. Дата обращения: 05.03.2019.
15. Simulink [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://matlab.ru/products/simulink>. Дата обращения: 05.03.2019.
16. Stateflow. Model and simulate decision logic using state machines and flow. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL <http://www.mathworks.com/products/stateflow>. Дата обращения: 07.03.2019.
17. Библиотека блоков Simulink. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/9_6.php. Дата обращения: 13.03.2019.
18. Программное средство Stateflow. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://www.studfiles.ru/preview/1644166>. Дата обращения: 05.03.2019.
19. Агзан А.Н., Разработка и исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе. «Ломоносов – 2019»: XV Международная научная конференция студентов, магистрантов и молодых ученых: Тезисы докладов XV Международной научной конференции: в 2-х частях. – Нур-Султан: Казахстанский филиал МГУ имени М.В.Ломоносова, 2019 Ч.1. С. 41-43.
20. Агзан А.Н. Модель СМО G/G/2 с наличием «нетерпеливых» заявок в системе // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сборник статей по материалам LXXVII международной студенческой научно-практической конференции № 5(76). [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL [https://sibac.info/archive/technic/5\(76\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/5(76).pdf) . Дата обращения: 17.05.2019.
21. Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ Томский политехнический

университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
– 73 с.

22. Большая энциклопедия нефти и газа. Недостаточное освещение – рабочее место. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://www.ngpedia.ru/id221294p1.html>. Дата обращения: 25.03.2019.

23. Библиотека технической литературы. Естественное освещение. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://delta-grup.ru/bibliot/19/53.htm>. Дата обращения: 27.03.2019.

24. СП 52.13330.2016, Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

25. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

26. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009.

27. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

28. Производственный шум. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/proizvodstvennyu-shum.html>. Дата обращения: 25.03.2019.

29. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

31. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

32. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

33. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1984 г. – 824 с.

34. ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.

35. ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/1200025975>. Дата обращения: 26.03.2019.

36. ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/1200012834>. Дата обращения: 26.03.2019.

37. ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/1200025975>. Дата обращения: 26.03.2019.

38. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)

Приложение А
(обязательное)

Раздел 2

Объект и методы исследования

Object and methods of research

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ72	Агзан Акжаркын Нурболаткызы		

Консультант ОИТ ИШИТР:

Должность	ФИО	Ученая степень. звание	Подпись	Дата
доцент	Мирошниченко Е.А.	к.т.н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень. звание	Подпись	Дата
доцент	Диденко А.В.	к.ф.н.		

2 The object and techniques of research

2.1 Queueing system

The researching object is development and modification of a queueing system based on priorities. A queueing system is a mathematical model of a new or real system; the operation of this system can be represented as a sequential interaction of some discrete objects and elements of the system. Objects usually enter the system from the outside, then interact with the elements of the system in accordance with the established rules, and then leave it.

The queueing system consists of basic elements, such as entities, streams, servers and service disciplines. Discrete objects in queueing systems are called claims, requirements, or entities. Service is the interaction of applications with system elements for a certain time, and these elements are called servicing devices or servers. A service discipline is an order of the entities that interact with the queueing system, which includes principles of server work, the order of entities arrival in the system, a services order and the order of exit from the queueing system.

Applications are usually entered into the system irregularly, i.e. randomly, which is, at different time intervals. Also, entities are serviced at random time period. All this leads to the fact that at some moments the queueing system turns out to be unevenly loaded and idle, and at some times overloaded, and a large number of requirements are accumulated and awaiting processing.

The subject of a queueing system theory is a development of a mathematical model which connects queueing system settings and performance indicators of the system. Indicators of performance characterize their ability to service the entities stream. A queueing system can be divided into two classes:

- a queueing system with an expectation of service;
- a queueing system with failure of processing.

If the entity enter the system when all servers are busy, the entity is lost and does not participate in further modeling. The queueing system with expectation of service allows the entity go to the queue. This entity will be serviced when the server

is free. The queuing system with expectation of service has a fixed capacity of the queue.

Furthermore, queuing systems are divided by a service discipline type, i.e. by a distribution order between free servers. In this way entity service is performed by a FIFO principle (first in, first out) or a LIFO (last in, first out).

In practice, queuing systems are often encountered with a limited waiting time for applications in the system or so-called "impatient" applications. Such applications may leave the queue if the waiting time exceeds a certain amount. A queuing system with "impatient" requests leaving sooner or later from the queue, the established maintenance mode is always reached, regardless of the reduced intensity of the flow of requests. For a queuing system with "impatient" applications, the notion of "probability of failure" does not make sense - each application is in the queue, but it may not wait for the service, having left ahead of time.

In particular, such requests arise in various technological systems, in which a delay in the start of service may lead to a loss of product quality, in operational management systems, when urgent messages lose value (or even meaning) if they are not received for service during a certain period of time.

2.2 Software

2.2.1 MATLAB

To obtain results, a simulation model was needed. The use of such simulation environments in GPSS or AnyLogic for solving these problems is limited, so there are no built-in "impatience" simulation tools in them. The software package for solving problems of technical calculations MatLab. Using the capabilities of the Simulink graphical simulation environment, as well as its extension to simulate the logic of events, the State Flow and the library for simulating systems with discrete conditions, allow you to execute the constructed models.

MATLAB (matrix laboratory) is a multi-paradigm numerical computing environment and proprietary programming language developed by MathWorks. It integrates computation, visualization, and programming in an easy-to-use

environment where problems and solutions are expressed in familiar mathematical notation. MATLAB allows matrix manipulations, plotting of functions and data, implementation of algorithms, creation of user interfaces, and interfacing with programs written in other languages, including C, C++, C#, Java, Fortran and Python.

2.2.1 Simulink

The graphical environment of the Simulink imitation modeling allows constructing dynamic models with block diagrams. These dynamic models include continuous, discrete and hybrid, explosive and non-linear systems. The interactive environment allows using integral blocks for modeling discrete systems, to apply a model-based approach for the development of control systems, real-time and digital communication devices. Hence, users will have a possibility to make their own unique block.

Additional packets of the Simulink-library allow to solve all types of tasks from the development of the concept model to code generation, testing and hardware implementation. The integration of the environment in MatLab expands user's possibilities by accessing all the built-in mathematical algorithms and scientific graphics.

In the Simulink interactive environment, the results can be seen from the beginning of modeling as well as the simulation of the dynamic properties system. The library offers ODE (*ordinary differential equation*) solvers with variable and fixed steps, a time assessment subroutine of an individual model function execution and graphic debugger to ensure a given simulation speed and accuracy.

Simulink has special features as follows:

- An open library of work blocks;
- A navigation tool and parameter settings of complex models – Model Explorer;
- An interactive graphic environment for block diagrams development;
- Comfortable tools for the development of multi-level hierarchical multi-component models;

- Integration tools of C/C++, Fortran, Ada and MatLab algorithms, cooperation with external modeling programs;
- A full library integration with MatLab, including numerical methods, visualization, data analysis and graphical interfaces;
- Modern tools of solving differential equations for continuous, discrete, linear and nonlinear objects (including discontinuities);
- Debug and model analysis tools;
- Simulation modeling of non-stationary systems with the help of solvers with variable and constant step or method of MatLab-controlled batch modeling;
- Comfortable interactive visualization of output signals, tools of setting and input effects.

2.2.2 Stateflow library

Stateflow is an environment for modeling and simulating the combinatorial and sequential decision logic based on state machines and flowcharts. Stateflow allows to combine graphical and tabular representations, including state transition diagrams, flowcharts, state transition tables and truth tables, in order to simulate the response of the system to events, conditions in time, and external input signals.

With the help of Stateflow, it is possible to model the logic of the system using the state machine, where the states of operation are modes of operation, and the switching logic is used between switching modes. This library is a tool of complex systems of numerical modeling like hybrid systems. The hybrid system contains control systems used in industry, high-technology weapons in the military field, in the sphere of cosmonautics, transport and communications. Hybrid systems are systems with a complex interaction of discrete and continuous dynamics, for such systems typical analog and discrete components. They are characterized by spasmodic variations in accordance with the logic of the operation of the control subsystem, the role of which, as a rule, is performed by a certain computing device (finite state machine).

The main features of the Stateflow are given below:

- modeling environment. graphical components and the simulation core for complex logic modeling and simulating;
- the core of the simulation and simulation of complex logic;
- deterministic execution semantics with hierarchy. concurrency. temporal operators and events;
- state diagrams. state transition tables and state transition matrices representing finite automata;
- flow charts. MATLAB functions and truth tables for representing algorithms;
- animation of the state diagram. record of activity of the state. data recording and built-in debugger for analysis of design and detection of run-time errors;
- static and dynamic checks of conflicting transitions. looping problems. state mismatches. data range violations and overflows;
- Mealy and Moore machines.

An example of creating a state. performing any operations inside it at specified events. performing state transitions according to conditions is given in the description of the developed queuing system.

2.2.3 SimEvents library

SimEvents library is implemented for a discrete states system modeling in Simulink environment. Simulink uses the queue theory and queuing systems theory. Using this extension. it is possible to create simulation models for passing an object through queues and networks. as well as modeling systems that depend on discrete states.

SimEvents is used in the construction of production processes to calculate the necessary resources and analysis. The library gives the core of a discrete-state simulation. which controls processing of asynchronous events. Asynchronous events are necessary for modeling time-related system transitions from mode to mode and

state changes within Simulink. Main blocks of Simulink environment that are used in the work are described in detail onwards.

2.2.3.1 Description of the components of the SimEvents library

Time-Based Entity Generator is designed to generate entities using intergeneration time. There are two ways to set integration time: specified using an input signal and distributed according to various parameters in the block dialog box.

FIFO Queue stores up to N entities simultaneously, where N is the Capacity parameter value. The block attempts to output an entity through the OUT port, but retains the entity if the OUT port is blocked. If the block is storing multiple entities and no entity times out, then entities depart in a first-in, first-out (FIFO) fashion. The IN port is unavailable whenever this block stores exactly N entities.

Single Server serves one entity for a period of time, and then attempts to output the entity through the OUT port. If the OUT port is blocked, then the entity stays in this block until the port becomes unblocked. If an entity in this block is scheduled to time out, then it might depart prematurely via the optional TO port. When the block does not permit preemption, the IN port is unavailable whenever this block stores an entity.

Input Switch selects exactly one entity input port for potential arrivals. The selected entity input port can change during the simulation. When one entity input port becomes selected, all others become unavailable. Output Switch receives entities, which depart through one of multiple entity output ports. When one entity output port becomes selected, all others become unavailable.

Set Attribute accepts an entity, assigns data to it, and then outputs it. Assigned data is stored in entity attributes. Get Attribute outputs signals using data from entity attributes.

Schedule timeout schedules a timeout event for each arriving entity. Timeout events can limit the time that an entity spends on designated entity paths during the simulation. Topologically, this block designates a beginning of an entity path that is relevant to the time limit. Cancel timeout cancels a named timeout event for the

arriving entity. The ability to cancel timeout events before they occur lets to apply the time limit to an entity path that does not end with a sink block.

Start timer associates a named timer to each arriving entity independently and starts the timer. If the entity was previously associated with a timer of the same name, then the block either continues or restarts that timer, depending on setting for the If timer has already started parameter; the Warn and continue option can be helpful for debugging or preventing modeling errors. This block works with the Read Timer block. To read the value of the timer named in this block, reference the timer name in the Read Timer block. Read timer reads the value of a timer that the Start Timer block previously associated with the arriving entity.

Entity Sink provides a way to terminate an entity path. if Input port available for entity arrivals, the block always accepts entity arrivals. Output blocks in a subsystem represent outputs from the subsystem. The scope is used to construct the functions of signals from time, this block is one of the tools for visualization, analysis and monitoring of signal changes during the simulation. The Display block shows the value of the input data.

Path combiner accepts entities through any entity input port and outputs them through a single entity output port. If multiple entities arrive at the Path Combiner block simultaneously while the entity output port is not blocked, then the sequence in which the entities depart depends on the sequence of departure events from blocks that precede the Path Combiner block. Even if the departure time is the same for multiple entities, the sequence might affect the system's behavior. For example, if the entities advance to a queue, the departure sequence determines their positions in the queue. Multiple instances of entities of the same type, but with different attributes, can arrive at the Path Combiner block. In these situations, the compiled entity type displays the union type.

Приложение Б

(обязательное)

Модели СМО с ограниченным временем пребывания заявок в системе

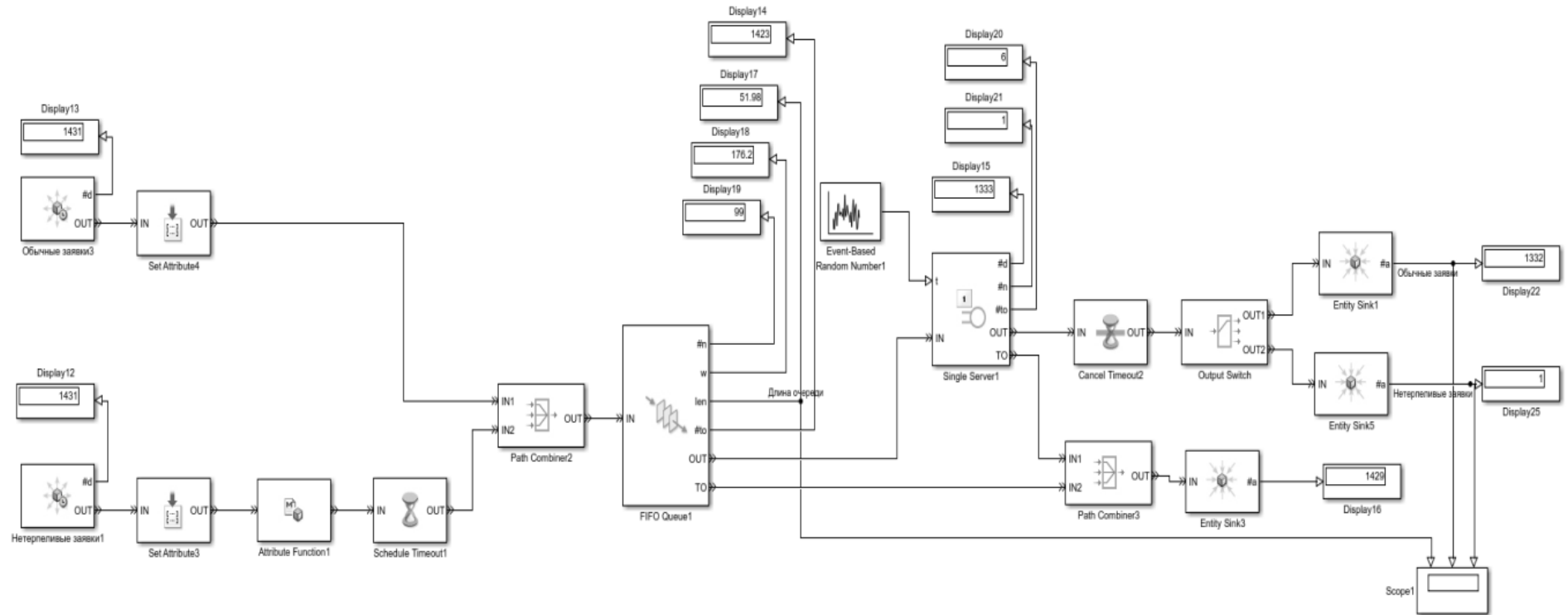


Рисунок Б.1. - Модель СМО

Приложение Б (продолжение)

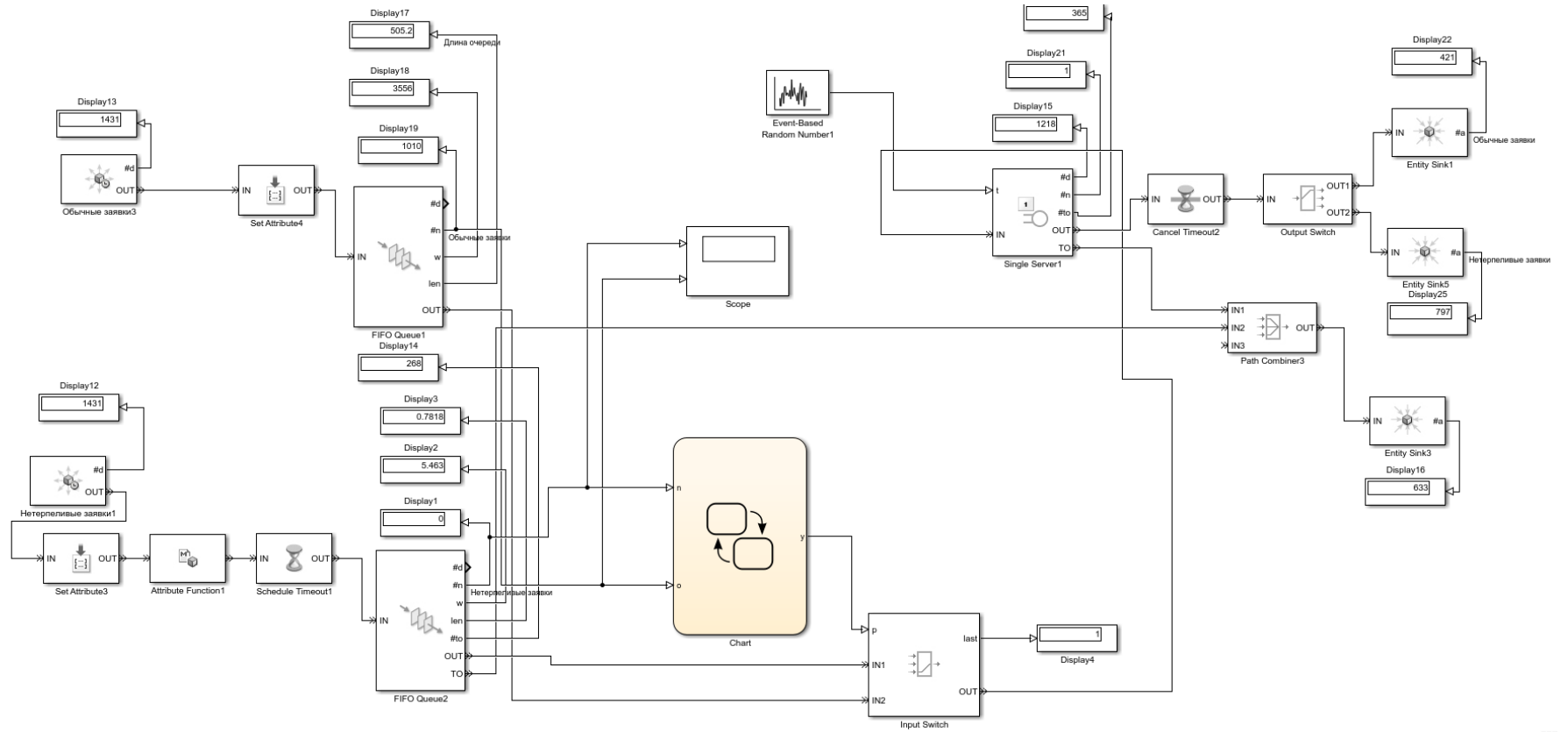


Рисунок Б.2. - Модифицированная модель СМО

Приложение Б (продолжение)

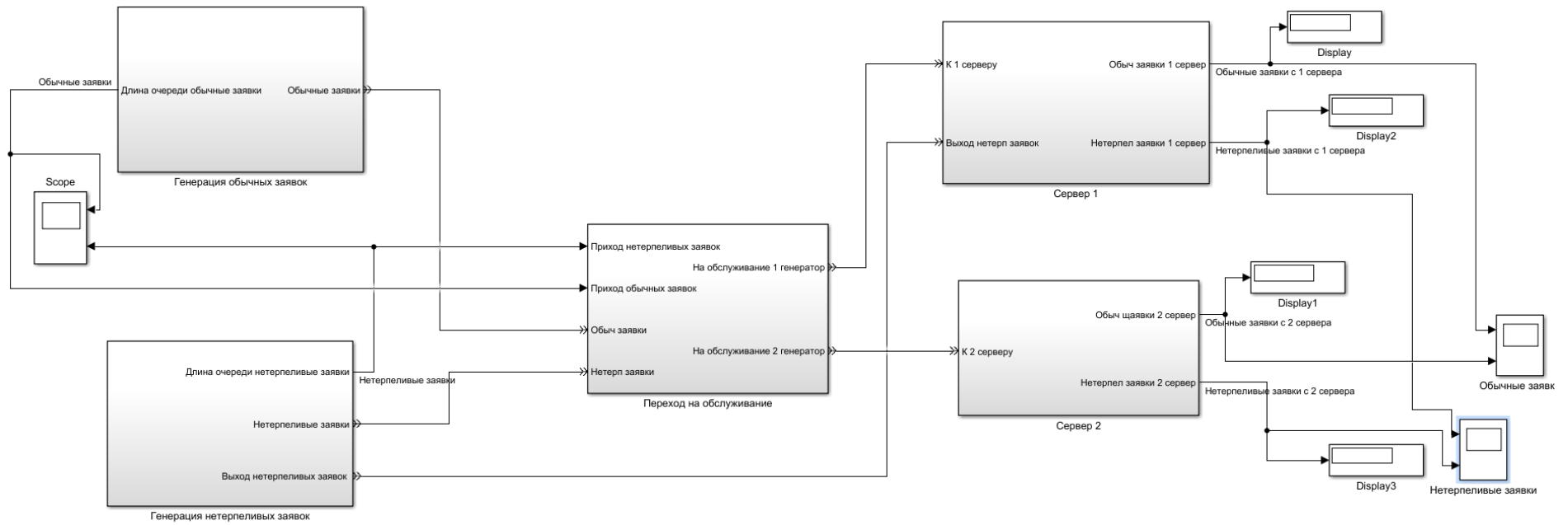


Рисунок Б.3. - Модель СМО G/G/2