



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
ООП/ОПОП Разработка интернет-приложений
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Алгоритмическое и программное обеспечение анализа RQ-системы с ограниченным временем пребывания заявки в системе

УДК 519.872

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ11	Дорошенко Екатерина Андреевна		01.03.2023

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИТ ИШИТР	Титаренко Е.Ю.	-		01.03.2023

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОСГН ШБИП	Былкова Т. В	к.э.н., доцент		01.03.2023

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Ю. М	д.т.н., профессор		01.03.2023

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОИТ ИШИТР	Кочегурова Е. А	к.т.н., доцент		01.06.2023

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
по направлению 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
ОПК(У)-4	Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований
ОПК(У)-5	Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования
ОПК(У)-7	Способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий
ОПК(У)-8	Способен осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать и администрировать системы управления базами данных
ПК(У)-2	Способен проектировать сложные пользовательские интерфейсы
ПК(У)-3	Способен управлять процессами и проектами по созданию (модификации) информационных ресурсов
ПК(У)-4	Способен осуществлять руководство разработкой комплексных проектов на всех стадиях и этапах выполнения работ
ПК(У)-5	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Кочегурова Е.А.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8ВМ11	Дорошенко Екатерина Андреевна

Тема работы:

Алгоритмическое и программное обеспечение анализа RQ-системы с ограниченным временем пребывания заявки в системе	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 96-61/с от 06.04.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является RQ-система с ограниченным временем пребывания заявки в системе
---------------------------------	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследование предметной области; 2. Построение математической модели RQ-системы $M^n M 1$ с обратной связью и нетерпеливыми заявками; 3. Построение аппроксимаций для распределения вероятностей числа заявок на орбите в RQ-системе $M^n M 1$ с обратной связью и нетерпеливыми заявками методом асимптотического анализа в предельном условии долгой терпеливости заявок; 4. Реализация имитационной модели исследуемой RQ-системы; 5. Разработка панели мониторинга Dashboard для графического представления результатов моделирования; 6. Тестирование и анализ результатов; 7. Раздел ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; 8. Раздел ВКР «Социальная ответственность»; 9. Раздел ВКР на английском языке.
<p>Перечень графического материала</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН, к.э.н., Былкова Т.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Профессор ООД ШБИП, д.т.н., Федорчук Ю.М.</p>
<p>Английский язык</p>	<p>Доцент ОИЯ ШБИП, к.фил.н., Степура С.Н.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</p>	
<p>Математическая модель рассматриваемой RQ-системы (Mathematical Model of the Considered RQ-System)</p> <p>Имитационное моделирование (Simulation modeling)</p> <p>Разработка Dashboard (Dashboard development)</p>	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.03.2023</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИТ ИШИТР	Титаренко Е.Ю.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ11	Дорошенко Екатерина Андреевна		



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Уровень образования Магистратура
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2022 /2023 учебного года)

Форма представления работы:

ВКР магистра

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

Обучающегося:

Группа	ФИО
8ВМ11	Дорошенко Екатерины Андреевны

Тема работы:

Алгоритмическое и программное обеспечение анализа RQ-системы с ограниченным временем пребывания заявки в системе

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.06.2022	Основная часть	70
08.06.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
08.06.2022	Социальная ответственность	10
08.06.2022	Приложение на английском языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИТ ИШИТР	Титаренко Е.Ю.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Кочегурова Е.А.	к.т.н., доцент		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ11	Дорошенко Екатерина Андреевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 89 страницах, содержит 22 рисунков, 17 таблиц, 31 источник, 2 приложения.

Ключевые слова: RQ-система, имитационная модель, нетерпеливые заявки, асимптотический анализ, Dashboard.

Объектом исследования является RQ система массового обслуживания с модулированным пуассоновским входящим потоком, обратной связью и ограниченным временем пребывания заявки в системе.

Цель работы –: анализ состояния RQ-системы с ограниченным временем пребывания заявки в системе.

В работе исследуется система массового обслуживания с модулированным пуассоновским входящим потоком, обратной связью и ограниченным временем пребывания заявки в системе. Данная работа позволит оптимизировать работу телекоммуникационных процессов и систем управления заявками.

Сокращения и определения

В данной исследовательской работе применяются следующие термины и сокращения:

Система массового обслуживания (СМО) – формализованная математическая модель, которая служит для описания работы конкретной или планируемой системы.

RQ система (Retrial Queueing System) – это математическая модель, представляющая собой тип системы массового обслуживания, позволяющей повторные обращения заявок к обслуживающему прибору.

Dashboard – это интерактивный информационный инструмент, представляющий собой визуальную панель управления, на которой отображается совокупность ключевых показателей и информации в удобной и наглядной форме.

Оглавление

Сокращения и определения.....	9
Введение.....	12
Глава 1. Математическая модель рассматриваемой RQ-системы	15
Глава 2. Асимптотический метод исследования.....	18
2.1 Асимптотика первого порядка.....	18
2.2 Асимптотика второго порядка.....	19
Глава 3. Имитационное моделирование	23
3.1 Разработка алгоритма и программы.....	23
3.2 Результат работы алгоритма	25
Глава 4. Разработка Dashboard.....	26
4.1 Функциональность веб-приложения.....	26
4.2 Проектирование пользовательского интерфейса dashboard.....	26
4.3 Архитектура.....	28
4.4 Используемые технологии	29
4.4 База данных.....	30
4.5 Программная реализация	31
Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	34
5.1 Предпроектный анализ	34
5.2 Инициация проекта	40
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	41
5.3.1 План проекта.....	41
5.3.2 Бюджет научного исследования	44
5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования	46
Глава 6. Социальная ответственность.....	50
6.1 Производственная безопасность.....	50
6.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении	50
6.1.2 Превышение уровней шума.....	52
6.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	53
6.1.4 Поражение электрическим током.....	54
6.1.5 Освещенность	56
6.1.6 Пожарная опасность.....	60

6.2 Экологическая безопасность	62
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
Заключение	65
Заключение	66
Список публикаций.....	67
Список использованных источников	68
Приложение А	71
Приложение Б	86

Введение

Исследование и анализ систем массового обслуживания являются актуальными задачами в области операционного исследования и управления процессами обслуживания. Одним из важных направлений в этой области является изучение RQ-систем (систем с ограниченным временем пребывания заявки в системе), которые позволяют моделировать процессы обслуживания с учетом ограничений на время нахождения заявок в системе.

Разнообразные модели из области теории массового обслуживания широко применяются в качестве математических моделей для экономических, технических и реальных информационных систем. Например, финансовые системы и процессы страхования могут быть представлены как системы массового обслуживания с неограниченным числом устройств обслуживания, производственные системы могут быть моделированы как одно- или многопоточные системы массового обслуживания с очередью, а телекоммуникационные системы - как системы с повторными вызовами или RQ-системы [3].

В повседневной жизни мы часто сталкиваемся с ситуациями, когда заявки повторно обращаются к обслуживающему устройству. Это именно те ситуации, которые описываются RQ-системами. RQ-системы активно применяются для анализа и исследования процессов в телекоммуникационных и компьютерных системах, а также для разработки мобильных сотовых радиосетей и других смежных областей [1].

Имитационное моделирование является широко распространенным методом моделирования, который осуществляется с использованием разнообразных математических инструментов, специальных имитационных программ и программирования [2]. Оно представляет собой разновидность аналогового моделирования, позволяющую создавать виртуальные модели реальных систем и процессов.

Имитационное моделирование используется для анализа и исследования различных сценариев, проверки гипотез, прогнозирования результатов и оптимизации функционирования систем. Путем создания компьютерной модели, которая учитывает основные аспекты реальной системы и ее взаимодействия с окружающей средой, и проведения имитационных экспериментов, исследователи получают возможность анализировать поведение системы в различных условиях и принимать обоснованные решения [4].

Активное исследование систем с повторными вызовами привело к значительному объему современных исследований в этой области. В статье [5] представлено исследование марковской модели RQ-системы с вызываемыми заявками, где разработан рекуррентный алгоритм для определения распределения вероятностей количества заявок в источнике повторных вызовов.

Кроме того, в работах [6, 7] предложены марковские модели полилинейных RQ-систем с вызываемыми заявками, и для их исследования используются методы линейной алгебры. Эти модели позволяют более подробно исследовать динамику системы и рассмотреть различные аспекты работы систем с повторными вызовами.

Использование марковских моделей и методов линейной алгебры в анализе систем с повторными вызовами позволяет получить глубокое понимание и оптимизировать их производительность. Такие исследования имеют практическое значение для различных областей, включая телекоммуникации, компьютерные сети, обслуживание клиентов и другие.

Иногда не удается найти параметры системы с помощью аналитических методов, особенно в случаях, когда имеются значительные задержки заявок в системе, например, в орбите. В таких ситуациях для оценки параметров системы используются методы асимптотического анализа, которые позволяют приближенно определить характеристики системы и ее производительность.

В работах [8, 9] предложены и исследованы методы асимптотического анализа для оценки параметров системы с повторными вызовами. Эти методы

позволяют проводить приближенные расчеты и получать информацию о производительности системы в условиях, когда точные аналитические методы могут быть неприменимы.

В данном исследовании анализируется RQ система массового обслуживания с модулированным пуассоновским входящим потоком, обратной связью и ограниченным временем пребывания заявки в системе. Целью работы является анализ состояния RQ-системы с ограниченным временем пребывания заявки в системе.

Глава 1. Математическая модель рассматриваемой RQ-системы

Рассмотрим СМО с одним обслуживающим устройством, изображенную на рисунке 1. На вход данной системы поступает пуассоновский неординарный поток заявок с параметром λ . Появление событий происходит в моменты времени t_1, t_2, t_3, \dots и т.д. в форме «пачек», где в момент времени t_k появляется η_k событий. Предполагается, что количество событий η_k является последовательностью независимых и одинаково распределенных случайных величин с распределением $P\{\eta_k = k\} = q_k$.

Если обслуживающее устройство свободно, то заявка из текущей «пачки» направляется на обслуживание. В противном случае заявка попадает на орбиту. Время обслуживания заявки является случайной величиной, подчиняющейся экспоненциальному закону распределения с параметром μ . После завершения обслуживания заявка может покинуть систему с вероятностью r_0 , повторно поступить на обслуживание с вероятностью r_1 или перейти на орбиту с вероятностью r_2 . Заявки, ожидающие повторного обслуживания, ожидают в течение времени, распределенного по экспоненциальному закону с параметром σ . Заявка покидает систему с орбиты после случайного времени, имеющего экспоненциальное распределение с параметром α .

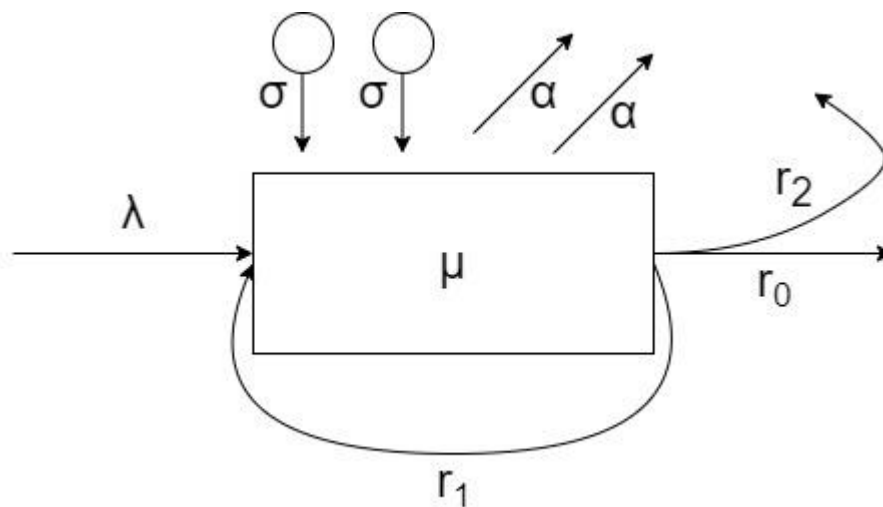


Рисунок 1. Схема системы $M^n | M | 1$

Пусть случайный процесс $i(t)$ есть число заявок на орбите в момент времени t , а $n(t)$ определяет состояние прибора следующим образом:

$$\begin{cases} 0, \text{ свободен;} \\ 1, \text{ занят.} \end{cases}$$

Состояние системы в момент t определяется двумерным процессом $\{i(t), n(t)\}$. Этот процесс является цепью Маркова с непрерывным временем. Требуется найти распределение вероятностей числа заявок на орбите $P_n(i, t) = P\{n(t) = n, i(t) = i\}, n = 0, 1; i = 0, 1, 2, \dots$

Для распределения вероятностей состояний рассматриваемой RQ-системы составим систему дифференциальных уравнений Колмогорова. Для получения системы воспользуемся Δt -методом. Выразим вероятности $P_i(t + \Delta t)$ в момент времени $t + \Delta t$ через вероятности $P_i(t)$ в момент времени t и вероятности переходов в состояние i за бесконечно малый промежуток времени Δt . Получим:

$$\begin{cases} P_0(i, t + \Delta t) = (1 - \lambda\Delta t)P_0(i, t) + (1 - i\sigma\Delta t)P_0(i, t) + r_0\mu\Delta tP_1(i, t) + r_2\mu\Delta tP_1(i - 1, t) + \\ + \alpha(i + 1)\Delta tP_0(i + 1, t), \\ P_1(i, t + \Delta t) = (1 - r_0\mu\Delta t)P_1(i, t) + (1 - r_2\mu\Delta t)P_1(i, t) + (1 - \lambda\Delta t)P_1(i, t) + \\ + \sum_{k=1}^{i+1} (\lambda\Delta tq_k P_0(i - k + 1, t)) + (i + 1)\sigma\Delta tP_0(i + 1, t) + \sum_{k=1}^i (\lambda\Delta tq_k P_1(i - k, t)) + \\ + \alpha(i + 1)\Delta tP_1(i + 1, t); \end{cases}$$

Затем от полученных равенств переходим к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$. Для нашей СМО система уравнений будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{\partial P_0(i, t)}{\partial t} = -(\lambda + i\sigma)P_0(i, t) + r_0\mu P_1(i, t) + r_2\mu P_1(i - 1, t) + \alpha(i + 1)P_0(i + 1, t); \\ \frac{\partial P_1(i, t)}{\partial t} = -(r_0\mu + \mu r_2 + \lambda)P_1(i, t) + \sum_{k=1}^{i+1} (\lambda q_k P_0(i - k + 1, t)) + (i + 1)\sigma P_0(i + 1, t) + \\ + \sum_{k=1}^i (\lambda q_k P_1(i - k, t)) + \alpha(i + 1)P_1(i + 1, t). \end{cases}$$

Запишем систему уравнений для стационарного режима:

$$\begin{cases} -(\lambda + i\sigma)P_0(i) + r_0\mu P_1(i) + r_2\mu P_1(i-1) + \alpha(i+1)P_0(i+1) = 0, \\ -(r_0\mu + r_2\mu + \lambda)P_1(i) + \sum_{k=1}^{i+1} (\lambda q_k P_0(i-k+1)) + (i+1)\sigma P_0(i+1) + \sum_{k=1}^i (\lambda q_k P_1(i-k)) + \\ + \alpha(i+1)P_1(i+1) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Перейдем к частичным характеристическим функциям $H_k(u) = \sum_{i=0}^{\infty} e^{ju i} P_k(i)$,

где i – число заявок в системе, j – мнимая единица, $h(u) = \sum_{k=1}^{\infty} e^{ku j} q_k$ –

характеристическая функция для случайного числа заявок. Перепишем систему (1) в виде:

$$\begin{cases} j(\sigma + \alpha(1 - e^{-ju})) \frac{dH_0(u)}{du} - \lambda H_0(u) + (r_0\mu + r_2\mu e^{ju}) H_1(u) = 0, \\ -j\sigma e^{-ju} \frac{dH_0(u)}{du} + j(\alpha(1 - e^{-ju})) \frac{dH_1(u)}{du} + \lambda e^{-ju} h(u) H_0(u) + \\ + (\lambda(h(u) - 1) - r_0\mu - r_2\mu) H_1(u) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Просуммировав уравнения системы (2), получим:

$$\begin{aligned} j(\sigma + \alpha)(1 - e^{-ju}) H_0'(u) + j\alpha(1 - e^{-ju}) H_1'(u) + \lambda(e^{-ju} h(u) - 1) H_0(u) + \\ + (\mu r_2 e^{ju} - \mu r_2 + \lambda h(u) - \lambda) H_1(u) = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Полученные систему и уравнение будем решать методом асимптотического анализа в условии долгой терпеливости заявок (при $\alpha \rightarrow 0$).

Глава 2. Асимптотический метод исследования

2.1 Асимптотика первого порядка

Введем обозначения $\alpha = \varepsilon, u = \varepsilon w, H_0(u) = \varepsilon F_0(\varepsilon, w), H_1(u) = F_1(\varepsilon, w)$, где $\varepsilon \rightarrow 0$ – бесконечно малая величина. Тогда система (2) и уравнение (3) примут вид:

$$\begin{cases} j(\sigma + \varepsilon - \varepsilon e^{-jw\varepsilon}) \frac{dF_0(w, \varepsilon)}{dw} + \lambda \varepsilon F_0(w, \varepsilon) + (\mu r_0 + \mu r_2 e^{jw\varepsilon}) F_1(w, \varepsilon) = 0, \\ -j\sigma e^{-jw\varepsilon} \frac{dF_0(w, \varepsilon)}{dw} + j(1 - e^{-jw\varepsilon}) \frac{dF_1(w, \varepsilon)}{dw} + \lambda \varepsilon e^{-jw\varepsilon} f(w, \varepsilon) F_0(w, \varepsilon) + \\ + (\lambda f(w, \varepsilon) - \lambda - \mu r_0 - \mu r_2) F_1(w, \varepsilon) = 0; \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & j(\sigma + \varepsilon(1 - e^{-jw\varepsilon}) - \sigma e^{-jw\varepsilon}) \frac{dF_0(w, \varepsilon)}{dw} + \\ & + j(1 - e^{-jw\varepsilon}) \frac{dF_1(w, \varepsilon)}{dw} + \lambda \varepsilon (e^{-jw\varepsilon} \cdot f(w, \varepsilon) - 1) F_0(w, \varepsilon) + \\ & (\mu r_2 (e^{jw\varepsilon} - 1) + \lambda (f(w, \varepsilon) - 1)) F_1(w, \varepsilon) = 0. \end{aligned}$$

При $\varepsilon \rightarrow 0$ уравнения системы (4) перейдут в одинаковые уравнения. Получим:

$$\begin{cases} j\sigma \frac{\partial F_0(w)}{\partial w} + (\mu r_0 + \mu r_2) F_1(w) = 0, \\ j\sigma \frac{\partial F_0(w)}{\partial w} + j \frac{\partial F_1(w)}{\partial w} + (\mu r_2 + \lambda \bar{v}) F_1(w) = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $\bar{v}_1 = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot q_k$ – первый начальный момент (среднее число заявок в пачке).

Отняв от второго уравнения системы (5) первое, получим:

$$(\mu r_0 - \lambda \bar{v}) F_1(w) - j \frac{\partial F_1}{\partial w} = 0. \quad (6)$$

Введем замену $F_k(w) = R_k \cdot e^{jwk_1}$, $k = \bar{0}, 1$ при условии $R_0 + R_1 = 1$. Решая дифференциальное уравнение (6), получим:

$$F_1(w) = e^{-jw(\mu r_0 - \lambda \bar{v})} \cdot R_1.$$

Допредельная характеристическая функция равна:

$$H(u) = H_0(u) + H_1(u) = F_1\left(\frac{u}{\varepsilon}\right) + O(\varepsilon).$$

Асимптотикой первого порядка будем называть функцию:

$$h^{(1)}(u) = F_1\left(\frac{u}{\varepsilon}\right).$$

2.2 Асимптотика второго порядка

Найдем асимптотику второго порядка, для этого в систему (2) и уравнение

(3) подставим характеристическую функцию вида $H_k(u) = H_k^{(2)}(u) \exp\left\{ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right\}$.

Получим следующую систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} j(\sigma + \alpha(1 - e^{-ju})) \left(\left(\exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) \right) \frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) H_0^{(2)}(u) \right) - \\ - \lambda H_0^{(2)}(u) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) + (r_0\mu + r_2\mu e^{ju}) H_1^{(2)}(u) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) = 0, \\ - j\sigma e^{-ju} \left(\left(\exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) \right) \frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) H_0^{(2)}(u) \right) + \\ + j\alpha(1 - e^{-ju}) \left(\left(\exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) \right) \frac{\partial H_1^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) H_1^{(2)}(u) \right) + \\ + \lambda e^{-ju} h(u) H_0^{(2)}(u) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) + (\lambda h(u) - \lambda - r_0\mu - r_2\mu) H_1^{(2)}(u) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) = 0. \end{array} \right.$$

Сумма:

$$\begin{aligned} & j(1 - e^{-ju})(\alpha + \sigma) \left(\left(\exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) \right) \frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) H_0^{(2)}(u) \right) + \\ & + j\alpha(1 - e^{-ju}) \left(\left(\exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) \right) \frac{\partial H_1^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) H_1^{(2)}(u) \right) + \\ & + \lambda(e^{-ju} h(u) - 1) H_0^{(2)}(u) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) + (r_2\mu(e^{ju} - 1) + \lambda(h(u) - 1)) H_1^{(2)}(u) \exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right) = 0. \end{aligned}$$

Сократим на $\exp\left(ju \frac{\lambda - \mu}{\alpha}\right)$:

$$\left\{ \begin{aligned} & j(\sigma + \alpha(1 - e^{-ju})) \left(\frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) H_0^{(2)}(u) \right) - \lambda H_0^{(2)}(u) + (r_0\mu + r_2\mu e^{ju}) H_1^{(2)}(u) = 0, \\ & -j\sigma e^{-ju} \left(\frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) H_0^{(2)}(u) \right) + j\alpha(1 - e^{-ju}) \left(\frac{\partial H_1^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) H_1^{(2)}(u) \right) + \\ & + \lambda e^{-ju} h(u) H_0^{(2)}(u) + (\lambda h(u) - \lambda - r_0\mu - r_2\mu) H_1^{(2)}(u) = 0. \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} & j(1 - e^{-ju})(\alpha + \sigma) \left(\frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) H_0^{(2)}(u) \right) + \\ & + j\alpha(1 - e^{-ju}) \left(\frac{\partial H_1^{(2)}(u)}{\partial u} + j \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) H_1^{(2)}(u) \right) + \\ & + \lambda(e^{-ju} h(u) - 1) H_0^{(2)}(u) + (r_2\mu(e^{ju} - 1) + \lambda(h(u) - 1)) H_1^{(2)}(u) = 0. \end{aligned}$$

Преобразуем:

$$\left\{ \begin{aligned} & j(\sigma + \alpha(1 - e^{-ju})) \frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} - \left(\lambda + \sigma \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) + (\lambda - \mu)(1 - e^{-ju}) \right) H_0^{(2)}(u) + \\ & + (r_0\mu + r_2\mu e^{ju}) H_1^{(2)}(u) = 0, \\ & -j\sigma e^{-ju} \left(\frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} \right) + j\alpha(1 - e^{-ju}) \left(\frac{\partial H_1^{(2)}(u)}{\partial u} \right) + \\ & + \left(\lambda e^{-ju} h(u) + \sigma e^{-ju} \left(\frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) \right) H_0^{(2)}(u) + \\ & + (\lambda h(u) - \lambda - r_0\mu - r_2\mu - (1 - e^{-ju})(\lambda - \mu)) H_1^{(2)}(u) = 0. \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} & j(1 - e^{-ju})(\alpha + \sigma) \left(\frac{\partial H_0^{(2)}(u)}{\partial u} \right) + j\alpha(1 - e^{-ju}) \left(\frac{\partial H_1^{(2)}(u)}{\partial u} \right) + \\ & + \lambda \left(e^{-ju} h(u) - 1 - (1 - e^{-ju}) \left(\lambda - \mu + \sigma \frac{\lambda - \mu}{\alpha} \right) \right) H_0^{(2)}(u) + \\ & + (r_2\mu(e^{ju} - 1) + \lambda(h(u) - 1) - (1 - e^{-ju})(\lambda - \mu)) H_1^{(2)}(u) = 0. \end{aligned}$$

Введем замену

$$\alpha = \varepsilon^2, u = w\varepsilon, H_0^{(2)}(u) = \varepsilon^2 F_0^{(2)}(w, \varepsilon), H_1^{(2)}(u) = F_1^{(2)}(w, \varepsilon), \frac{\partial H_0^{(2)}}{\partial u} = \varepsilon \frac{\partial F_0^{(2)}(w, \varepsilon)}{\partial w},$$

$$\frac{\partial H_1^{(2)}}{\partial u} = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial F_1^{(2)}(w, \varepsilon)}{\partial w}.$$

Получим следующие уравнения:

$$\left\{ \begin{aligned} & \left(\varepsilon j \sigma + \varepsilon^3 j (1 - e^{-jw\varepsilon}) \right) \frac{\partial F_0^{(2)}(w, \varepsilon)}{\partial w} - \\ & - \left(\varepsilon^2 (1 - e^{-jw\varepsilon}) (\lambda \bar{v} - \mu r_0) F_0^{(2)}(w, \varepsilon) + \sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) + \varepsilon^2 \lambda \right) F_0^{(2)}(w, \varepsilon) + \\ & + \left(\mu r_0 + \mu r_2 e^{jw\varepsilon} \right) F_1^{(2)}(w, \varepsilon) = 0; \\ & - \varepsilon j \sigma e^{-jw\varepsilon} \frac{\partial F_0^{(2)}(w, \varepsilon)}{\partial w} + \varepsilon j (1 - e^{-jw\varepsilon}) \frac{\partial F_1^{(2)}(w, \varepsilon)}{\partial w} + \\ & + \left(\sigma e^{-jw\varepsilon} (\lambda \bar{v} - \mu r_0) + \varepsilon^2 \lambda e^{-jw\varepsilon} h(w\varepsilon) \right) F_0^{(2)}(w, \varepsilon) + \\ & + \left(\lambda h(w\varepsilon) - \lambda - \mu r_0 - \mu r_2 - (1 - e^{-jw\varepsilon}) (\lambda \bar{v} - \mu r_0) \right) F_1^{(2)}(w, \varepsilon) = 0; \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} & \left(\varepsilon j \sigma (1 - e^{-jw\varepsilon}) + \varepsilon^3 j (1 - e^{-jw\varepsilon}) \right) \frac{\partial F_0^{(2)}(w, \varepsilon)}{\partial w} + \varepsilon j (1 - e^{-jw\varepsilon}) \frac{\partial F_1^{(2)}(w, \varepsilon)}{\partial w} + \\ & + \left(\varepsilon^2 \lambda (e^{-jw\varepsilon} h(w\varepsilon) - 1) - \sigma (1 - e^{-jw\varepsilon}) (\lambda \bar{v} - \mu r_0) - \varepsilon^2 (1 - e^{-jw\varepsilon}) (\lambda \bar{v} - \mu r_0) \right) F_0^{(2)}(w, \varepsilon) + \\ & + \left(\mu r_2 e^{jw\varepsilon} - \mu r_2 + \lambda h(w\varepsilon) - \lambda - (1 - e^{-jw\varepsilon}) (\lambda \bar{v} - \mu r_0) \right) F_1^{(2)}(w, \varepsilon) = 0. \end{aligned} \tag{7}$$

Решение $F_n^{(2)}(w, \varepsilon)$ запишем в виде разложения

$$F_n^{(2)}(w, \varepsilon) = F_n^{(2)}(w) + jw\varepsilon f_n + O(\varepsilon^2) \tag{8}$$

Подставляя (8) в (7) и используя разложения для $e^{\pm jw\varepsilon}$ и $h(\varepsilon w) = 1 + j\varepsilon w \bar{v} + O(\varepsilon^2)$, можно записать

$$\begin{aligned} & -\sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) F_0^{(2)}(w) + (\mu r_0 + \mu r_2) F_1^{(2)}(w) + \\ & + j\varepsilon \left[\sigma F_0^{(2)'}(w) - \sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w f_0 + \mu r_2 w F_1^{(2)}(w) + (\mu r_0 + \mu r_2) w f_1 \right] = O(\varepsilon^2) \\ & \sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) F_0^{(2)}(w) - (\mu r_0 + \mu r_2) F_1^{(2)}(w) + j\varepsilon \left[-\sigma F_0^{(2)'}(w) + \sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w f_0 - \right. \\ & - \sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w F_0^{(2)}(w) - (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w F_1^{(2)}(w) + \lambda \bar{v} w F_1^{(2)}(w) - (\mu r_0 + \mu r_2) w f_1 \left. \right] = O(\varepsilon^2) \\ & j\varepsilon \left[-\sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w F_0^{(2)}(w) - (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w F_1^{(2)}(w) + \mu r_2 w F_1^{(2)}(w) + \lambda \bar{v} w F_1^{(2)}(w) \right] + \\ & + w\varepsilon^2 \left[-\sigma F_0^{(2)'}(w) - F_1^{(2)'}(w) - \frac{1}{2} \sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w F_0^{(2)}(w) + \sigma (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w f_0 - \frac{1}{2} (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w F_1^{(2)}(w) + \right. \\ & \left. + (\lambda \bar{v} - \mu r_0) w f_1 - \frac{1}{2} (\mu r_2 + \lambda v_2) w F_1^{(2)}(w) - (\mu r_2 + \lambda \bar{v}) w f_1 \right] = O(\varepsilon^3) \end{aligned}$$

Выполняя несложные преобразования, получим

$$\begin{aligned}
& -\sigma(\lambda\bar{v} - \mu r_0)F_0^{(2)}(w) + (\mu r_0 + \mu r_2)F_1^{(2)}(w) = 0; \\
& \sigma F_0^{(2)'}(w) + \mu r_2 w F_1^{(2)}(w) - \sigma(\lambda\bar{v} - \mu r_0)w f_0 + (\mu r_0 + \mu r_2)w f_1 = 0; \\
& -\sigma F_0^{(2)'}(w) - F_1^{(2)'}(w) - \frac{1}{2}\sigma(\lambda\bar{v} - \mu r_0)w F_0^{(2)}(w) - \frac{1}{2}(\lambda v_2 + \lambda\bar{v} + \mu r_2 - \mu r_0)w F_1^{(2)}(w) + \\
& + \sigma(\lambda\bar{v} - \mu r_0)w f_0 - (\mu r_0 + \mu r_2)w f_1 = 0.
\end{aligned}$$

Сложим второе и третье уравнения и, учитывая первое уравнение, получим уравнение

$$F_1^{(2)'}(w) + \frac{1}{2}(\lambda\bar{v} + \lambda v_2)w F_1^{(2)}(w) = 0,$$

решая которое получим

$$F_1^{(2)}(w) = R \exp\left\{-\frac{1}{2}(\lambda\bar{v} + \lambda v_2)\frac{w^2}{2}\right\}$$

Тогда

$$H_1^{(2)}(u) = F_1^{(2)}\left(\frac{u}{\varepsilon}\right) = \exp\left\{-\frac{1}{2\alpha}\lambda(\bar{v} + v_2)\frac{u^2}{2}\right\}$$

И окончательно асимптотическая характеристическая функция равна

$$H(u) = \exp\left\{j\frac{\lambda\bar{v} - \mu r_0}{\alpha}u - \frac{1}{2\alpha}\lambda(\bar{v} + v_2)\frac{u^2}{2}\right\}$$

Характеристическая функция нормального распределения имеет вид:

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} p(x) dx = \exp(i\alpha t - \sigma^2 t^2 / 2).$$

Таким образом, анализируя систему массового обслуживания с источником повторных вызовов, мы приходим к выводу, что асимптотическая характеристическая функция числа заявок в этом источнике имеет нормальное распределение. Математическое ожидание этого распределения можно определить как $\frac{\lambda\bar{v} - \mu r_0}{\alpha}$, где λ - параметр входящего потока заявок, μ - параметр времени обслуживания, α - параметр времени на орбите. Дисперсия этого распределения равна $\frac{1}{2\alpha}\lambda(\bar{v} + v_2)$. Эти характеристики позволяют оценить

поведение системы и предсказать количество заявок, находящихся в источнике повторных вызовов.

Глава 3. Имитационное моделирование

3.1 Разработка алгоритма и программы

Данный алгоритм предоставляет возможность моделировать поведение системы с различными начальными параметрами и выполнять расчет некоторых характеристик этой системы. Среди основных расчетных характеристик, доступных в программе, следует отметить состояние обслуживающего прибора, зависимость числа заявок на орбите от времени, вероятность наличия определенного количества заявок на орбите в конкретный момент времени, общее количество поступивших в систему заявок и число заявок, покинувших систему без обслуживания. Путем варьирования параметров системы и анализа этих характеристик можно получить информацию о ее эффективности, производительности и общей динамике работы. Код программы-генератора на языке Python представлен в Приложении 1.

При запуске программы происходит генерация четырех временных промежутков: промежуток до прихода новой заявки, промежуток до конца обслуживания, промежуток до спуска заявки с орбиты и промежуток до конца пребывания заявки в системе. Далее происходит проверка на минимальный сгенерированный промежуток.

В случае если минимальным является промежуток до прибытия следующей заявки, к текущему времени прибавляется промежуток до прибытия заявок на обслуживание, случайно генерируется число прибывающих заявок в пачке. Далее проводится проверка состояния обслуживающего прибора. Если прибор свободен, то его занимает прибывшая заявка, фиксируется состояние прибора и время изменения состояния прибора. Если прибор занят, то прибывшая заявка уходит на орбиту, фиксируется состояние орбиты и обслуживающего прибора.

При минимальном промежутке равном промежутку до конца обслуживания заявки к текущему времени прибавляется промежуток до конца

обслуживания, генерируется случайное значение вероятности r . При $r \in [0, r_1)$ заявка покидает систему, прибор становится свободным, при $r \in [r_1, r_1+r_2)$ заявка повторно поступает на обслуживание, состояние прибора не изменяется, при $r \in [r_1+r_2, r_1+r_2+r_3]$ заявка переходит на орбиту, прибор становится свободным, количество заявок на орбите увеличивается на единицу. Фиксируются состояние прибора, время изменения состояния прибора, состояние и время изменения состояния орбиты.

Если минимальный промежуток — это промежуток до спуска заявки с орбиты, то к текущему времени прибавляется промежуток до спуска. В случае, если прибор свободен, он занимается спустившейся заявкой с орбиты, на орбите число заявок уменьшается на единицу. Фиксируются состояние прибора, время изменения состояния прибора, состояние и время изменения состояния орбиты.

В случае, если минимальным является промежуток до конца пребывания заявки в системе, к текущему времени прибавляется промежуток до конца пребывания заявки в системе. Заявка уходит с орбиты, количество заявок на орбите уменьшается на единицу. Фиксируются состояние прибора, время изменения состояния прибора, состояние и время изменения состояния орбиты.

Листинг алгоритма представлен в Приложении Б.

Схема алгоритма работы программы представлена на рисунке 2.

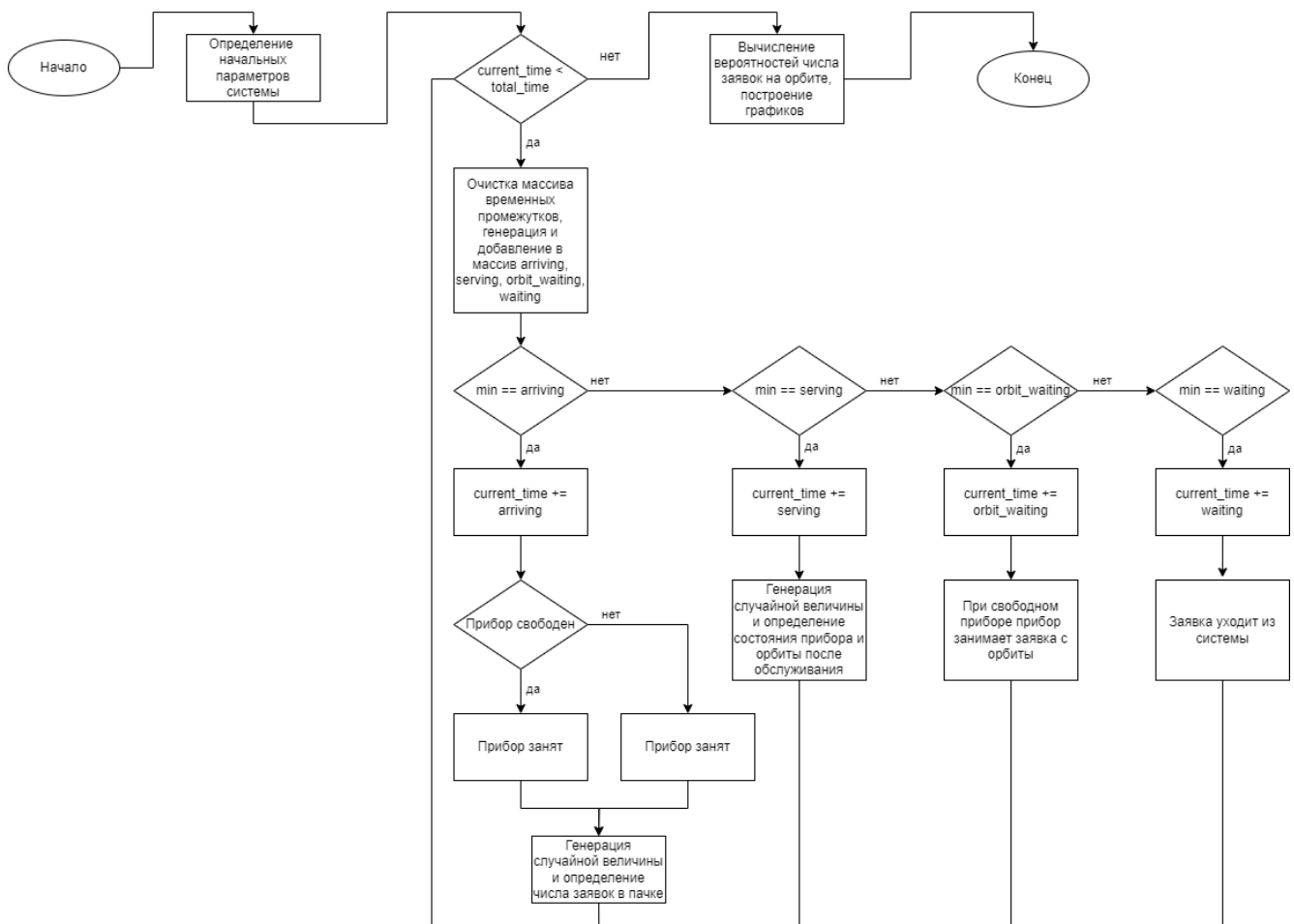


Рисунок 2. Блок схема алгоритма

3.2 Результат работы алгоритма

Используя разработанную модель, мы можем определить вероятность наличия определенного числа i заявок на орбите в конкретный момент времени. Результат работы алгоритма представлен на рисунке 3.

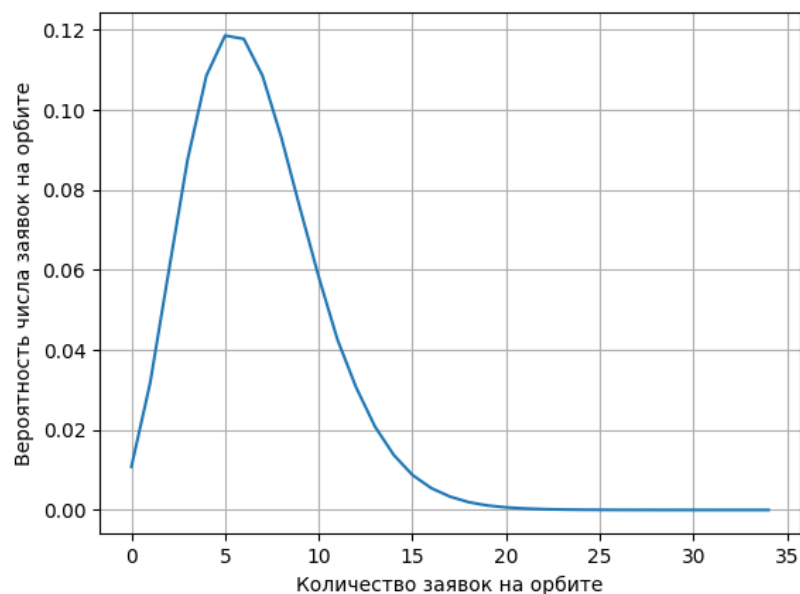


Рисунок 3. Распределение вероятностей числа заявок на орбите

Глава 4. Разработка Dashboard

4.1 Функциональность веб-приложения

Пользователи, работающие с панелью инструментов, имеют доступ к следующим возможностям:

- Просмотр графиков, выводимых в dashboard;
- Просмотр графиков и параметров распределения вероятностей в зависимости от выбранного параметра входящего потока заявок.

Для формализации представления функциональности приложения dashboard была построена UML диаграмма вариантов использования (Рисунок 1).

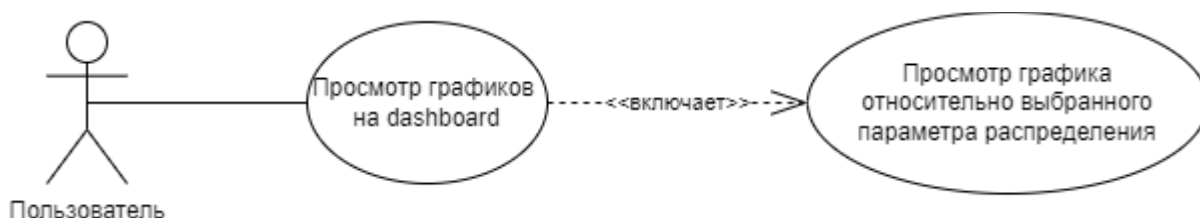


Рисунок 4. Диаграмма вариантов использования.

4.2 Проектирование пользовательского интерфейса dashboard

Проектирование интерфейса является ключевым этапом разработки dashboard. Его цель - предоставить пользователям удобное представление данных, которое обеспечит необходимую информацию для изучения системы массового обслуживания.

Пользовательский интерфейс объединяет разнообразные методы взаимодействия между человеком и компьютерной системой. Он включает в себя физические средства взаимодействия, такие как клавиатура и мышь, а также графические интерфейсы, работающие на экране компьютера или мобильного устройства. Основная задача хорошо разработанного пользовательского интерфейса - обеспечить удобство и оперативность использования системы.

В процессе разработки интерфейса dashboard, были применены основные правила проектирования и принципы визуализации dashboard:

- Гармоничное взаимодействие компонентов: все различные элементы, такие как графики, диаграммы и цифры, должны гармонично сочетаться в

единую композицию, где каждый элемент дополняет общую картину, не привлекая слишком много внимания на себя.

- **Согласованность дизайна:** весь дизайн панели должен быть единообразным и согласованным, включая цветовую гамму, шрифты, стили и композицию элементов, чтобы создать единое и целостное визуальное впечатление.
- **Ясность и простота:** интерфейс должен быть понятным и простым в использовании, чтобы пользователи могли легко интерпретировать данные и взаимодействовать с элементами панели без необходимости дополнительного обучения или сложных инструкций.
- **Удобство восприятия информации:** данные на панели должны быть представлены таким образом, чтобы пользователи могли быстро и легко воспринять информацию, например, с помощью четких графиков, наглядных диаграмм и лаконичных числовых значений.
- **Фокус на основных показателях:** важные и ключевые метрики и показатели должны быть выделены и привлекать основное внимание пользователей, чтобы они могли быстро определить суть данных и сделать соответствующие выводы.
- **Адаптивность и отзывчивость:** интерфейс должен быть адаптивным к различным экранам и устройствам, а также отзывчивым на действия пользователей, чтобы обеспечить плавное и эффективное взаимодействие.

Ниже представлен спроектированный пользовательский интерфейс dashboard.

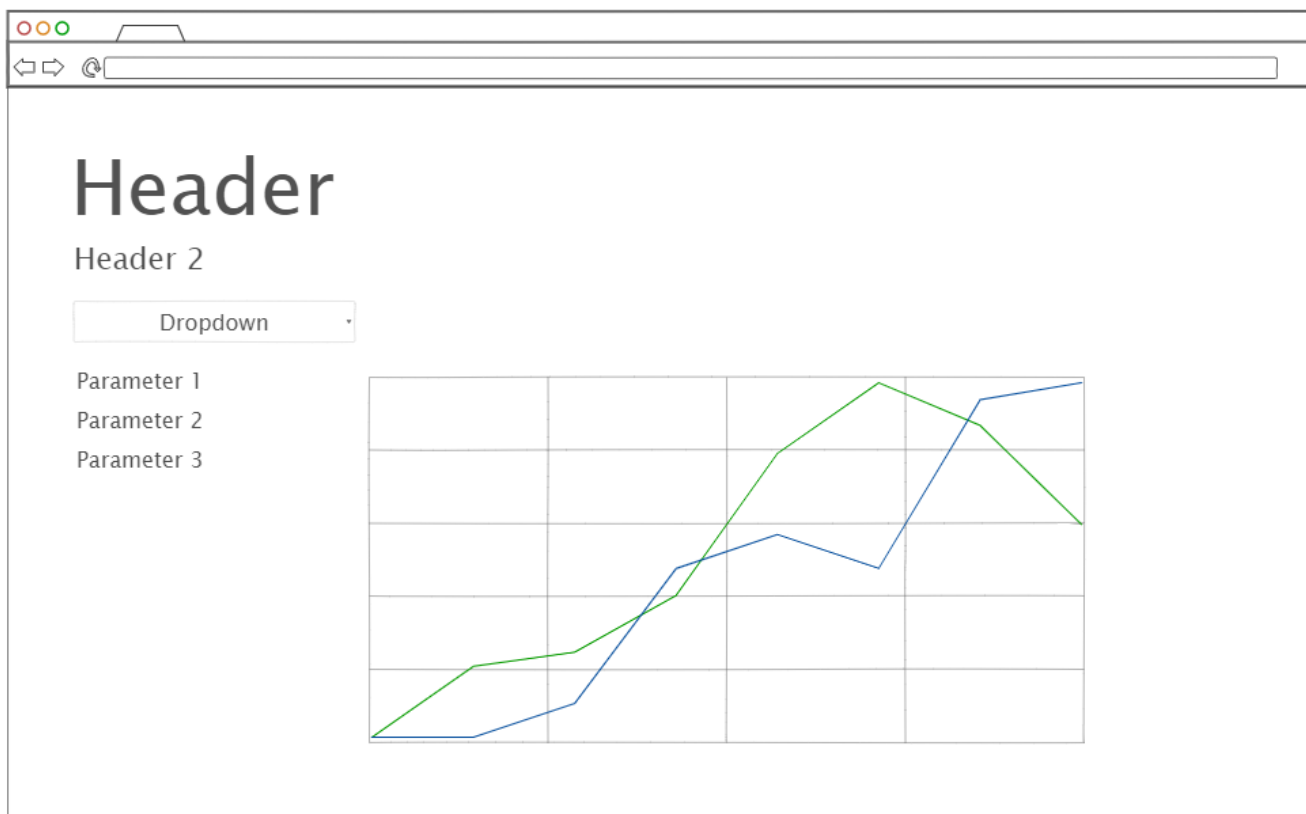


Рисунок 5. Макет пользовательского интерфейса Dashboard

Благодаря разработке оригинального макета пользовательского интерфейса, возможно создание dashboard, который полностью соответствует всем функциональным требованиям и обеспечивает высококачественное взаимодействие между пользователем и приложением.

4.3 Архитектура

Архитектура данной системы основана на трехуровневой клиент-серверной модели, известной также как архитектура с "тонким клиентом". В рамках этой архитектуры, клиент-серверное взаимодействие организовано таким образом, что "тонкий" клиент не нагружен функциями обработки данных, а выполняет свою основную функцию в представлении информации, полученной с веб-сервера. В свою очередь, веб-сервер отвечает за обработку бизнес-логики приложения. Разделение клиентской части и бизнес-логики позволяет эффективно использовать ресурсы клиента, упростить обновление клиентской части и снизить требования к аппаратному обеспечению. Этот подход также способствует повышению безопасности, масштабируемости и гибкости системы.

В данной архитектуре система состоит из следующих компонентов: сервера приложений, базы данных и клиента (dashboard). Сетевое взаимодействие между серверной и клиентской частями dashboard осуществляется посредством протокола HTTP через Интернет. Схема архитектуры изображена на рисунке 3.

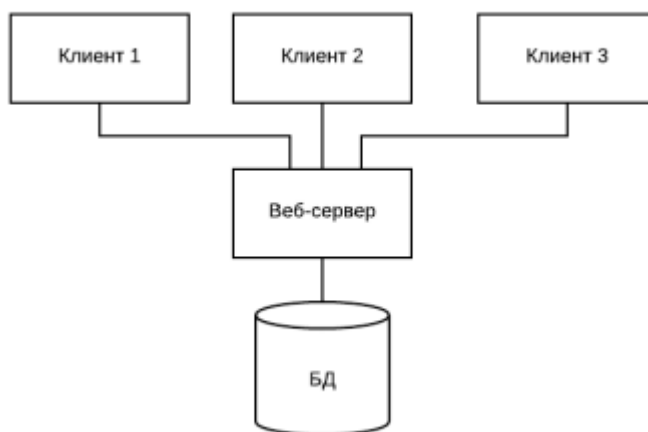


Рисунок 6. Схема архитектуры

База данных является основным хранилищем данных, необходимых для функционирования системы. Веб-сервер выполняет роль посредника между базой данных и клиентской частью, обеспечивая такие функции, как авторизация пользователей, отображение данных и настройка dashboard. Механизм dashboard реализован в виде интерактивной веб-страницы, которая обеспечивает визуальное представление графиков и других элементов информации.

4.4 Используемые технологии

В процессе разработки было принято решение использовать кроссплатформенную интегрированную среду разработки (IDE) PyCharm в качестве основной среды разработки. PyCharm является мощным инструментом для программирования на языке Python и обладает широкими возможностями. Особенно ценной является его бесплатная community лицензия, которая позволяет разрабатывать веб-приложения на языке Python.

В ходе разработки был выбран язык программирования Python, а конкретно фреймворк Dash, который специализируется на создании реактивных аналитических веб-приложений. Код приложения Dash основан на

декларативном подходе, что облегчает создание сложных приложений с большим количеством интерактивных элементов.

Dash основан на трех ключевых технологиях:

- Flask, который предоставляет функциональность веб-сервера.
- React, который отвечает за отображение пользовательского интерфейса.
- Plotly.js, который генерирует диаграммы.

Dash-приложения являются веб-серверами, работающими на основе Flask и обрабатывающими JSON-пакеты в HTTP-запросах. Внешний интерфейс Dash отображает компоненты с использованием React.js.

4.4 База данных

Проектирование базы данных является первым этапом проектирования серверной части. Для создания базы данных с названием "dataset" был выбран MySQL, популярная система управления базами данных. Для визуального проектирования баз данных был использован бесплатный инструмент MySQL Workbench, который объединяет в себе функции проектирования, моделирования, создания и управления базами данных. Далее в базе данных были созданы необходимые таблицы. Полная физическая схема базы данных представлена на рисунке 4.

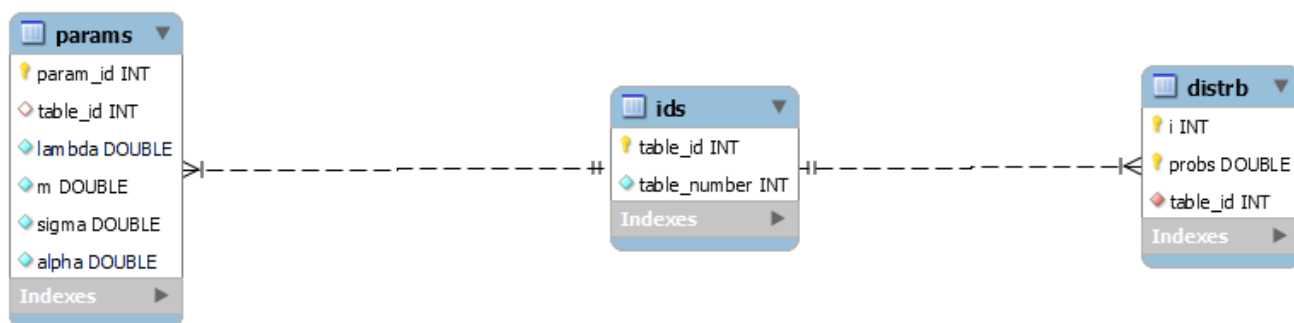


Рисунок 7. Схема БД

Сущность с названием «Ids» играет роль идентификаторов для различных наборов данных, полученных из имитационной модели. Она служит связующим элементом между сущностями «Distrb» и «Params». Сущность «Distrb» определяет значения распределения вероятностей для числа заявок на орбите. А

сущность «Params» отвечает за параметры системы, при которых были рассчитаны указанные вероятности в сущности «Distrb».

4.5 Программная реализация

В результате проектирования были созданы веб-интерфейс и функциональные возможности для удобного использования пользователем веб-приложения dashboard.

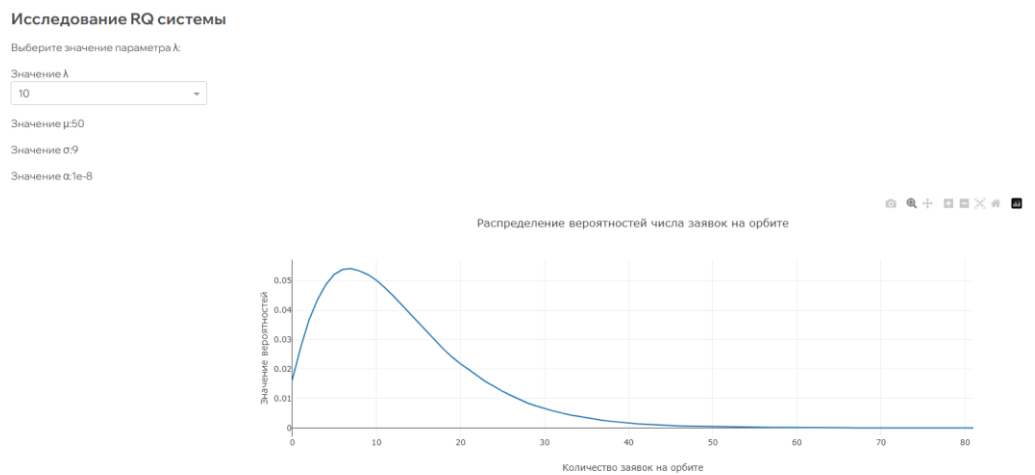


Рисунок 8. Главная страница dashboard

На странице dashboard отображается заголовок, который идентифицирует сам dashboard. Пользователь имеет возможность выбрать параметр входящего потока заявок из выпадающего списка (dropdown). При выборе определенного параметра входящего потока, на странице dashboard динамически обновляются график распределения вероятностей числа заявок на орбите и значения параметров обслуживания, ожидания на орбите и пребывания заявки в системе, соответствующие выбранному параметру.

Для реализации этой функциональности используются две callback-функции, которые обновляют данные на странице динамически. При изменении значения в выпадающем списке, выбранное значение передается в эти функции, которые обрабатывают его и выводят обновленные значения параметров СМО и новый график распределения вероятностей числа заявок на орбите на страницу dashboard.

Исследование RQ системы

Выберите значение параметра λ :

Значение λ

10	▲
10	
4	
1	
20	

Рисунок 9. Выбор параметра входящего потока

Функционал dashboard дополнительно предоставляет возможность масштабирования выбранного фрагмента графика, что позволяет более детально исследовать интересующую область. Эта функция позволяет пользователю увеличить или уменьшить масштаб графика, сфокусировавшись на конкретном участке исследования. Таким образом, пользователь может более точно анализировать данные и получать детальную информацию о выбранной области графика.

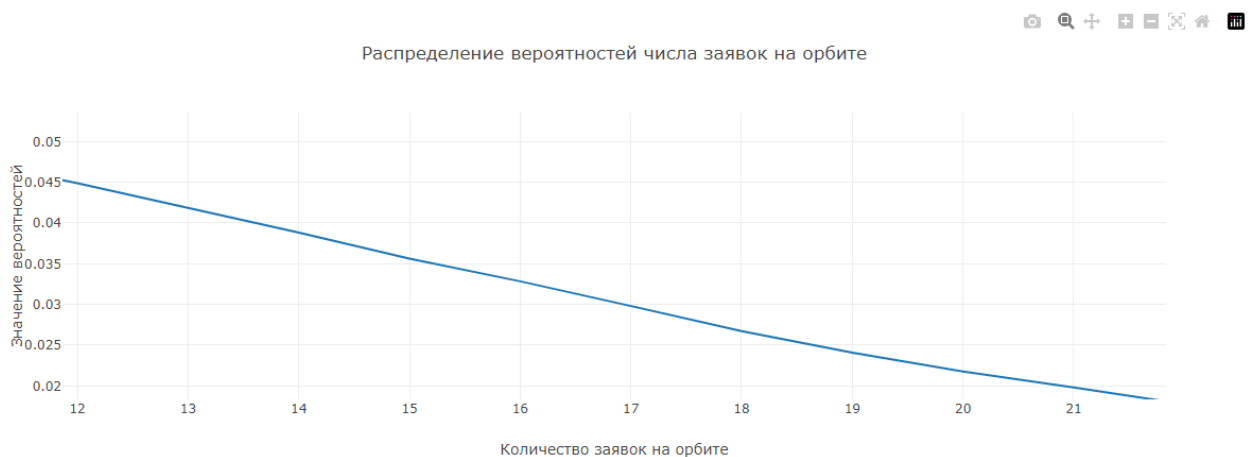


Рисунок 10. Возможность приблизить фрагмент графика

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ11	Дорошенко Екатерина Андреевна

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Среднерыночные цены РФ для определения стоимости материальных ресурсов. Нормативные документы НИ ТПУ, ФЗ «О минимальном размере оплаты труда» для определения оплата труда исполнителей проекта.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф электроэнергии 3,16 руб. кВт/ч., 30% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений в социальные внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Провести предпроектный анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Представить Устав научного проекта магистерской работы
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Разработать план управления НТИ
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Рассчитать сравнительную эффективность исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений 2. Матрица SWOT 3. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации 4. Цель и результаты проекта 5. Рабочая группа проекта 6. Календарный план проекта 7. Диаграмма Ганта 8. Группировка затрат по статьям 9. Специальное ПО и оборудование 10. Расчёт основной заработной платы и отчисления на социальные нужды 11. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта 12. Сравнительная эффективность разработки.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т. В.	канд.экон.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ11	Дорошенко Екатерина Андреевна		

Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Предпроектный анализ

Потенциальные потребители результатов исследования.

Моделирование используется для решения проблем в различных областях, включая бизнес, строительство, машиностроение, информационные и системные технологии, производство, добычу природных ресурсов, военные и научные исследования.

В работе исследуется система массового обслуживания с модулированным пуассоновским входящим потоком, обратной связью и ограниченным временем пребывания заявки в системе. Данная работа позволит оптимизировать работу телекоммуникационных процессов и систем управления заявками.

Разработка и исследование моделей систем массового обслуживания также позволяет применять полученные параметры системы для изучения и анализа алгоритмов решения конкретных задач. Это могут быть задачи, связанные с оптимизацией систем управления, энергосбережением и эффективным использованием ресурсов при проектировании сетей передачи информации.

Поэтому основными потребителями результатов данного исследования могут быть ИТ-компании, компании по разработке программного обеспечения и научно сервисные компании.

По данным исследования, проведенного компанией J'son & Partners Consulting, доля ИТ-услуг в общем объеме российского рынка составляет 20,7 процента. В последние годы наша страна стремительно набирает обороты в этом секторе. Согласно рейтингу Всемирного экономического форума по развитию информационных технологий, Россия поднялась с 80-го места в 2010 году на 41-е место в 2015 году. В этом секторе лидируют Сингапур, Финляндия, Швеция, Нидерланды, Норвегия, Швейцария, США, Великобритания, Люксембург и Япония.

Информационные технологии быстро развиваются, и количество задач, выполняемых компьютерами, мобильными устройствами и электронными системами управления, растет. Поэтому потребность в интеллектуальном,

автоматизированном управлении этими задачами постоянно растет, и эта область имеет большой потенциал развития.

ИТ-отрасль подразделяется на несколько сегментов:

- микроэлектроника;
- разработка и производство компьютеров и другого оборудования;
- разработка и производство программного обеспечения;
- мети и телекоммуникации;
- мобильные технологии и сервисы;
- информационные ресурсы интернета;
- электронный бизнес;
- пиринговые технологии;
- услуги в области информационных технологий;
- аутсорсинг.

Данное исследование имеет отношение к области разработки программного обеспечения, поскольку позволяет изучать и анализировать алгоритмы обслуживания задач.

Поэтому будущим профилем клиентов могут стать ведущие в отрасли ИТ-компании, сегмент: разработка программного обеспечения для мобильных устройств, ПК и автоматизированных систем управления.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Подобный анализ позволяет оценить разработку со стороны ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

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. Для сравнения выбрана модель, находящаяся в свободном доступе на просторах сети «Интернет» (К1). Также в качестве основных конкурентных технических решений были выбраны модель СМО, построенная в среде AnyLogic (К2) и среде Simulink (К3).

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения 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:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Требуется проанализировать позицию данной разработки по сравнению с конкурентами. Сравнение разрабатываемого проекта с конкурентами представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б1	Б2	Б3	К1	К2	К3
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Сложность структуры	0.3	3	4	4	0.9	1.2	1.2
2. Функциональная мощность	0.3	4	5	4	1.2	1.5	1.2
3. Кроссплатформенность	0.1	4	4	3	0.4	0.4	0,3
4. Наличие дополнительных подсистем (условий)	0.15	3	3	2	0.45	0.45	0,3
5. Потребность в ресурсах памяти	0.15	3	2	2	0.45	0.3	0.3
Итого	1	17	18	15	3.4	3.85	3.3

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.

Для выявления достоинств и недостатков продукта с целью улучшения качества следует провести SWOT анализ (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – SWOT анализ

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

У5: Появление радикально новых технологий, исключая применение разработки	актуальной конкурентоспособной	и	Рост сложности проекта неблагоприятно отразится на результатах проекта так как отсутствует большая команда разработчиков
---	--------------------------------	---	--

Важной проблемой проекта является сложность структуры модели, но в то же время эта характеристика может стать причиной значительных улучшений и продвижения в области возможностей. Еще одним часто упоминаемым недостатком проекта является его связь со специализированным программным обеспечением.

Оценка готовности проекта к коммерциализации. Для оценки готовности проекта были определены показатели по вопросам в таблице 5.3. Оценка проводится по пятибалльной шкале. При оценке научного проекта: 1 балл – не проработано, 2 балла – проработка слабая, 3 балла – выполнено, качество посредственное, 4 балла – удовлетворительное качество, 5 баллов – качество подтверждено сторонним специалистом. При оценке знаний разработчика: 1 балл – не знаю, 2 балла – только теоретические знания, 3 балла – теоретические знания с практическими примерами, 4 балла – умею, практикую, 5 баллов – могу консультировать по вопросу.

Таблица 5.3 – Таблица оценки готовности научного проекта к коммерциализации

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

9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10	Разработана стратегия реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12	Проработаны вопросы использования инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15	Проработан механизм реализации научной разработки	4	4
ИТОГО		43	45

Следовательно, уровень готовности научного проекта к коммерциализации является средним. Разработчик обладает незначительно более высоким уровнем знаний, который также можно отнести к вышесреднему уровню. В будущем необходимо обратить внимание на разработку международного сотрудничества и проникновение на зарубежный рынок. Также требуется изучить вопросы использования инфраструктуры поддержки и получения льгот, а также проблемы финансирования коммерциализации научных разработок.

Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.

Время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяют следующие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. Передача ноу-хау, т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау.

3. Инжиниринг как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

4. Франчайзинг, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

5. Организация собственного предприятия.

6. Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

7. Организация совместного предприятия, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.

8. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Для данного научно-технического исследования предпочтительным является метод коммерциализации как передача ноу-хау возможности его использовать другим лицом, так как модель построена на информации, находящейся в открытом доступе.

5.2 Инициация проекта

Устав научного проекта магистерской работы:

1. Цели и результат проекта

Таблица 5.4 – 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
---------------------------------	--

2. Организационная структура проекта. В рабочую группу по разработке библиотеки вошли 2 специалиста: руководитель проекта и исполнитель. Разработка велась поэтапно с разным задействованием ролей команды. Распишем рабочую группу в таблице Таблица 5.5.

Таблица 5.5 – Рабочая группа проекта

ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
Титаренко Екатерина Юрьевна, ТПУ, ст. преподаватель ОИТ	Руководитель проекта(Р)	Координация действий исполнителя, определение порядка работы и помощь в постановке цели из задач	576
Дорошенко Екатерина Андреевна, ТПУ, гр. 8ВМ11	Исполнитель проекта(И)	Реализация проекта, решение поставленных задач	2760
Итого			3336

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 План проекта

Определим ключевые этапы проекта и представим их в виде таблицы.

Таблица 5.6. Распределение занятости научного руководителя и исполнителя по этапам работы

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Постановка целей и задач	Руководитель
	2	Составление и утверждение ТЗ (структура исследования, схемы модели)	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	4	Календарное планирование работ	Руководитель
Теоретические исследования	5	Выбор методов исследования	Руководитель
	6	Проведение исследования	Исполнитель
	7	Разработка вариантов моделирования	Исполнитель
	8	Выбор ПО для расчетов и моделирования	Исполнитель
	9	Реализация имитационной модели	Исполнитель
	10	Оценка адекватности полученной модели	Руководитель

Обобщение и оценка результатов	11	Оценка надежности полученных результатов	Руководитель
Оформление отчёта по НИР	12	Составление пояснительной записки по проекту	Исполнитель

Отообразим план разработки с помощью диаграммы Ганта для лучшего отображения этапов работы и задействованных членов команды. Запишем его в таблицу. Время выполнения каждого этапа работы отобразим в календарных днях.

5.3.2 Бюджет научного исследования

Группировку затрат по статьям представим в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Статьи затрат на НИИ

Статьи					
Варианты исполнения	Сырье и материалы, руб.	Специальное оборудование, руб.	Основная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Итого
1	1691	70000	132978,2	39893,45	244562,7
2	1691	76000	132978,2	39893,45	250562,7

Сырьем и материалами в данном случае являются оплата за электричество и интернет. Тарифный план за свет 3,16 рубля за кВт, по приблизительным усредненным показателям, компьютер потребляет около 800 Вт. Оплата за интернет составляет 350 рублей. Траты на сырье и материалы за год составят 1691 рубль.

Затраты на специальное оборудование для двух вариантов реализации проекта представлены в Таблице 5.9.

Таблица 5.9- Специального оборудования

Вариант исполнения	Наименование	Кол-во, шт.	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Ноутбук MSI	1	60000	70000
	Операционная система Windows	1	0	0
	Среда разработки Pycharm	1	0	0
Итого:				70000
2	ПК	1	60000	60000,00
	Операционная система Windows	1	0	0
	Среда разработки	1	0	16000
Итого:				76000

Статья расходов «Основная заработная плата исполнителей темы» включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя.

Месячный оклад руководителя ТПУ с должностью ассистента составляет 21760 рубля (без учета районного коэффициента, но с учетом премиальных и надбавок), для студента был взят оклад по МРОТ – 16242 рублей.

В таблице 5.10 показаны количества календарных, нерабочих и праздничных дней, дней, пришедшихся на потерю рабочего времени и действительный годовой фонд рабочего времени.

Таблица 5.10 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Количество месяцев работы без отпуска принимается за 10,4 (с учетом длительности отпуска в 48 дней). Тогда, зная месячную заработную плату, можно рассчитать среднедневную заработную плату:

$$Z_{\text{рук}}^{\text{рук}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{243} = 931,29 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{студ}}^{\text{студ}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{16242 \cdot 10,4}{243} = 695,13 \text{ руб.}$$

При расчете основной заработной платы будем учитывать:

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни,

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент.

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 1.13.

Таблица 5.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$K_{\text{р}}$	$T_{\text{р}}$	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Студент	695,13	1,3	115	103921,9
Научный руководитель	931,29	1,3	24	29056,25
Итого				132978,2

Отчисления во внебюджетные фонды в 2023 г., в соответствии с НК РФ рассчитаются по ставке – 30%,

Таблица 5.12 – Расчет страховых отчислений

Исполнители	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{внеб}}$
Студент	0,30	103921,9	8716,874

Научный руководитель	0,30	29056,25	31176,58
Итого			39893,45

5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Таблица 5.13 – Расчёт интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	Φ_{ri}	Φ_{max}	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
1	248871,7	254871,7	0,98
2	254871,7		1

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{ri} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где: I_{ri} – интегральный показатель ресурсоэффективности 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, устанавливается экспертным путём по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности приведён в форме таблицы (таблице 5.14).

Таблица 5.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	2 вариант исполнения	2 вариант исполнения
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:

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a},$$

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

Таблица 5.15 – Расчёт интегрального показателя эффективности

	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$	$I_{\text{р-исп}}$	$I_{\text{исп}}$	$\mathcal{E}_{\text{ср}}$
1 вариант исполнения	0.98	3.9	3,98	1,19
2 вариант исполнения	1	3.35	3.35	

При сравнении значений интегральных показателей эффективности выяснилось, что интегральный показатель первого варианта реализации выше, чем у второго на 19%. Данное сравнение позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8BM11	Дорошенко Екатерина Андреевна

ШКОЛА	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Информатика и вычислительная техника

Тема дипломной работы: «Алгоритмическое и программное обеспечение анализа RQ-системы с ограниченным временем пребывания заявки в системе»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – RQ–система. Область применения – телекоммуникационные системы
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности • Электробезопасность • Пожаробезопасности 	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> • Недостаточная освещенность; • Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; • Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; • Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> • Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника,) и способы их утилизации;
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);

<ul style="list-style-type: none"> разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.23 г.
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		16.04.23 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ11	Дорошенко Е.А.		16.04.23

Глава 6. Социальная ответственность

В рамках данной магистерской диссертации осуществлялось исследование систем массового обслуживания с модулированным пуассоновским входящим потоком, обратной связью и ограниченным временем пребывания заявки в системе, полученные при моделировании СМО. Такие модели теории массового обслуживания часто используются как математические модели экономических, технических и реальных информационных систем.

Для написания магистерской диссертации был задействован персональный компьютер, однако использование данного устройства может привести к негативным последствиям для человека, таким как снижение производительности и проблемы со здоровьем.

В данной главе освещен комплекс мер организационного, правового, технического и режимного характера, которые минимизируют негативные последствия проведения исследования, а также рассматриваются вопросы техники безопасности, охраны окружающей среды и пожарной профилактики, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проведем анализ микроклимата в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяется следующими параметрами: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Данные факторы имеют значительное влияние на здоровье и самочувствие работников.

Таблица 6.1 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.2

Таблица 6.2 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Температура в теплый период года 23-25°С, в холодный период года 19-23°С, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха 0,1 м/с.

Общая площадь рабочего помещения составляет 24 м², объем составляет 84 м³, количество рабочих мест 2. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м² и 20 м³ объема на одного человека. В данном случае на 1 человека приходится 12 м² и 42 м³ объёма. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

Рассмотрим микроклимат в рабочем помещении. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия оконных форточек, а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной недостаток такого типа вентиляции - приточный воздух поступает в помещение без предварительной

очистки и нагревания. Согласно нормам, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м³[28]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется.

Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°С, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно [21]. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [19].

6.1.2 Превышение уровней шума

Шум является одним из наиболее распространенных опасных факторов на рабочем месте. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими люминесцентными лампами и т.д., а также поступает извне. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу, сонливость, сонливость, снижение внимания, памяти и реактивности.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА [22].

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Выделяют следующие средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);

3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Также требуется использование средств индивидуальной защиты, в частности применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушников, берушей, антифонов.

6.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае является монитор ЭВМ. Дисплей компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц [5]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7-791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76).

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма могут возникать сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения (по ГОСТ 54 30013-83 [2]):

а) до 10 мкВт/см², время работы (8 часов);

б) от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;

в) от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;

г) для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

Средства коллективной защиты:

1. защита временем;
2. защита расстоянием;
3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения [21];

4. экранирование источника [18];

5. защита рабочего места от излучения;

Средства индивидуальной защиты:

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

6.1.4 Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования [24].

Аудитория относится к помещению с без повышенной опасностью поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1 \text{ А}$; $U < (2-36) \text{ В}$; $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Всем работникам необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении. Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавший не дышит, или его дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

- обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
- очистить дыхательные пути;
- приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
- в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;

- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют средства индивидуальной и коллективной защиты.

Средства коллективной защиты:

1. защитное заземление, зануление [25];
2. малое напряжение;
3. электрическое разделение сетей;
4. защитное отключение;
5. изоляция токоведущих частей;
6. оградительные устройства.
7. Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

1. Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

6.1.5 Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в аудитории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении, освещенность при системе общего освещения должна быть выше 300 Лк.

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

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в

поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 5,333$ м, ширина $B = 4,5$ м, высота $h = 2,8$ м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк., в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B = 5,333 \times 4,5 = 24 \text{ м}^2,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_n = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3 = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 2600$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ШОД-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1228 мм, ширина – 284 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_c,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса;

h_c – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ШОД: $h_n = 2,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 2,8 - 1 - 0,3 = 1,5 \text{ м.}$$

Из формулы:

$$\Phi_{л} = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}$$

где E_H – нормируемая минимальная освещённость, при использовании ЭВМ и одновременной работе с документами должна быть не менее 300 лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение E_{cp}/E_{min} . Для люминесцентных ламп он равен 1,1;

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Находим число ламп N :

$$N = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{л} \cdot \eta}$$

η определяем через индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{5,333 \cdot 4,5}{1,65 \cdot (5,333 + 4,5)} = 1,48.$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ШОД с люминесцентными лампами при $\rho_n = 70\%$, $\rho_c = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,48$ равен $\eta = 0,46$.

Тогда:

$$N = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2600 \cdot 0,46} \approx 10 \text{ ламп.}$$

Принимаем 12 ламп, при этом получается 6 светильников, т.е. 2 ряда по 3 светильника.

Из условий равномерности освещения определяем расстояния L_1 и $L_1/3$ и L_2 и $L_2/3$ по следующим уравнениям:

$$5333 = 2 * L_1 + 2/3 * L_1 + 3 * 1228; L_1 = 618 \text{ мм}; L_1/3 = 206 \text{ мм};$$

$$4500 = 2 * L_2 + 2/3 * L_2 + 3 * 284; L_2 = 1368 \text{ мм}; L_2/3 = 456 \text{ мм};$$

На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

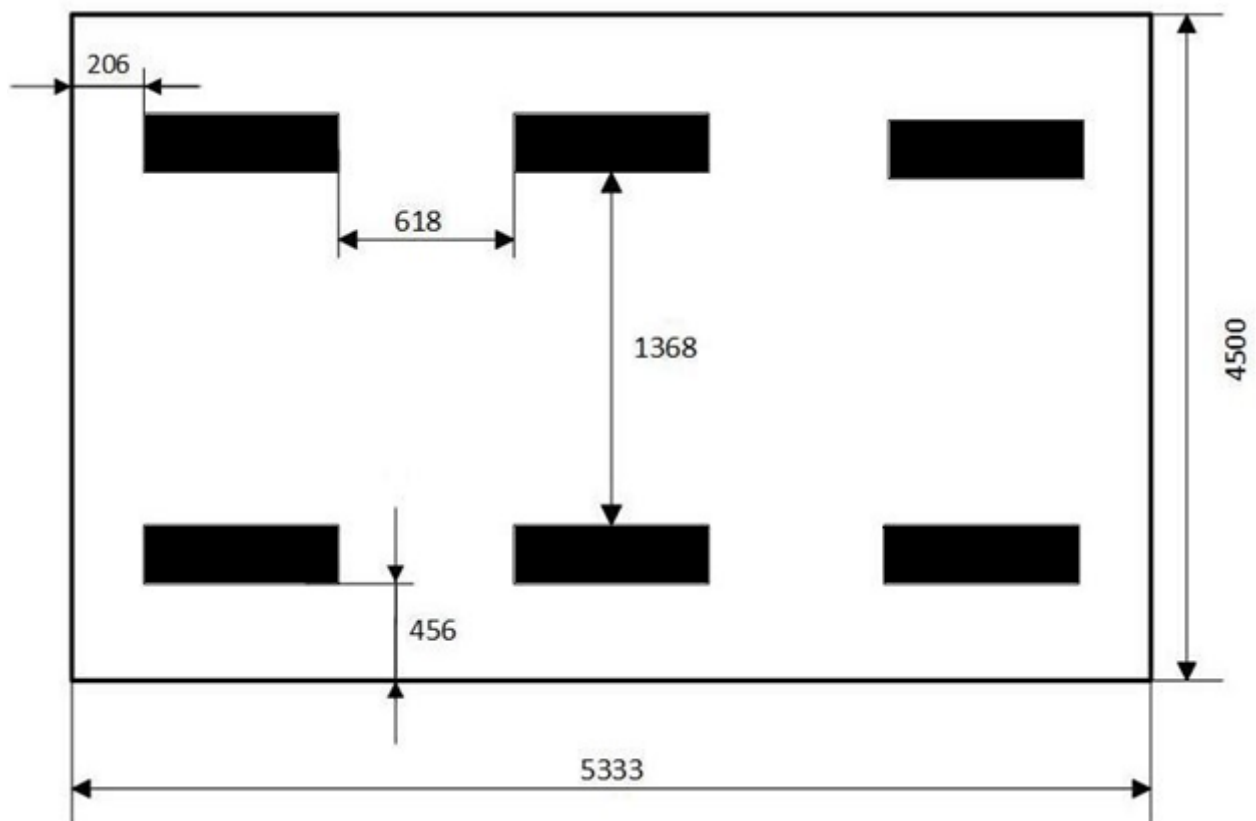


Рисунок 6.4. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами (размеры указаны в мм)

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,46} = 2152 \text{ лм}$$

$$12 \cdot 0,46$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% = \frac{2600 - 2152}{2600} \cdot 100\% = 17,23\%.$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

$$P = 12 * 40 = 480\text{Вт}$$

6.1.6 Пожарная опасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д [26].

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

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

Выделяют следующие причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

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

электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5 [27].

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

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86 [23];
2. специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;
3. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);
4. автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений довзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Аудитория полностью соответствует требованиям пожарной

безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу [30].

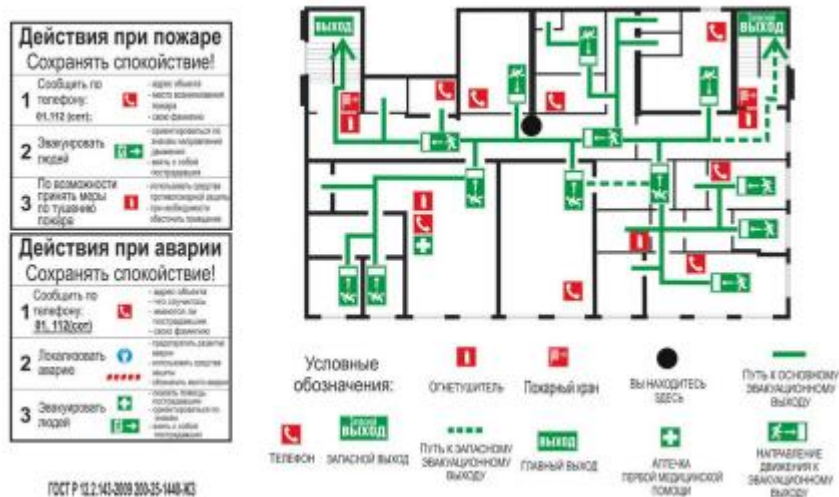


Рисунок 6.5. План эвакуации

6.2 Экологическая безопасность

В компьютерах присутствует огромное количество компонентов, содержащих токсичные вещества и представляющих угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;

- неметаллические части компьютера подвергаются специальной переработке.

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Выяснить заранее, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.
- Узнать, насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ);

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку». Утилизируя технику, мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

- отделить металлические детали от неметаллов;
- разделить углеродистые металлы от цветмета;

- пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объема;

- копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и всепроклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Люминесцентные лампы утилизируют следующим образом. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. После накопления ламп объемом в 1 транспортную единицу их сдают на переработку на соответствующее предприятие. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами [29].

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Аудитория находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны сильные морозы. Достижение

критически низких температур приведет к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели), б) дизель или бензоэлектродгенераторы; в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека); г) теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В аудитории наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Заключение

Проанализированы опасные и вредные факторы труда на рабочем месте исследователя, предложены меры защиты от них, оценены условия труда рабочей зоны; рассмотрены требования по технике безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности, экологической безопасности. В результате анализа было установлено, что аудитория Кибернетического центра ТПУ удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к нему нормативными документами в области охраны труда и окружающей природной среды.

Заключение

В данной работе было проведено исследование состояния RQ-системы $M^n|M|1$ с обратной связью и ограниченным временем пребывания заявки в системе.

Была построена математическая модель данной системы, которая позволяет анализировать ее характеристики и производительность. Модель учитывает количество серверов, интенсивность поступления заявок на орбиту и обратную связь от обслуженных заявок к поступающим. Также были учтены заявки, которые могут покинуть систему, если не будут обработаны в течение определенного времени. Также была построена аппроксимация для распределения вероятностей числа заявок на орбите в RQ-системе с помощью метода асимптотического анализа. Этот метод позволяет приближенно вычислить вероятности для больших значений числа заявок на орбите в предельном условии долгой терпеливости заявок. Была разработана имитационная модель RQ-системы, которая позволяет проводить численные эксперименты и исследовать систему в условиях, близких к реальным. Имитационная модель включает в себя моделирование поступления заявок, обработку заявок на серверах и обратную связь между обслуженными заявками и поступающими. Для графического представления результатов моделирования была разработана панель мониторинга Dashboard для графического представления результатов моделирования. Панель мониторинга предоставляет удобный интерфейс для визуализации и анализа данных, полученных в результате имитационного моделирования.

Список публикаций

1. Дорошенко Е.А., Титаренко Е.Ю. Имитационное моделирование систем массового обслуживания с обратной связью [Текст] // Всероссийская научная конференция молодых ученых, посвященная году науки и технологий в России «НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ». Сборник научных трудов. – 2021. – Часть 2 - Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/file/event/6692/eid6692_attach_404139f68c88129a8743911f358beb-edf89ab2ea.pdf

Список использованных источников

1. Alexander N. Dudin, Valentina I. Klimenok, Vladimir M. Vishnevsky. The Theory of Queuing Systems with Correlated Flows. Springer Nature Switzerland AG, 2020. – 410 p.
2. Г.Л. Нохрина. Математическое и имитационное моделирование: Методические указания по выполнению лабораторно-практического цикла работ для студентов направления подготовки 230700.62 (прикладная информатика) – Екатеринбург, 2012. – 28 с.
3. Шеннон Р.Е. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. - М.: Мир, 1978. – 418 с
4. Ослин Б.Г. Моделирование. Имитационное моделирование СМО: учебное пособие. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 128с.
5. Phung-Duc Tuan. An efficient method for performance analysis of blended call centers with redial / Tuan Phung-Duc, Ken'ichi Kawanishi // Asia-Pacific Journal of Operational Research. — 2014. — Vol. 31, no. 02. — Pp. 1–35.
6. Назаров А.А. Асимптотический анализ PQ-системы с N типами вызываемых заявок в предельном условии большой задержки заявок на орбите [Текст] / Назаров А.А., Пауль С.В., Лизюра О.Д. // Вестник Томского Государственного Университета. – Томск, 2019. – С.13-20.
7. Phung-Duc Tuan. Two-way communication retrial queues with balanced call blending / Tuan Phung-Duc, Wouter Rogiest // International Conference on Analytical and Stochastic Modeling Techniques and Applications / Springer. — 2012. — Pp. 16–31.
8. Elena Yu.Danilyuk. Asymptotic Analysis of Retrial Queueing System M/M/1 with Impatient Customers, Collisions and Unreliable Server / Elena Yu.Danilyuk, Svetlana P.Moiseeva, Janos Sztrik // Journal of Siberian Federal University. – Krasnoyarsk, 2019.

9. Назаров А.А. Асимптотический анализ RQ-системы M|M|1 с нетерпеливыми заявками в условии долгой терпеливости [Текст] / Назаров А.А., Федорова Е.А. // Вестник Томского Государственного Университета. – Томск, 2016. – С.342-348.
10. Wilkinson R. I. Theories for toll traffic engineering in the USA // The Bell System Technical Journal, 1956. — Vol. 35, no. 2. — P. 421–507.
11. Cohen J.W. Basic problems of telephone traffic and the influence of repeated calls // Philips Telecommunication Review, 1957. — Vol. 18, no. 2. — P. 49–100.
12. Gosztony G. Repeated call attempts and their effect on traffic engineering // Budavox Telecommunication Review, 1976. — Vol. 2. — P. 16–26.
13. Kuznetsov D.Yu., Nazarov A.A. Analysis of non-Markovian models of communication networks with adaptive protocols of multiple random access // Avtomatika i Telemekhanika, 2001. — Vol. 5. — P. 124–146.
14. Artalejo J.R., Gómez-Corral A. Retrial Queueing Systems. A Computational Approach. — Springer, 2008.
15. Falin G.I., Templeton J.G.C. Retrial queues. — Chapman & Hall, London, 1997.
16. Бородин Ю.В., Василевский М.В., Дашковский А.Г., Назаренко О.Б., Свиридов Ю.Ф., Чулков Н.А., Федорчук Ю.М. Безопасность жизнедеятельности: практикум // Изд-во Томского политехнического университета – 2009. – 101 с.
17. ГОСТ 54 30013-83. Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности.
18. ГОСТ 12.4.154-85. ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты.
19. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

20. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ).
21. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
22. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
23. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
24. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
25. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
26. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
27. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
28. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха.
29. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
30. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
31. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

Приложение А

Algorithmic and software support for the analysis of an RQ-system with limited customer's time in the system

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ11	Дорошенко Екатерина Андреевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИТ ИШИТР	Титаренко Е.Ю.	-		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Степура С. Н.	к.ф.н.		

Chapter 1. Mathematical Model of the Considered RQ-System

Let us consider a queueing system (Fig. 1) with a single service facility, where a Poisson non-homogeneous arrival flow of requests with parameter λ enters. Let the events occur in moments t_1, t_2, t_3, \dots in "batches", so that at moment t_k , η_k events appear simultaneously. We assume that η_k events form a sequence of independent identically distributed random variables with distribution $P\{\eta_k = k\} = q_k$. If the service device is idle, a request from the batch proceeds to service; otherwise, the request enters the orbit. The service time of a request is a random variable following an exponential distribution with parameter μ . A serviced request can leave the system with probability r_0 , re-enter service with probability r_1 , or move to the orbit with probability r_2 . Requests awaiting re-service experience a waiting time distributed exponentially with parameter σ . From the orbit, a request departs the system after a random time following an exponential distribution with parameter α .

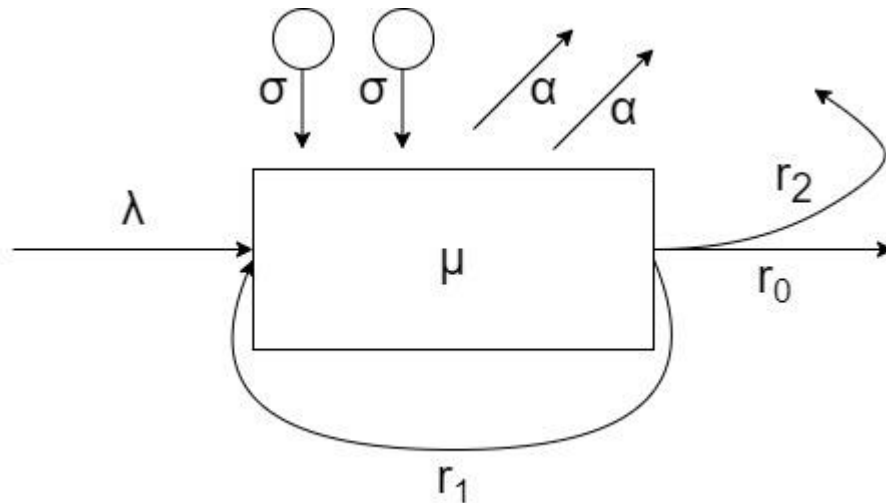


Figure 1. $M^n | M | 1$ system scheme

Let the random process $i(t)$ denote the number of requests in the orbit at time t , and let $n(t)$ determine the state of the device as follows:

$$\begin{cases} 0, \text{free;} \\ 1, \text{occupied.} \end{cases}$$

The system state at time t is determined by the two-dimensional process $\{i(t), n(t)\}$. This process is a continuous-time Markov chain. The objective is to find the probability distribution $P_n(i, t) = P\{n(t) = n, i(t) = i\}$, $n = 0, 1; i = 0, 1, 2, \dots$ of the number of requests in the orbit, denoted as i .

To derive the probability distribution of the states of the considered RQ-system, we will construct a system of Kolmogorov's differential equations. To obtain the system, we will employ the Δt method. We express the probabilities $P_i(t + \Delta t)$ at time $t + \Delta t$ in terms of the probabilities $P_i(t)$ at time t and the transition probabilities to state i over an infinitesimal time interval Δt . This yields the following expression:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0(i, t + \Delta t) = (1 - \lambda\Delta t)P_0(i, t) + (1 - i\sigma\Delta t)P_0(i, t) + r_0\mu\Delta tP_1(i, t) + r_2\mu\Delta tP_1(i - 1, t) + \\ + \alpha(i + 1)\Delta tP_0(i + 1, t), \\ P_1(i, t + \Delta t) = (1 - r_0\mu\Delta t)P_1(i, t) + (1 - r_2\mu\Delta t)P_1(i, t) + (1 - \lambda\Delta t)P_1(i, t) + \\ + \sum_{k=1}^{i+1} (\lambda\Delta tq_k P_0(i - k + 1, t)) + (i + 1)\sigma\Delta tP_0(i + 1, t) + \sum_{k=1}^i (\lambda\Delta tq_k P_1(i - k, t)) + \\ + \alpha(i + 1)\Delta tP_1(i + 1, t); \end{array} \right.$$

Then, taking the limit as Δt approaches zero for the obtained equations, the system of equations for the considering queueing system will be as follows:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial P_0(i, t)}{\partial t} = -(\lambda + i\sigma)P_0(i, t) + r_0\mu P_1(i, t) + r_2\mu P_1(i - 1, t) + \alpha(i + 1)P_0(i + 1, t); \\ \frac{\partial P_1(i, t)}{\partial t} = -(r_0\mu + \mu r_2 + \lambda)P_1(i, t) + \sum_{k=1}^{i+1} (\lambda q_k P_0(i - k + 1, t)) + (i + 1)\sigma P_0(i + 1, t) + \\ + \sum_{k=1}^i (\lambda q_k P_1(i - k, t)) + \alpha(i + 1)P_1(i + 1, t). \end{array} \right.$$

Let us formulate the system of equations for the steady-state regime:

$$\begin{cases} -(\lambda + i\sigma)P_0(i) + r_0\mu P_1(i) + r_2\mu P_1(i-1) + \alpha(i+1)P_0(i+1) = 0, \\ -(r_0\mu + r_2\mu + \lambda)P_1(i) + \sum_{k=1}^{i+1} (\lambda q_k P_0(i-k+1)) + (i+1)\sigma P_0(i+1) + \sum_{k=1}^i (\lambda q_k P_1(i-k)) + \\ + \alpha(i+1)P_1(i+1) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Let us switch to partial characteristic functions $H_k(u) = \sum_{i=0}^{\infty} e^{ju i} P_k(i)$, where i represents the number of requests in the system, j denotes the imaginary unit, and $h(u) = \sum_{k=1}^{\infty} e^{kuj} q_k$ is the characteristic function for the random number of requests. We rewrite the system (1) as follows:

$$\begin{cases} j(\sigma + \alpha(1 - e^{-ju})) \frac{dH_0(u)}{du} - \lambda H_0(u) + (r_0\mu + r_2\mu e^{ju}) H_1(u) = 0, \\ -j\sigma e^{-ju} \frac{dH_0(u)}{du} + j(\alpha(1 - e^{-ju})) \frac{dH_1(u)}{du} + \lambda e^{-ju} h(u) H_0(u) + \\ + (\lambda(h(u) - 1) - r_0\mu - r_2\mu) H_1(u) = 0. \end{cases}$$

We will solve the obtained system using the method of asymptotic analysis under the assumption of long patience of requests (when $\alpha \rightarrow 0$).

Chapter 3. Simulation Modeling

3.1 Algorithm and Program Development

Simulation modeling has a number of advantages that make it one of the most effective methods for studying various complex systems. First, it allows to observe the behavior of the system over a required period of time, providing control over internal processes. Second, simulation modeling reveals patterns, establishes performance measures and other metrics that characterize system operation. This can be used to make decisions to optimize system performance. In addition, simulation modeling allows researchers to conduct experiments by manipulating system parameters and conditions to study their effects on system behavior and determine optimal

configurations. It allows to explore different options for system behavior and evaluate their effectiveness without having to make changes to the real-world environment.

Developed algorithm will enable modeling the behavior of the system under different initial parameter values and calculating certain system characteristics (state of the servicing device, dependence of the number of requests in the orbit on time, probability that at a certain moment in time there are exactly N requests in the orbit, total number of requests arrived in the system, and the number of requests that left the system without being serviced).

When the program is launched, four time intervals are generated: the interval until a new request arrives, the interval until the end of servicing, the interval until a request is released from the orbit, and the interval until the end of the request's stay in the system. Next, a check is performed to determine the minimum generated interval.

In the case where the minimum interval corresponds to the time until the next request arrives, the current time is incremented by the interval until the arrival of service requests, and a random number of incoming requests in a batch is generated. Subsequently, the status of the service device is examined. If the device is available, the incoming request occupies it, and the state of the device along with the time of state transition are recorded. Conversely, if the device is occupied, the incoming request is directed to the orbit, and the states of both the orbit and the service device are documented.

If the minimum interval corresponds to the time required for servicing a request to be completed, the current time is incremented by this servicing interval, and a random probability value, denoted as " r ," is generated. When r belongs to the interval $[0, r_1)$, the request departs from the system, resulting in the device becoming available. When r belongs to the interval $[r_1, r_1+r_2)$, the request returns for another round of servicing, while the state of the device remains unchanged. When r belongs to the interval $[r_1+r_2, r_1+r_2+r_3]$, the request moves to the orbit, causing the device to become available, and the number of requests in the orbit increases by one. The state of the

device, the time of state change of the device, as well as the state and the time of state change of the orbit, are recorded.

In the scenario where the minimum interval represents the time until a request exits the orbit, the current time is advanced by the release interval. If the service device is unoccupied, it accepts the request that has transitioned from the orbit, resulting in a reduction of the number of requests in the orbit by one. The state and time of state change of the device, as well as the state and time of state change of the orbit, are documented.

Finally, if the minimum interval corresponds to the duration until a request completes its stay within the system, the current time is increased by the interval required for the request to conclude its stay. As a result, the request leaves the orbit, leading to a reduction in the number of requests present in the orbit by one. Furthermore, the state and time of state change for both the device and the orbit are recorded.

The scheme of the program's algorithm is presented in Figure 1.

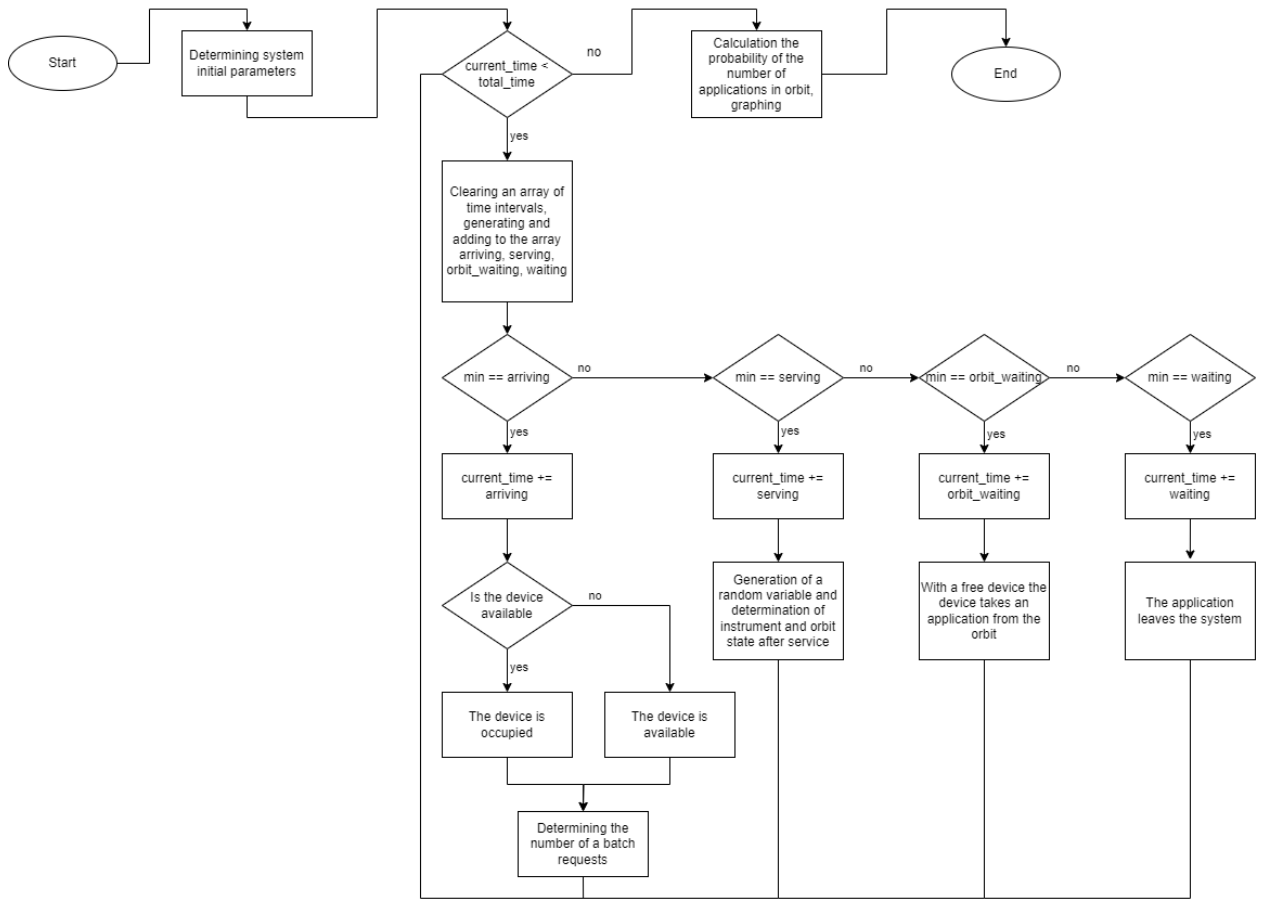
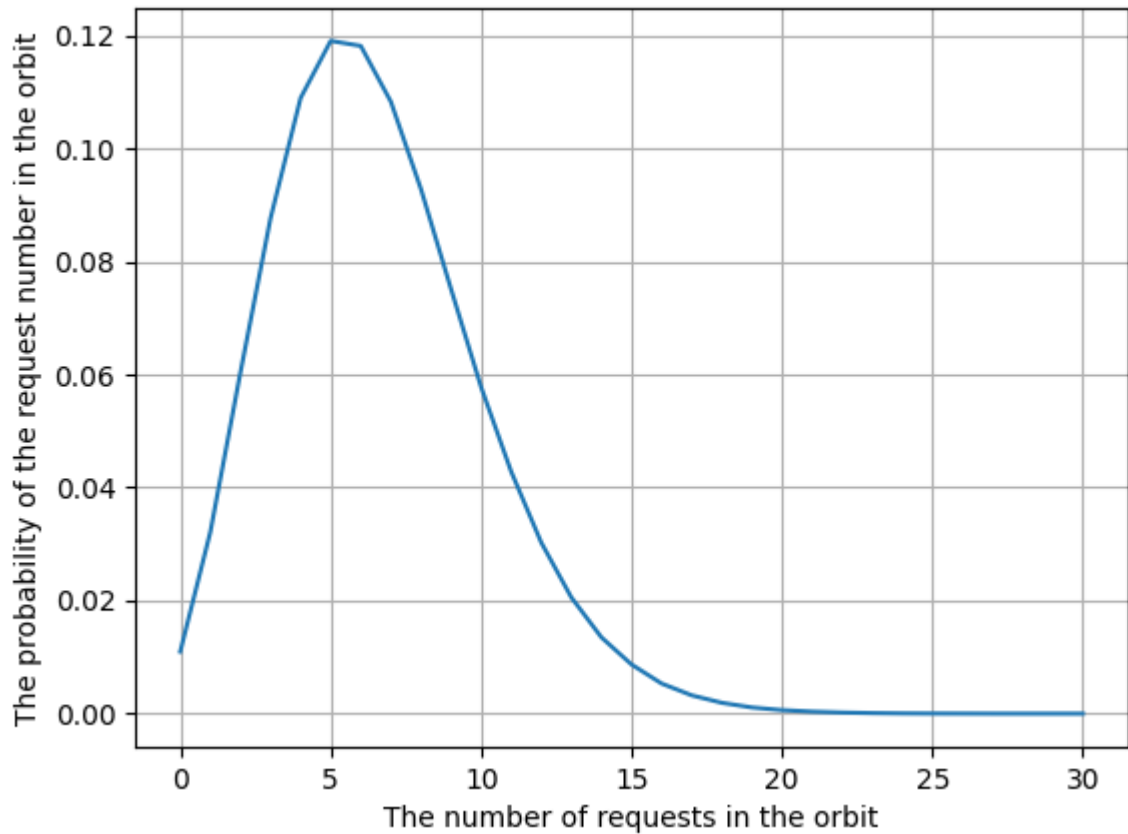


Figure 2. Algorithm block diagram

3.2 Algorithm Results

Using the obtained model, let us determine the probability that at a certain point in time, there are exactly requests in the orbit. The results of the algorithm are presented in Figure 2.



Figure

3. The probability distribution of the request number in the orbit

Chapter 4. Dashboard Development

4.1 Web Application Functionality

Users interacting with the dashboard have access to the following features:

- Viewing charts displayed in the dashboard.
- Viewing charts and probability distribution parameters based on the selected incoming request flow parameter.

To formalize the representation of the dashboard application's functionality, a UML use case diagram was constructed (Figure 3).

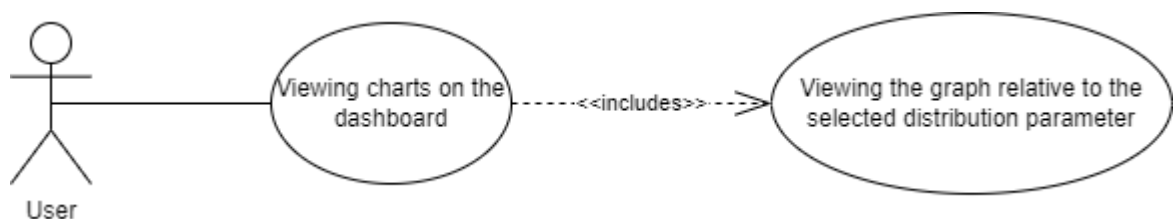


Figure 4. Use Case Diagram.

4.2 Dashboard User Interface Design

The design of the user interface is a crucial stage in dashboard development. Its goal is to provide users with a convenient representation of data that enables the necessary information for studying the queuing system.

The user interface combines various methods of interaction between humans and computer systems. It includes physical interaction devices such as a keyboard and mouse, as well as graphical interfaces that operate on computer or mobile device screens. The primary objective of a well-designed user interface is to ensure usability and efficiency in system usage.

During the dashboard interface development process, fundamental design principles and visualization principles were applied, including:

- **Harmonious component interaction:** all different elements such as graphs, charts, and numbers should harmoniously blend into a unified composition where each element complements the overall picture without attracting excessive attention to itself.
- **Consistent design:** the entire panel design should be uniform and consistent, including color schemes, fonts, styles, and element composition, to create a unified and coherent visual impression.
- **Clarity and simplicity:** the interface should be clear and easy to use, allowing users to interpret data and interact with panel elements without the need for additional training or complex instructions.
- **Information perceptibility:** data on the panel should be presented in a way that users can quickly and easily perceive the information, such as through clear graphs, visual diagrams, and concise numerical values.
- **Focus on key indicators:** important and critical metrics and indicators should be highlighted and draw the primary attention of users, enabling them to quickly grasp the essence of the data and draw relevant conclusions.

- Adaptability and responsiveness: the interface should be adaptable to different screens and devices, as well as responsive to user actions, ensuring smooth and efficient interaction.

Below is the designed user interface for the dashboard.

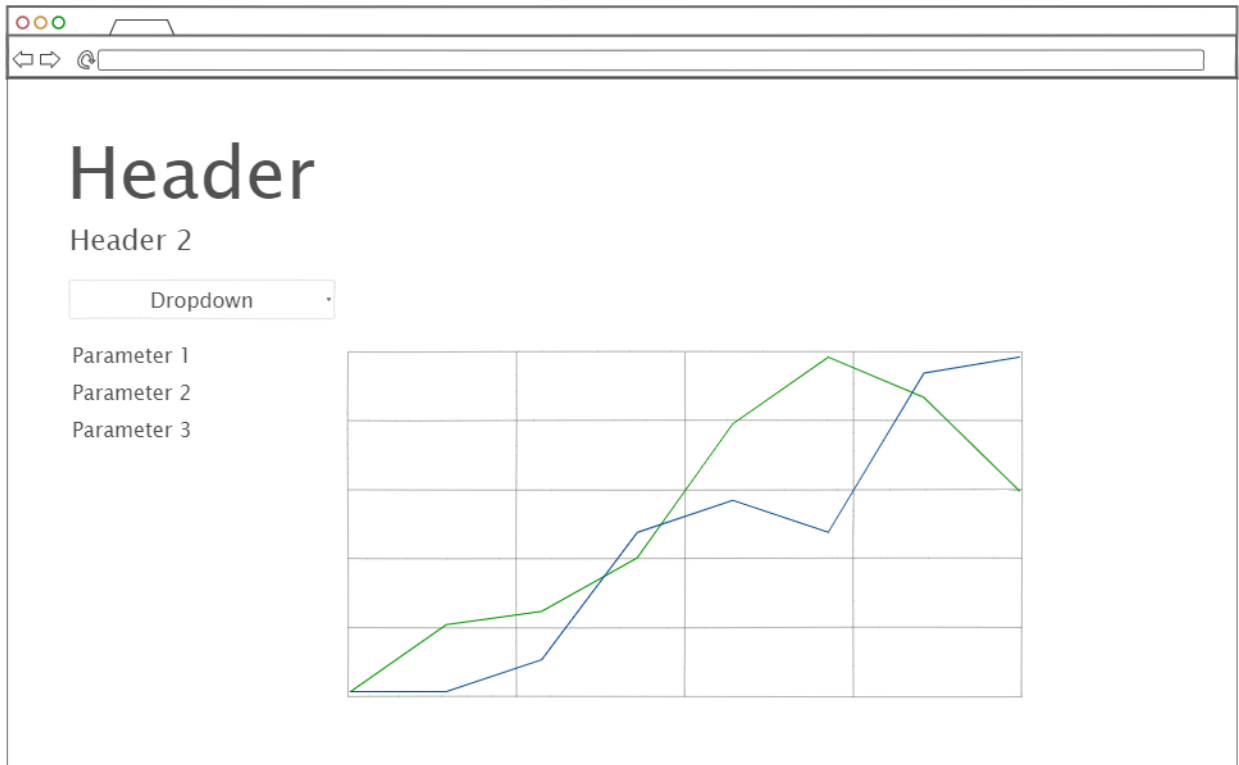


Figure 5. The user interface prototype of the dashboard.

4.3 Architecture

The system implements a distributed architecture based on a three-tier client-server model (also known as a "thin client" architecture). In this architecture, the "thin" client is not burdened with data processing functions but primarily focuses on presenting information obtained from the web server, which handles the application's business logic. Separating the client-side from the business logic allows for efficient utilization of client resources, reduces hardware requirements, and simplifies the process of updating the client-side. This approach also contributes to increased security, scalability, and flexibility of the system.

In accordance with this architecture, the system includes the following components:

- Application server;
- Database;
- Client (dashboard).

The network interaction between the server-side and the client-side of the dashboard is carried out over the Internet using the HTTP protocol. The architecture diagram is depicted in Figure 5.

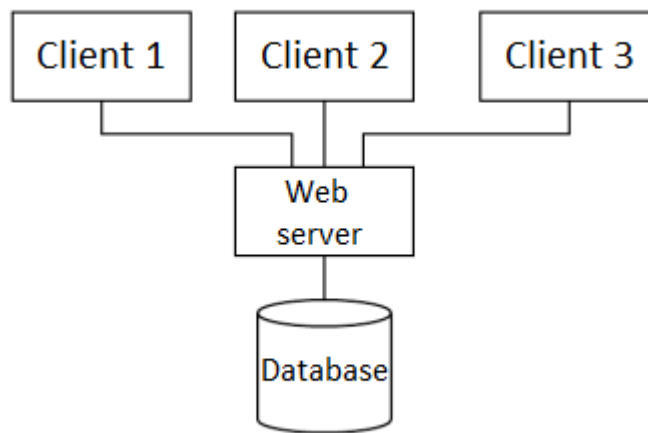


Figure 6. Architecture diagram

The database serves as the primary data repository necessary for the functioning of the system. The web server acts as an intermediary between the database and the client-side, providing functions such as user authentication, data display, and dashboard customization. The dashboard mechanism is implemented as an interactive web page that provides visual representation of graphs and other informational elements.

4.4 Technologies Used

During the development process, the decision was made to use the cross-platform integrated development environment (IDE) PyCharm as the primary development environment. PyCharm is a powerful tool for programming in Python and offers extensive capabilities. Its free community license is particularly valuable as it allows for the development of Python web applications.

Python programming language was chosen for development, specifically the Dash framework, which specializes in creating reactive analytical web applications. The Dash application code is based on a declarative approach, making it easier to create complex applications with numerous interactive elements.

- Dash is built on three key technologies:
- Flask, which provides the web server functionality.
- React, which handles the user interface rendering.
- Plotly.js, which generates charts.

Dash applications are web servers based on Flask, processing JSON packets in HTTP requests. The Dash frontend renders components using React.js.

4.4 Database

Database design is the first stage in designing the server-side. To create the "dataset" database, MySQL, a popular database management system, was chosen. The free tool MySQL Workbench was used for visual database design, which combines functions for designing, modeling, creating, and managing databases. Subsequently, the necessary tables were created in the database. The complete physical schema of the database is presented in Figure 6.

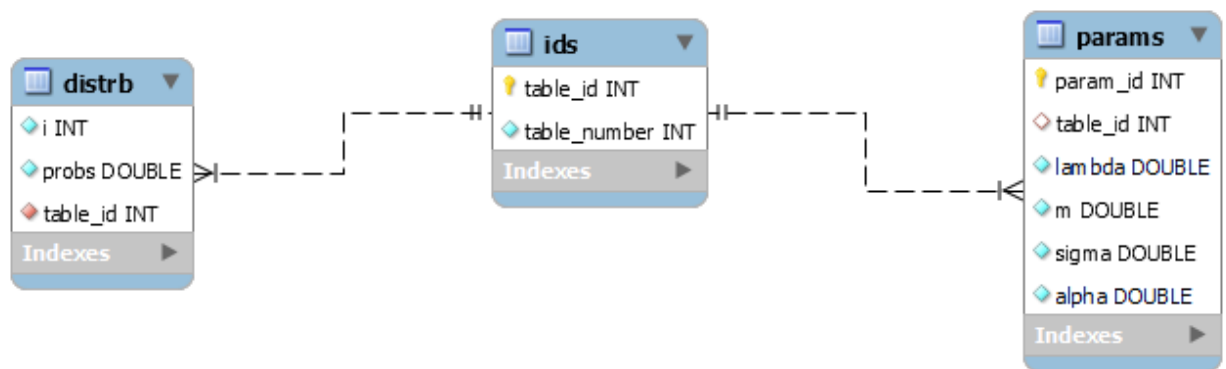


Figure 7. Database scheme

The entity named "Ids" plays the role of identifiers for various datasets obtained from the simulation model. It serves as a connecting element between the "Distrb" and "Params" entities. The "Distrb" entity defines the probability distribution values for the

number of requests in orbit. The "Params" entity, on the other hand, is responsible for the system parameters under which the specified probabilities in the "Distrb" entity were calculated.

4.5 The software implementation of the system

As a result of the design process, a web interface and functional capabilities were developed to provide users with a convenient experience in utilizing the dashboard web application.

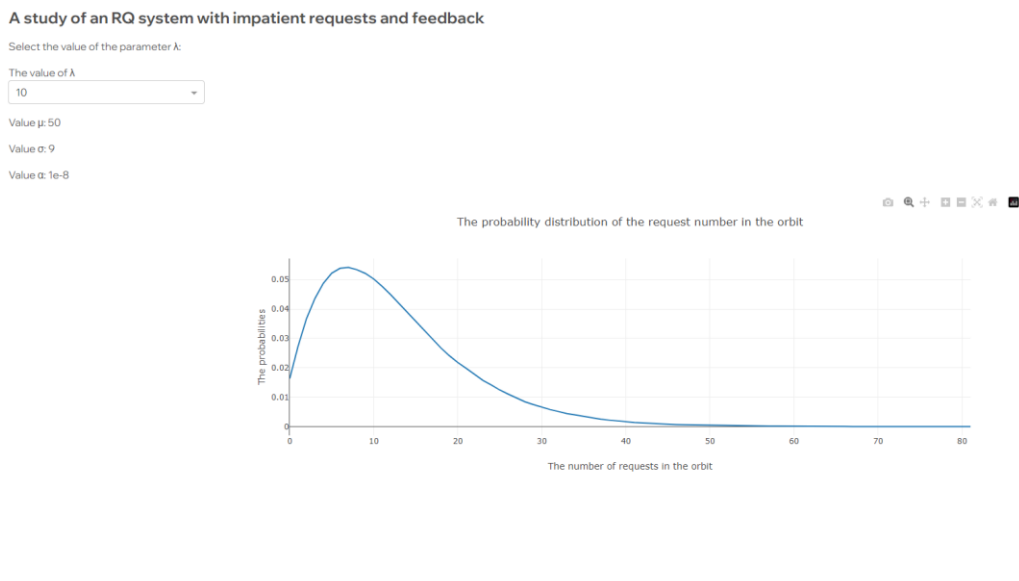


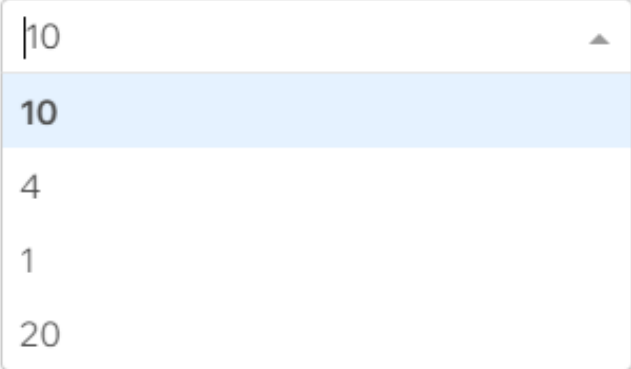
Figure 8. Main dashboard page

The dashboard page showcases a prominently displayed header that serves as an identifier for the respective dashboard. One of the key functionalities available to the user is the option to choose a parameter related to the incoming request flow from a dropdown list. By selecting a specific parameter from the dropdown, the dashboard page instantaneously responds by dynamically updating both the probability distribution graph depicting the number of requests in orbit and the values associated with the service, waiting, and system time parameters. This real-time synchronization of the graph and parameter values ensures that the displayed information accurately reflects the chosen parameter, providing users with immediate visual and numerical insights into the system's performance.

To implement this functionality, two callback functions are utilized, which dynamically update the data on the page. When the value in the dropdown list changes, the selected value is passed to these functions, which process it and display the updated values of the queueing system parameters and a new probability distribution graph of the number of requests in orbit on the dashboard page.

Select the value of the parameter λ :

The value of λ



10
10
4
1
20

Figure 9. Incoming flow parameter selection

Furthermore, the zooming feature of the dashboard enables users to not only adjust the scale of the graph but also focus on a specific range of data points. By zooming in on a particular area of interest, users can closely examine intricate patterns, anomalies, or trends within that segment. Conversely, zooming out provides a broader perspective and allows for a comprehensive view of the overall data distribution. This flexibility in adjusting the graph's scale enhances the user's ability to analyze the data from different perspectives and gain a more comprehensive understanding of the underlying insights. It empowers researchers and analysts to make more informed decisions based on detailed observations and accurate interpretations of the graph's

specific

regions.

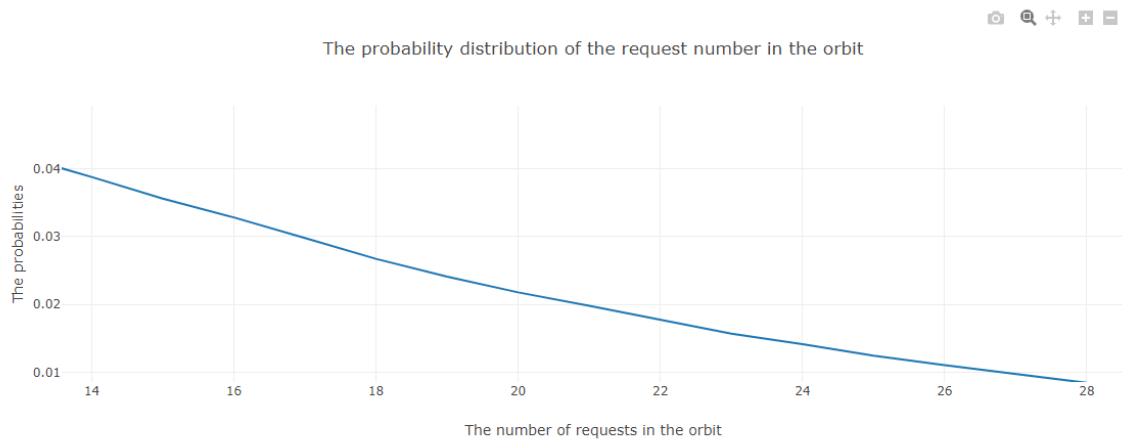


Figure 10. Option of the graph fragment zooming in

Приложение Б

Листинг кода имитационной модели RQ-системы вида $M^n|M|1$

```
while current_time < total_time:
    x.clear()
    arriving = -math.log(random.random())/Lambda
    x.append(arriving)
    if server_state == 1:
        serving = -math.log(random.random())/M
        x.append(serving)
    else:
        serving = math.inf
        x.append(serving)

    if orbit > 0:
        orbit_waiting = -math.log(random.random())/(orbit * Sigma)
        x.append(orbit_waiting)
        waiting = -math.log(random.random())/(orbit * Tau)
        x.append(waiting)
    else:
        orbit_waiting = math.inf
        x.append(orbit_waiting)
        waiting = math.inf
        x.append(waiting)

    if min(x) == arriving:
        current_time += arriving
        requests_arrived += 1
        # orbit_time[orbit] += arriving
        if len(orbit_time) > orbit:
            orbit_time[orbit] += arriving
        else:
            while len(orbit_time) < orbit:
                orbit_time.append(0)
```

```

    orbit_time.append(arriving)
time.append(arriving)
if server_state == 0:
    server_state = 1
    SSO += arriving
else:
    orbit += 1
    SS1 += arriving
r = random.random()
if R0 <= r < R0 + R1:
    orbit += 1
    requests_arrived += 1
elif R0 + R1 <= r < R0 + R1 + R2:
    orbit += 2
    requests_arrived += 2
elif R0 + R1 + R2 <= r <= R0 + R1 + R2 + R3:
    orbit += 3
    requests_arrived += 3

elif min(x) == serving:
    current_time += serving
    if len(orbit_time) > orbit:
        orbit_time[orbit] += serving
    else:
        while len(orbit_time) < orbit:
            orbit_time.append(0)
            orbit_time.append(serving)
        time.append(serving)
        r = random.random()
        if 0 <= r < r0:
            server_state = 0

        elif r0 + r1 <= r <= r0 + r1 + r2:

```

```

        server_state = 0
        orbit += 1
        SSI += serving

elif min(x) == orbit_waiting:
    current_time += orbit_waiting
    if len(orbit_time) > orbit:
        orbit_time[orbit] += orbit_waiting
    else:
        while len(orbit_time) < orbit:
            orbit_time.append(0)
            orbit_time.append(orbit_waiting)
        time.append(orbit_waiting)
    if server_state == 0:
        server_state = 1
        orbit -= 1
        SSO += orbit_waiting
    else:
        SSI += orbit_waiting

elif min(x) == waiting:
    current_time += waiting
    if len(orbit_time) > orbit:
        orbit_time[orbit] += waiting
    else:
        while len(orbit_time) < orbit:
            orbit_time.append(0)
            orbit_time.append(waiting)
        time.append(waiting)
    if server_state == 0:
        SSO += waiting
    else:
        SSI += waiting
    time.append(waiting)

```



```
orbit -= 1  
lost_requests += 1  
orbit_count.append(orbit)
```