

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки **09.04.02 «Информационные системы и технологии»**
 Отделение школы (НОЦ) **информационных технологий**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Сравнение характеристик СМО, полученных аналитически и в среде Matlab + Simulink

УДК 004.42:004.942:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д-р мед. наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев Алексей Олегович	К.Т.Н.		

Томск – 2021 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
Р1	Воспринимать и 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.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2; ПК-1; УК-1,4,6), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и представления информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2,6,7; ПК-1,2,3,5,10; УК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р3	Демонстрировать способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3,6; ПК-5,6; УК-1,6), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6; УК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2,2.6.), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р5	Владеть современными коммуникативными технологиями, в том числе на иностранном языке для академического и профессионального взаимодействия. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения,	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3; УК-3,4,5; ПК-7,8,9). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
	применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.	
P6	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современных программных и информационных систем, в управлении коллективом. Способность организовывать и эффективно руководить работой команды проекта при разработке программных и информационных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-2,3,5; ПК-5,6,7,8,11; ОПК-1,8), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P7	Разрабатывать стратегии проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости новых методов и средств проектирования и разработки программных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1,3; ПК-1,3,10; ОПК-2,4,6,7), критерий 5 АИОР (п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P8	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные (численные) исследования в области создания программных систем. Оценивать и выбирать вариант архитектуры программной/информационной системы.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6,7; ПК-1,3,10; УК-1,3), критерий 5 АИОР (п. 1.4), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P9	Владеть методами и средствами инженерии требований к системам, управления качеством программного обеспечения и системной интеграции/модернизации программного обеспечения.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1; ОПК-4,5,7; ПК-1,2,4,8,11). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P10	Владеть современными инструментальными средствами программирования и технологиями управления данными. Использовать их при разработке требований, при проектировании и создании программного обеспечения, информационных систем/автоматизированных систем управления производством.	Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,4,5,7,9,11; ОПК-2,5,7; УК-2). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P11	Осуществлять проектирование и разработку веб и мультимедийных приложений в среде корпоративных и глобальных информационно-телекоммуникационных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,3,5,6,9,11; ОПК-2,4,5,7; УК-2,3,5). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
Р12	Осуществлять управление процессами внедрения/сопровождения (модернизации, интеграции) программных и информационных систем на основе принципов и методов системной инженерии.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-4,6,8; ПК-1,4,5,6,8,9,11; УК-2,3,4), критерий 5 АИОР (п. 2.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____
(Дата)

Савельев А.О.

(Ф.И.О.)

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович

Тема работы:

Сравнение характеристик СМО, полученных аналитически и в среде Matlab + Simulink	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.02.2021 № 40-4с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Необходимо провести анализ характеристик системы массового обслуживания, полученных аналитически и в среде Matlab + Simulink.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Постановка целей и задач 2. Анализ предметной области 3. Разработка календарного плана 4. Подбор и изучение материалов 5. Исследование и разработка СМО 6. Проведение тестирования 7. Анализ результатов исследования
Перечень графического материала	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Федоренко О.Ю.
Раздел на иностранном языке	Ануфриева Т.Н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы, Объект и методы исследования	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович		

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки **09.04.02 «Информационные системы и технологии»**

Отделение школы (НОЦ) **информационных технологий**

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Раздел «Обзор литературы»	5
	Раздел «Объект и методы исследования»	10
	Раздел «Расчет и аналитика»	10
	Исследование и разработка СМО	25
	Проведение экспериментов с моделью. Анализ полученных результатов.	20
	Раздел «Анализ результатов исследования»	10
	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
	Раздел «Социальная ответственность»	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев Алексей Олегович	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович

Школа		Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Сравнение характеристик СМО, полученных аналитически и в среде Matlab + Simulink	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: характеристики системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink. Область применения: сфера производства, бытового обслуживания, информационных технологий, экономики, финансов. Рабочее место имеет следующие технические параметры: назначение – учебная аудитория площадью 38 кв.м., приточно-вытяжная вентиляция; централизованное отопление, естественное и искусственное освещение; оборудование – оргтехника, интерактивная доска, проектор, видеоконференцсвязь.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ; 2. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания; 3. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов; 4. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; 5. СП 52.13330.2016 Естественное

	и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95; 6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки; 7. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; 8. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности; 9. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ); 10. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения; 11. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере; 12. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; 13. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов; 14. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: 1. Повышенная или пониженная температура и относительная влажность воздуха. 2. Превышение уровня шума. 3. Недостаточная освещённость рабочей зоны. Психофизиологические факторы (монотонность труда, умственное и эмоциональное напряжение, перенапряжение зрительных анализаторов). Опасные факторы: 1. Поражение электрическим током. 2. Короткое замыкание.

	3. Статическое электричество.
3. Экологическая безопасность:	Негативное воздействие на литосферу происходит при утилизации компьютера и периферийных устройств (принтеры, МФУ, веб-камеры, наушники, колонки, телефоны), люминесцентных ламп, макулатуры.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожары, грозы, ураганы, оползни. Наиболее типичная ЧС: пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2021
--	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко О.Ю.	д-р мед. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	-
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *График проведения и бюджет НИИ*
2. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Верховская М.В.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 84 страницы, 8 рисунков, 22 таблицы, 34 источника.

Ключевые слова: имитационная модель, система массового обслуживания, MatLab, Simulink, SimEvents.

Объектом исследования данной работы являются характеристики системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

Целью работы является исследование и сравнение характеристик системы массового обслуживания, полученных аналитически и в среде Matlab + Simulink.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы с помощью среды моделирования MATLAB Simulink был смоделирован источник внешних воздействий Matlab + Simulink.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе использованы следующие определения и сокращения:
система массового обслуживания (СМО):

1. математические модели, описывающие реальные либо проектируемые системы.
2. динамическая система, которая предназначена для результативного обслуживания случайного потока заявок (требований на обслуживание) при наличии ограничений на ресурсы системы.

Моделирование – это распространенная разновидность аналогового моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих компьютерных программ и технологий программирования.

Аналитическое моделирование является видом математического моделирования, для которого характерно то, что процессы функционирования элементов системы фиксируются в виде функциональных соотношений (алгебраических, разностных, интегро-дифференциальных и др.) либо логических условий.

Имитация - экспериментирование с моделью, являющееся постижением сути явления, без проведения эксперимента над реальным объектом.

Оглавление

Введение	16
1 Обзор литературы	17
2 Объект и методы исследования.....	18
2.1 Система массового обслуживания	18
2.2 Методы моделирования	19
2.3 Элементы СМО	21
2.4 Характеристики СМО	22
2.5 MatLab + Simulink для решения задач моделирования СМО	22
3 Расчеты и аналитика	25
3.1 Марковские случайные процессы	25
3.2 Уравнения Колмогорова.....	25
3.3 Исследование систем массового обслуживания с простейшими потоками событий	26
4 Анализ результатов исследования.....	31
4.1 Пример моделирования СМО	31
5 Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность.....	40
5.1 Организация и планирование работ.....	41
5.1.1 Продолжительность этапов работ.....	41
5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	44
5.2.1 Расчет затрат на материалы	44
5.2.2 Расчет заработной платы	45
5.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	48
5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	48
5.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	49
5.2.6 Расчет прочих расходов.....	50
5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	50
5.2.8 Расчет прибыли	51
5.2.9 Расчет НДС.....	51
5.2.10 Цена разработки научно-исследовательской работы.....	51

5.3 Оценка экономической эффективности проекта.....	51
5.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period).....	52
5.4 Выводы по разделу.....	55
6 Социальная ответственность.....	56
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	57
6.2 Производственная безопасность.....	58
6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	60
6.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	60
6.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	62
6.2.1.3 Превышение уровня шума.....	64
6.2.1.4 Психофизиологические факторы.....	65
6.2.1.5 Опасность поражения током.....	66
6.2.1.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника.....	68
6.3 Экологическая безопасность.....	69
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	69
6.5 Выводы по разделу.....	71
Заключение.....	72
Список использованных источников.....	73
Приложение А.....	76

Введение

В сфере производства, бытового обслуживания, информационных технологий, экономики, а также финансов важное место занимают системы специального вида, которые реализуют многократное выполнение однотипных задач. Данные системы называются системами массового обслуживания (СМО).

Использование СМО позволяет решать задачи, связанные с многоразовым использованием одного набора значений.

Моделирование является одним из современных методов синтеза и анализа сложных систем, так как реальные эксперименты во многих случаях небезопасны, кроме того требуют существенных временных или финансовых затрат.

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

Основная задача при исследовании систем массового обслуживания состоит в определении их характеристик. Моделирование систем массового обслуживания в среде Matlab + Simulink позволяет получить необходимые результаты.

Объектом исследования являются характеристики системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

Целью работы является исследование и сравнение характеристик системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

Таким образом, разработка и исследование СМО актуальна в настоящее время.

1 Обзор литературы

Среди основных преимуществ моделирования можно выделить такое неоспоримое преимущество - возможность прогнозирования без использования реальных систем.

Приведем список работ, наиболее похожих по тематике на эту работу.

В работе [1] рассматривается технология создания программ моделирования СМО на универсальных языках программирования. Эта технология может быть использована для моделирования любых систем, функционирование которых описывается дискретно-непрерывными процессами.

В работе [2] изложены математические методы компьютерного моделирования и исследования вычислительных систем. Кроме того, в работе приведен сравнительный анализ языков имитационного моделирования, их преимущества (недостатки), изложены элементы теории массового обслуживания.

В работе [3] раскрываются сущность и основные аспекты имитационного моделирования, приемы моделирования случайных величин, событий и процессов, планирования, проведения компьютерных экспериментов.

В работе [4] дана характеристика систем массового обслуживания, а также основные направления теории массового обслуживания.

В работе [7] описано применение MATLAB + Simulink в математических расчетах и математическом моделировании; проанализировано моделирование и проектирование систем и устройств.

Кроме того, в данной работе приведены примеры применения системы MATLAB и ее расширений.

С учетом изложенного, можно сделать вывод о том, что в науке широко используются системы массового обслуживания для разных целей.

2 Объект и методы исследования

2.1 Система массового обслуживания

Объектом исследования являются характеристики системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

В основе функционирования СМО находится теория массового обслуживания.

Применение теории массового обслуживания позволяет оценить степень работоспособности СМО и определить оптимальные параметры для функционирования системы.

Теорию массового обслуживания можно представить в виде построения математических моделей, описывающих разные параметры работы СМО с показателями, которые характеризуют ее способность справляться с потоком входящих заявок.

СМО рассматривается как математические модели, описывающие реальные либо проектируемые системы. По общему правилу, модель состоит из потока дискретных объектов, элементов системы, которые взаимодействуют с данным потоком и дисциплин обслуживания [1].

Кроме того, СМО можно определить, как динамическую систему, которая предназначена для эффективного обслуживания случайного потока заявок (требований на обслуживание) при наличии ограничений на ресурсы системы [2].

К СМО можно отнести такие реальные системы, как системы связи, телефонные станции, ремонтные мастерские, компьютерные сети, торговые организации, билетные кассы и т.д.

СМО можно разделить на:

1. СМО с отказами. Заметим, что в таких системах заявки, поступившие в то время, когда все обслуживающие приборы заняты, получают отказ от обслуживания и покидают систему.
2. СМО с очередью. Системы с очередью можно разделить на: очереди с ограниченной длиной и не ограниченной. В ситуации с ограниченной очередью при наличии свободного места в очереди заявка начинает ожидать

обслуживания, иначе заявка теряется. В ситуации с неограниченной очередью заявки накапливаются до бесконечности [3].

По количеству каналов СМО подразделяют на одноканальные и многоканальные. Как правило, заявки поступают в СМО нерегулярно, а случайным образом, образуя «случайный поток заявок (требований)». Обслуживание заявок продолжается в течение определенного случайного времени. Случайный характер потока запросов и времени обслуживания приводит к тому, что СМО загружается неравномерно: в определенные промежутки времени накапливается достаточно большое количество запросов (они либо попадают в очередь, либо оставляют СМО необслуженными), при в другие периоды СМО работает с недогрузкой или простаивает.

Между собой СМО делятся по принципу, определяющему порядок непосредственного распределения заявок между свободными приборами. Обслуживание заявки выполняется по принципу – «первая пришла — первая обслужена», «последняя пришла – первая обслужена», по приоритетам [3].

Обработка всех заявок системами массового обслуживания осуществляется с помощью «дисциплины обслуживания».

Дисциплина обслуживания – это алгоритм планирования обслуживания заявок в СМО, определяющий какая заявка будет находится на обслуживании прибором следующая [4].

2.2 Методы моделирования

Наиболее распространенными подходами к исследованию СМО являются аналитическое и имитационное моделирование, являющиеся разновидностями математического моделирования.

Аналитическое моделирование является видом математического моделирования, для которого характерно то, что процессы функционирования элементов системы фиксируются в виде функциональных соотношений

(алгебраических, разностных, интегро-дифференциальных и др.) либо логических условий [2].

Аналитическая модель может быть исследована следующими методами:

1. аналитическим методом – получением решения в общем виде;
2. численными методами – в тех случаях, когда решить уравнения в общем виде не представляется возможным);
3. качественным, в случаях, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения (например, оценить устойчивость решений) [2].

Моделирование – это распространенная разновидность аналогового моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих компьютерных программ и технологий программирования.

Моделирование является одним из самых распространенных методов исследования операций и теории управления. Данный метод представляет собой подход, когда изучаемая модель, в силу каких-либо причин, заменяется на математическую модель, достаточно точно описывающую реальную систему, с целью дальнейшего проведения над ней экспериментов (имитацией) и получения информации об этой системе [5]. Моделирование включает в себя проектирование модели системы и проведение экспериментов над ней во времени. Модели позволяют увидеть, как будет работать реальная система при различных условиях для проверки различных гипотез.

Экспериментирование с моделью называется имитацией, что является постижением сути явления, без проведения эксперимента над реальным объектом [5].

Моделирование применяется, когда:

1. проведение экспериментов над реально существующей системой нецелесообразно, в связи с дороговизной;
2. проведение экспериментов над реально существующей системой невозможно, в связи с какими-либо причинами, например, система только разрабатывается;

3. построение аналитической модели невозможно, в связи с тем, что в системе используется время, причинные связи, последствия нелинейности, стохастические переменные.

Моделирование может быть использовано в таких областях как [6]:

1. бизнес-процессы;
2. динамика населения;
3. дорожное движение;
4. ИТ-инфраструктура;
5. логистика;
6. информационная безопасность;
7. производство;
8. сервисные центры;
9. управление проектами;
10. экосистема и др.

В науке различают три вида имитационного моделирования: агентное моделирование, системная динамика и дискретно-событийное моделирование.

С учетом изложенного, можно сделать вывод о том, что метод имитационного моделирования помогает решать сложные задачи, имитирует любые сложные процессы с большим количеством элементов. Именно поэтому имитационное моделирование успешно используется в задачах исследования систем со сложной структурой в целях решения конкретных проблем.

2.3 Элементы СМО

Базовыми составными элементами каждой СМО являются [1]:

1. входящий поток заявок на обслуживание,
2. очередь заявок,
3. обслуживающие приборы,
4. дисциплины ожидания и обслуживания.

Дискретные объекты в системах массового обслуживания называют заявками, требованиями или сущностями.

Обслуживание – это взаимодействие заявок с элементами системы в течение определенного времени, а эти элементы называются обслуживающими приборами или серверами.

Порядок взаимодействия сущностей с СМО – дисциплина обслуживания, к которой относятся законы функционирования серверов, порядок поступления заявок в систему, порядок их обслуживания, а также порядок выхода из СМО. Заявки, обычно, поступают в систему нерегулярно, а случайным образом, то есть через разные интервалы времени [1].

Обслуживаются сущности так же в течение случайного интервала времени. Все это приводит к тому, что в какие-то моменты СМО оказывается неравномерно загруженной и простаивает, а в какие-то – перегруженной, и большое количество требований скапливается и находится в ожидании на обработку.

2.4 Характеристики СМО

Представляется необходимым отметить, что характеристики СМО – вторичны по отношению к параметрам, которые можно разделить на 2 группы.

Отметим важный момент: характеристики 1 группы - характеристики выходящего потока заявок, значение которых важно, т.к. при рассмотрении сетей массового обслуживания выходящий поток одной СМО в общем случае является составляющей входящего потока другой СМО [2].

Характеристики 2 группы дают возможность оценить способность конкретной СМО к выполнению возложенных на нее функций и называются показателями эффективности.

2.5 MatLab + Simulink для решения задач моделирования СМО

MatLab представляет собой сложный высокопроизводительный язык для разного рода технических расчетов. Он включает в себя различные способы вычислений, визуализацию, а также возможности программирования в удобной среде. Все это помогает пользователю выражать задачи и решения математической

форме. Данный инструмент предоставляет возможности для работы в различных областях математики, машиностроении, высокопродуктивных исследованиях, разработок и анализа данных [7].

Математические функции, инструменты и язык MatLab позволяют применять различные методы и получать результат быстрее, чем использование традиционных языков программирования (Java, Pascal, C/C++) или электронных таблиц.

Графическая среда имитационного моделирования Simulink, которая входит в пакет Matlab, позволяет при помощи блок-диаграмм строить динамические модели, которые включают в себя непрерывные, дискретные и гибридные системы. Применение данной среды дает возможность использовать готовые блоки для моделирования дискретных систем, применять модельно-ориентированный принцип разработки систем управления, устройств реального времени и средств цифровой связи.

Работа с Simulink не ограничивает пользователя работой только со встроенными блоками, так как в ней реализована возможность создания своего уникального блока [8].

Simulink – это система имитационного моделирования, являющаяся подсистемой Matlab. С её помощью можно моделировать нелинейные динамические системы. Она представляет собой среду, которая позволяет моделировать процесс работы системы с помощью перетаскивания и манипулирования блоками диаграмм на экране. Simulink позволяет осуществлять работу с различными системами, а именно: линейными, нелинейными, непрерывными, дискретными, многомерными системами.

Различные пакеты библиотеки Simulink предоставляют пользователю возможности для решения задач любого рода, например, задачи по разработки основной концепции модели. Также здесь присутствуют различного рода инструменты для проверки и тестирования [8].

Интеграция среды в MatLab расширяет возможности разработчика за счет доступа ко всем встроенным математическим алгоритмам, средствам обработки данных и научной графике.

С помощью Simulink появляется возможности выполнения симуляции динамических свойств системы и просмотра результатов моделирования. Данная библиотека предлагает ODE-решатели с фиксированным и переменным шагом, способы оценивания выполнения функций.

Специфические особенности Simulink:

1. построение моделей в интерактивной графической среде;
2. добавление собственных блоков;
3. настройка параметров сложных моделей;
4. возможность визуализировать выходные данные.

Для моделирования СМО в работе использован пакет прикладных программ MatLab со средой имитационного моделирования Simulink. Данная среда выбрана для работы, т.к. имеет преимущества: имеется подробная документация, в том числе на русском языке, также Simulink обладает понятной графической средой и обеспечивает возможность представления результатов моделирования [8].

Процесс построения модели в Simulink состоит из операций включения в модель требуемых блоков, задания их параметров и создания связей между блоками.

3. Расчет и аналитика

3.1 Марковские случайные процессы

Проанализируем марковский случайный процесс с дискретными состояниями и дискретным временем работы, который описывает систему S с конечным числом состояний. Считаем необходимым обратить внимание на возможность переходов только в определенные моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_n$.

Происходящий процесс можно представить, как цепочку случайных событий $S_1(0) \rightarrow S_1(1) \rightarrow S_2(2) \rightarrow \dots S_i(v) \rightarrow \dots S_n(k)$ [2].

Такая случайная последовательность представляет собой дискретную цепь Маркова в ситуации, когда для каждого шага v ($v = 1, 2, \dots, k$) вероятность перехода из любого состояния S_i в любое состояние S_j ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$) не зависит от того, как система пришла в состояние S_i .

Вероятности $\rho_{ij}(s, t) = P\{\xi(t) = j / \xi(s) = i\}$ ($i, j = 1, 2, \dots$) являются переходными вероятностями цепи Маркова $\xi(t)$

Цепь Маркова $\xi(t)$ является однородной в ситуации, когда переходные вероятности $\rho_{ij}(s, t)$ зависят только от разности $t - s$:

$$p_{ij}(s, t) = p_{ij}(s - t), i, j = 1, 2, \dots [2].$$

3.2 Уравнения Колмогорова

Распространенным инструментом аналитического исследования СМО следует считать уравнения Колмогорова. Основное положение состоит в том, что скорость изменения состояния марковского процесса определяется вероятностями соседних состояний и потоками их изменений [9]

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dp_i(t)}{dt} &= \sum_{j \neq i} \lambda_j p_j(t) - \lambda_i p_i(t) \\ \sum_i p_i(t) &= 1 \end{aligned} \right.,$$

где $p_i(t)$, $p_j(t)$ – вероятность нахождения СМО в i -м (j -м) состоянии в момент времени t , λ_j – интенсивность потока событий, приводящего СМО из j -го состояния в i -е или наоборот.

Таким образом, можно определить предельные вероятности системы при $\frac{dp_i(t)}{dt} = 0 \forall i$.

Однако считаем необходимым подчеркнуть, что уравнения Колмогорова справедливы не для всех статистических распределений λ_j . Правильность данных решений ограничивалась только пуассоновскими потоками.

3.3 Исследование систем массового обслуживания с простейшими потоками событий

Исследуем СМО, в которой происходящие события можно представить в виде простейших потоков событий. В итоге процессы, непосредственно происходящие в СМО, именуются марковскими. В таком случае, можно использовать понятия теории цепей Маркова [2].

Проведем анализ СМО, в которой находятся m однотипных каналов обслуживания, для которых характерно экспоненциальное распределение времени обслуживания со средним значением $\bar{t}_{об}$ либо простейшим потоком обслуживания с интенсивностью $\mu = 1/\bar{t}_{об}$, что не зависит от типа заявки, которая находится на обслуживании. Обратим внимание на то, что при загрузке m каналов заявки могут ждать обслуживания в общей очереди с количеством мест $= l$.

Дисциплины ожидания и обслуживания - беспriorитетны. В ситуации, когда очередь переполнена, вновь поступившая заявка получает отказ. Заявки на входе в СМО можно отнести к одному из M типов, при этом заявки i -го типа создают простейший поток с интенсивностью λ_i ($i = \overline{1, M}$). С учетом анализа беспriorитетной СМО с общей очередью, считаем правильным рассматривать совокупный входящий поток, который необходимо считать простейшим с интенсивностью $\lambda = \sum_{i=1}^M \lambda_i$ [2].

Будем считать, что заявки нетерпеливы. Уходы таких заявок возможны, как из очереди, если $t_{ож} > \tau_{доп}$, так и из канала обслуживания, если $t_{ож} \leq \tau$ и $t_c > \tau_{доп}$.

Предполагается, что $\tau_{\text{доп}}$ – СВ с экспоненциальной плотностью вероятности и математическим ожиданием $\bar{\tau}_{\text{доп}}$. Считаем простейший поток уходов из СМО с интенсивностью $\nu = 1/\bar{\tau}_{\text{доп}}$. Таким образом, считаем целесообразным исследовать 2 потока уходов с характерными интенсивностями $\nu_{\text{ож}}$ и $\nu_{\text{об}}$ [2].

С учетом того, что время выхода заявки из очереди располагается на интервале между соседними событиями в потоке уходов, то интервал времени между временем назначения заявки на обслуживание и потенциального ухода заявки из канала обслуживания будет иметь одинаковое экспоненциальное распределение с математическим ожиданием $\bar{\tau}_{\text{доп}}$. Таким образом, следует отметить, что потоки уходов из очереди и канала обслуживания также будут простейшими с тождественными интенсивностями [2]:

$$\nu_{\text{ож}} = \nu_{\text{об}} = \nu = 1/\bar{\tau}_{\text{доп}}.$$

Потенциальные состояния СМО целесообразно связывать с количеством заявок, непосредственно находящихся в системе: S_0 – в СМО вообще отсутствуют заявки; S_1 – в СМО лишь одна заявка, которую обслуживает 1 канал, остальные $m - 1$ каналов простаивают, соответственно очередь отсутствует; S_m – в СМО m заявок, все каналы заняты, очередь отсутствует;

S_{m+1} – в СМО $m + 1$ заявка, последняя заявка стоит в очереди; S_{m+n} – в СМО $m + n$ заявок, все m каналов обслуживания заняты, все n мест в очереди заняты, СМО не принимает ни одной другой заявки, все вновь прибывающие заявки получают отказ [2]. Указанные состояния СМО графически можно представить в следующем виде (рис. 1).

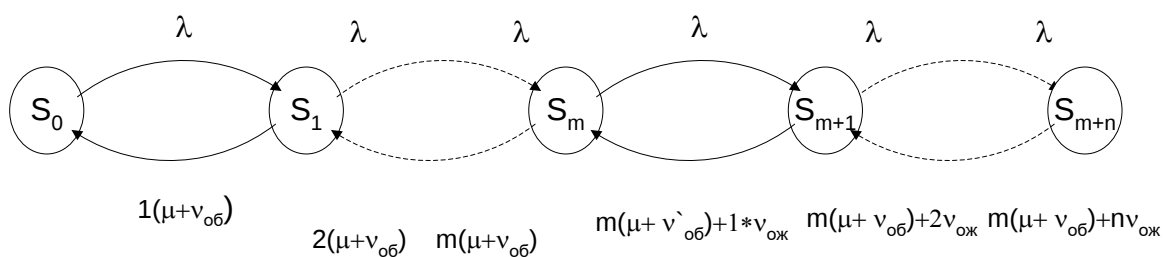


Рис. 1. Граф состояний СМО

Проведем анализ графа состояний исследуемой СМО. Переходы между состояниями такой СМО будут осуществляться непосредственно под действием входящего потока заявок, потока уходов заявок, являющихся нетерпеливыми, из очереди либо канала обслуживания, потока обслуженных заявок. В данной ситуации получим следующее [2]:

1. Переход в СМО с увеличением индекса осуществляется благодаря входящему потоку заявок λ .

2. Для состояний $i = \overline{1, m}$ отсутствует очередь и переходы в сторону уменьшения индекса обусловлены 2 независимыми потоками, такими, как: поток обслуживания с интенсивностью μ , а также поток ухода заявок, являющихся нетерпеливыми, с интенсивностью $\nu_{об}$. Интенсивность суммарного потока $= \mu + \nu_{об}$.

3. Поскольку процессы в разных каналах независимы, то интенсивность переходов $= i \cdot (\mu + \nu_{об})$.

4. В состоянии S_{m+l} ($l = \overline{1, n}$) переход с уменьшением индекса вызван 2 потоками:

- суммарная интенсивность переходов благодаря потокам обслуживания и ухода заявок, являющихся нетерпеливыми, из каналов обслуживания, $\Rightarrow m \cdot (\mu + \nu_{об})$;
- другой компонент соответствует интенсивности уходов заявок, являющихся нетерпеливыми, из очереди и пропорциональна длине очереди l , $\Rightarrow l \cdot \nu_{ож}$.

Обычно интерес представляет установившийся процесс в СМО т.е. $t \rightarrow \infty$. С учетом свойства цепей Маркова с целью получения предельных вероятностей состояний считаем необходимым использовать формулы Эрланга

$$\left. \begin{aligned} P_i &= \frac{\lambda^i}{i! \cdot (\mu + \nu_{об})^i} P_0 & (i = \overline{1, m}) ; \\ P_{m+l} &= \frac{\lambda^m}{m! \cdot (\mu + \nu_{об})^m} \prod_{i=1}^l \frac{\lambda}{[m \cdot (\mu + \nu_{об}) + i \cdot \nu_{ож}]} P_0 & (l = \overline{1, n}) . \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

Укажем интенсивности всех потоков к интенсивности потока обслуживания μ :

$$\left. \begin{aligned} P_i &= \frac{\rho^i}{i! \cdot (1 + \alpha_{об})^i} P_0 & (i = \overline{1, m}); \\ P_{m+l} &= \frac{\rho^m}{m! \cdot (1 + \alpha_{об})^m} \prod_{i=1}^l \frac{\rho}{[m \cdot (1 + \alpha_{об}) + i \cdot \alpha_{ож}]} P_0 & (l = \overline{1, n}). \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

В формуле (2.2) имеются такие обозначения: $\rho = \lambda/\mu$ – приведенная интенсивность входящего потока, которая представляет собой среднее количество заявок, поступающие на вход СМО за среднее время обслуживания 1 заявки; $\alpha_{об} = \nu_{об}/\mu$ – приведенная интенсивность потока уходов из канала обслуживания; $\alpha_{ож} = \nu_{ож}/\mu$ – приведенная интенсивность потока уходов из очереди.

$$\sum_{i=0}^{m+n} P_i = 1. \quad (2.3)$$

С учетом (2.2) и (2.3) получили систему из $m + n + 1$ линейных уравнений с $m + n + 1$ неизвестных. Учитывая изложенное, в итоге получается:

$$P_0 = \left[1 + \sum_{i=1}^m \frac{\rho^i}{i! \cdot (1 + \alpha_{об})^i} + \frac{\rho^m}{m! \cdot (1 + \alpha_{об})^m} \sum_{l=1}^n \prod_{i=1}^l \frac{\rho}{[m \cdot (1 + \alpha_{об}) + i \cdot \alpha_{ож}]} \right]^{-1}. \quad (2.4)$$

Один из важных показателей эффективности СМО – среднее количество каналов $\bar{K}$, занятых обслуживанием:

$$\bar{K} = 0 \cdot P_0 + \sum_{i=1}^m i \cdot P_i + m \cdot \sum_{l=1}^n P_{m+l} = \sum_{i=0}^m i \cdot P_i + m \cdot (1 - \sum_{i=0}^m P_i). \quad (2.5)$$

Также определяется средняя длина очереди $\bar{l}$:

$$\bar{l} = 0 \cdot \sum_{i=1}^m P_i + \sum_{l=1}^n l \cdot P_{m+l} = \sum_{l=1}^n l \cdot P_{m+l}. \quad (2.6)$$

Из выражений (2.5) и (2.6) можно получить среднее количество заявок, которые находятся в системе:

$$\bar{Z} = \bar{l} + \bar{K} = \sum_{l=1}^n l \cdot P_{m+l} + \sum_{i=0}^m i \cdot P_i + m \cdot (1 - \sum_{i=0}^m P_i). \quad (2.7)$$

В исследуемой СМО имеется возможность утраты заявок вследствие переполнения системы либо ухода заявок, являющихся нетерпеливыми. Вероятность отказа можно определить как вероятность пребывания системы в состоянии S_{m+n} :

$$P_{отк} = P_{m+n} = \frac{\rho^{m+n}}{m! \cdot (1 + \alpha_{об})^m \cdot \prod_{i=1}^n [m \cdot (1 + \alpha_{об}) + i \cdot \alpha_{ож}]} P_0. \quad (2.8)$$

Обозначим $P_{y.ож}$, $P_{y.об}$ – вероятность ухода заявки, являющейся нетерпеливой, в период нахождения в очереди, а также в момент обслуживания в канале соответственно. Учитывая то, что исследуемые уходы несовместимы, вероятности суммируются [2]:

$$P_y = P + P_{y.об}. \quad (2.9)$$

Вероятность ухода заявки во время обслуживания определяется

$$P_{y.об} = \bar{K} \cdot \nu_{yx} / \lambda. \quad (2.10)$$

Также определяется вероятность ухода при ожидании в очереди:

$$P_{y.ож} = \bar{l} \cdot \nu_{yx} / \lambda. \quad (2.11)$$

Т. к. исследуемые процессы несовместимы, то из этого следует [2]

$$P_{\pi} = P_{отк} + P_{y.ож} + P_{y.об}, \quad (2.12)$$

$$P_{об} = 1 - P_{\pi}, \quad (2.13)$$

$$\lambda_{об} = \lambda \cdot P_{об} = \lambda \cdot (1 - P_{\pi}). \quad (2.14)$$

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проведем анализ простейшей системы, которая включает в себя источник заявок и сервер, очередь отсутствует. (В данной ситуации приведем рисунок графа с состояниями S_0 и S_1 .)

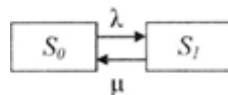


Рис 2. Одноканальная СМО без очереди

S_0 — канал обслуживания свободен;

S_1 — канал обслуживания занят.

4 Анализ результатов исследования

Рассмотрим три варианта загрузки системы.

1. Система недогружена.

Вычислим показатели обслуживания для одноканальной СМО:

$$\mu = 2\lambda$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$P_0 = \frac{1}{(1+\rho)} = \frac{1}{(1+0,5)} = \frac{1}{1,5} = 0,667$$

$$P_1 = \rho * P_0 = 0,5 * 0,667 = 0,333$$

2. Система сбалансирована

$$\mu = \lambda$$

$$\rho = 1$$

$$P_0 = \frac{1}{(1+\rho)} = 0,5$$

$$P_1 = \rho * P_0 = 1 * 0,5 = 0,5$$

3. Система перегружена

$$\mu = 0,5\lambda$$

$$\rho = 2$$

$$P_0 = \frac{1}{(1+\rho)} = 0,333$$

$$P_1 = \rho * P_0 = 2 * 0,333 = 0,667$$

4.1. Пример моделирования СМО

Попытка создать первую версию модели одноканальной СМО с отказами, скорее всего, привела бы к модели, состоящей из генератора заявок, напрямую подключенного к одиночному серверу. Заявки генерируются с экспоненциальным распределением длительности пауз со средним значением t паузы, а сервер обслуживает заявки в течение времени, также подчиненного экспоненциальному закону со средним временем обслуживания $t_{\text{обс}}$. Однако наблюдение за сигналом фактической средней длительности пауз между заявками и коэффициентом занятости

сервера, определяемым согласно формуле, показало бы, что они оказываются завышенными и не соответствуют теоретически предполагаемым результатам.

Причина такого поведения модели кроется в принципе работы генератора заявок. Когда сервер занят обслуживанием предыдущей заявки, а генератор пытается послать новую заявку, происходит не отказ в обслуживании, как предполагается в теории, а приостановка генератора. Когда сервер освободится, он разблокирует генератор, и тот отправит задержанную заявку. Другими словами, налицо наличие памяти (последствия) в системе. Генерирование заявки зависит от занятости сервера, чего не должно быть.

Для того чтобы преодолеть эту проблему и создать СМО, функционирующую согласно описанному во втором рисунке, потребуется добавить в модель коммутатор заявок и приемник отклоненных заявок. В итоге получилась корректная версия одноканальной СМО с отказами, приведенная на (Рис.3.)

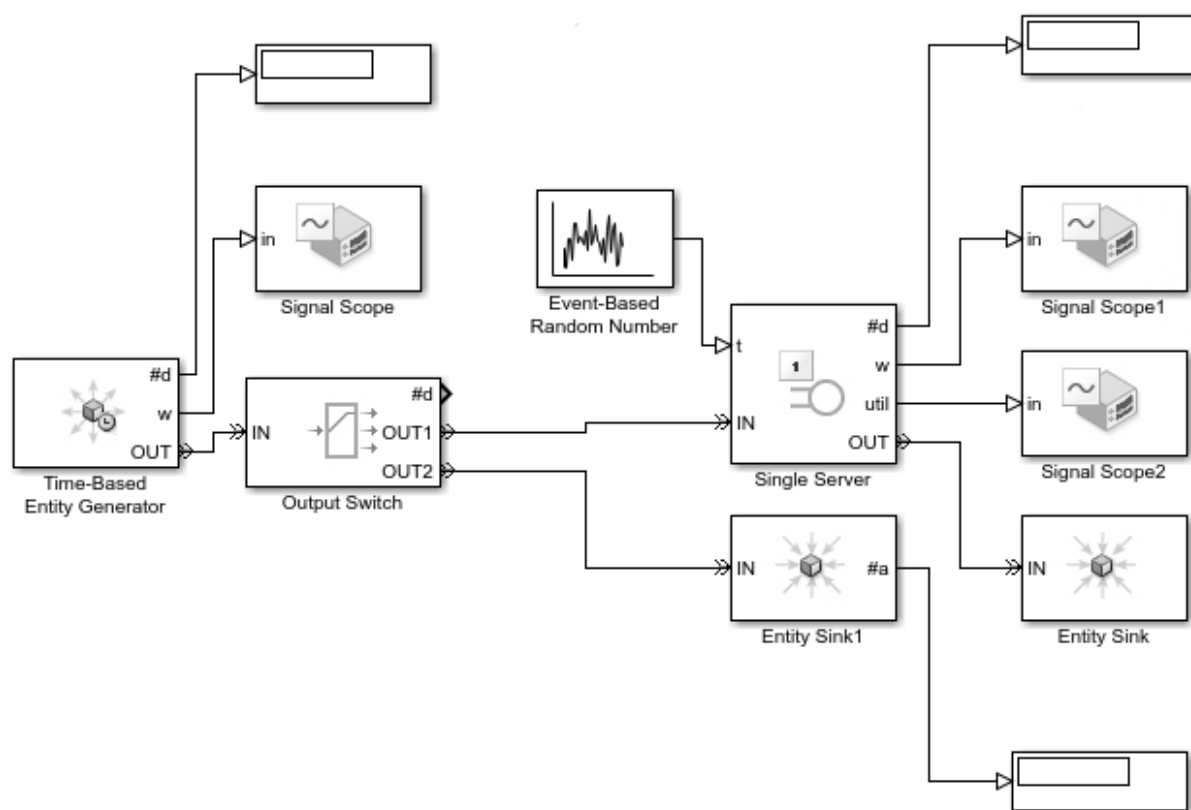


Рисунок 3. Модель одноканальной СМО с отказами

- 1 Параметры генерации заявок для первого эксперимента (система недогружена), $\lambda=5$, $\mu=10$.

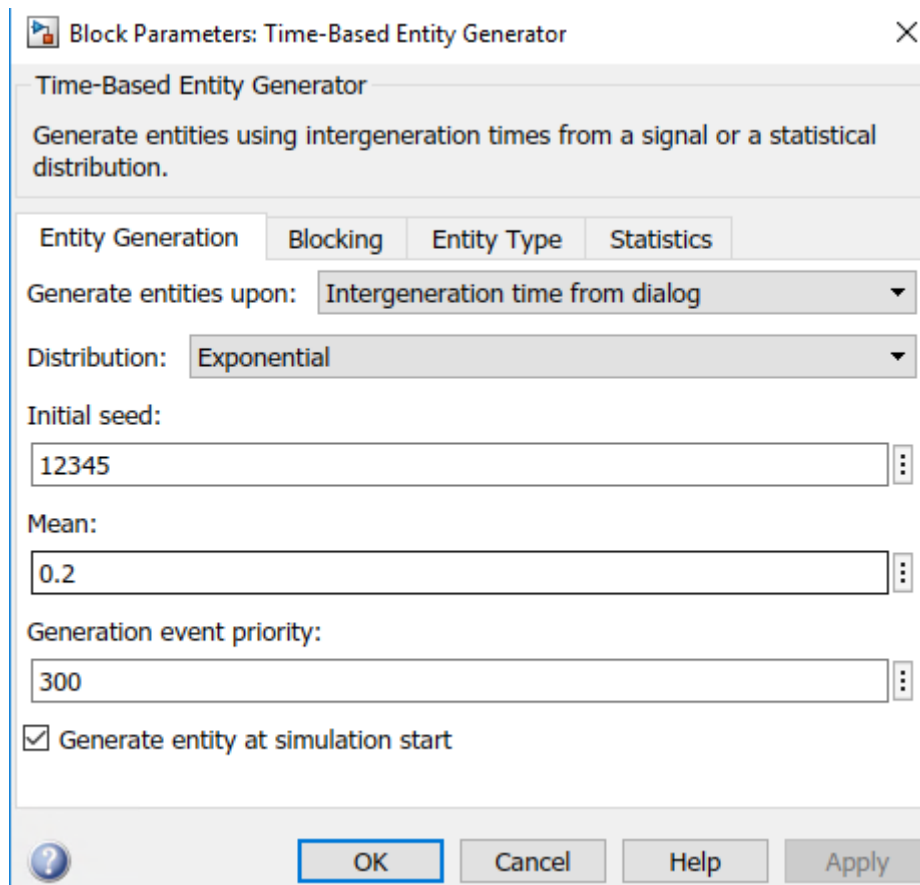


Рисунок 4 – Параметры генерации обычных заявок

Итого за 100 единиц времени было сгенерировано количество заявок, представленное в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты недогруженной системы

	Генератор обычных заявок
Параметры	mean:0,2 seed:12345
Сгенерировано заявок	496
Обслуженных заявок	496

- 2 Параметры генерации заявок для второго эксперимента (система сбалансирована), $\lambda=5, \mu=5$.

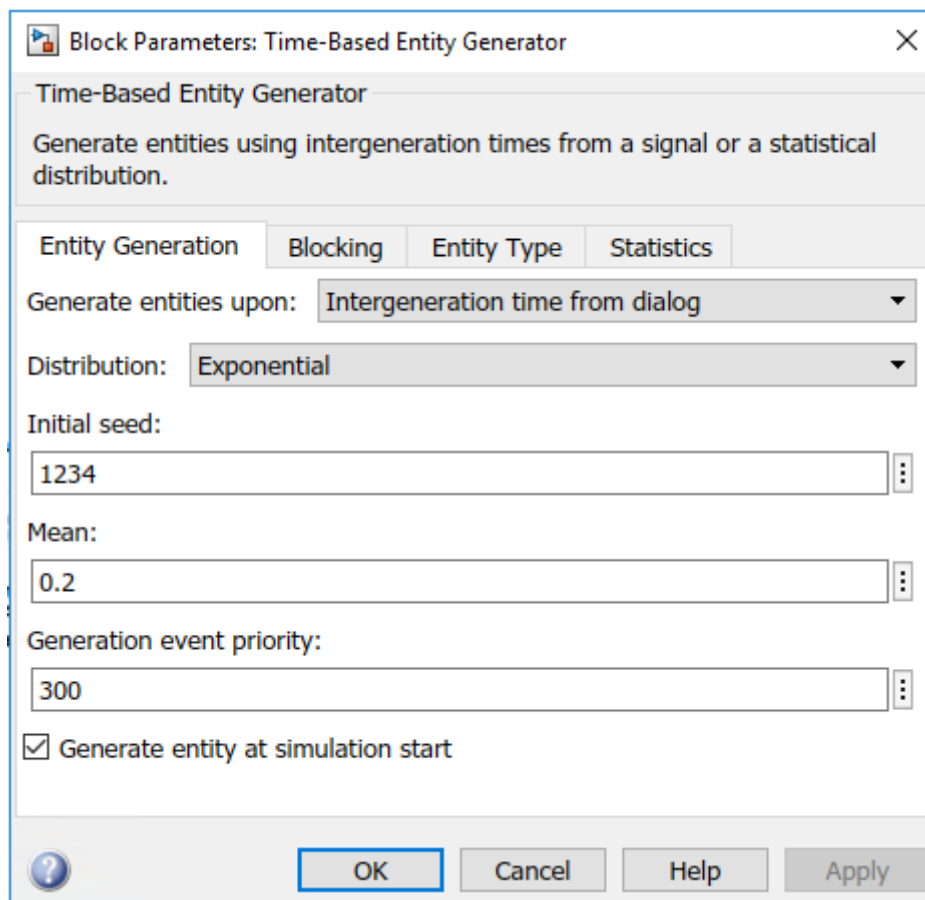


Рисунок 5 – Параметры генерации обычных заявок

Итого за 100 единиц времени было сгенерировано количество заявок, представленное в таблице 2:

Таблица 2 – Результаты сбалансированности системы

	Генератор обычных заявок
Параметры	mean:0,2 seed:1234
Сгенерировано заявок	459
Обслуженных заявок	242

3 Параметры генерации заявок для третьего эксперимента (система перегружена), $\lambda=10$, $\mu=5$.

Block Parameters: Time-Based Entity Generator

Time-Based Entity Generator

Generate entities using intergeneration times from a signal or a statistical distribution.

Entity Generation Blocking Entity Type Statistics

Generate entities upon: Intergeneration time from dialog

Distribution: Exponential

Initial seed: 12345

Mean: 0.1

Generation event priority: 300

☒ Generate entity at simulation start

OK Cancel Help Apply

Рисунок 6 – Параметры генерации обычных заявок

Время моделирования было установлено в 100 ед. времени, результаты генерации заявок за это время представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты генерации заявок

Параметры	mean:0,1 seed:12345
Сгенерировано заявок	982
Обслуженных заявок	326

Во время проведения еще одного эксперимента с источником внешних воздействий время моделирования составляло 100 ед. В систему

одновременно поступали заявки трех типов, при этом устройства работали по экспоненциальному закону.

Таким образом, результаты сгенерированных заявок для трёх экспериментов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты заявок для трёх экспериментов

№ Эксперимента	Сгенерированных заявок	Обслуженных заявок	P_0	P_1
1	496	496	0,4984	0,5016
Теория	-	-	0,667	0,333
2	459	242	0,5235	0,4765
Теория	-	-	0,5	0,5
3	982	326	0,3439	0,6561
Теория	-	-	0,333	0,667

Из таблицы можно сделать вывод, что при не догруженной системе максимальная погрешность составляет 17%. При сбалансированной и перегруженной системах максимальная погрешность составляет 1%.

Во время проведения еще одного эксперимента с источником внешних воздействий время моделирования составляло 1000 ед. В систему одновременно поступали заявки трех типов, при этом устройства работали по равномерному закону

Таким образом, результаты сгенерированных заявок для трёх экспериментов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты сгенерированных заявок для трёх экспериментов

№ Эксперимента	Сгенерированных заявок	Обслуженных заявок	P_0	P_1
1	101	101	0,4981	0,5019
Теория	-	-	0,667	0,333
2	101	66	0,6668	0,3332
Теория	-	-	0,5	0,5
3	101	39	0,2117	0,7883
Теория	-	-	0,333	0,667

Из таблицы можно сделать вывод, что при не догруженной системе максимальная погрешность составляет 17%. При сбалансированной системе максимальная погрешность составляет 2%. При перегруженной системе максимальная погрешность составляет 12%.

Во время проведения еще одного эксперимента с источником внешних воздействий время моделирования составляло 1000 ед. В систему одновременно поступали заявки трех типов, при этом устройства работали по нормальному (Гауссовому) закону.

Таким образом, результаты сгенерированных заявок для трёх экспериментов представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты сгенерированных заявок для трёх экспериментов

№ Эксперимента	Сгенерированных заявок	Обслуженных заявок	P_0	P_1
1	101	100	0,5265	0,4735
Теория	-	-	0,667	0,333
2	101	66	0,6843	0,3157
Теория	-	-	0,5	0,5
3	101	39	0,1949	0,8051
Теория	-	-	0,333	0,667

Из таблицы можно сделать вывод, что при недогруженной системе максимальная погрешность составляет 14%. При сбалансированной системе максимальная погрешность составляет 2%. При перегруженной системе максимальная погрешность составляет 2 %.

5 Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность

Данная магистерская диссертация направлена на исследование и сравнение характеристик системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

Моделирование является одним из современных методов синтеза и анализа сложных систем, так как реальные эксперименты во многих случаях небезопасны, кроме того требуют существенных временных или финансовых затрат.

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

Основная задача при исследовании систем массового обслуживания состоит в определении их характеристик. Моделирование систем массового обслуживания в среде Matlab + Simulink позволяет получить необходимые результаты.

Объектом исследования являются характеристики системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

Целью магистерской диссертации является исследование и сравнение характеристик системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

Таким образом, разработка и исследование СМО актуальна в настоящее время.

Цель данного раздела - проведение комплексного описания и анализа финансово-экономических аспектов выполненной работы, оценка денежных затрат на исследование, экономическая оценка результатов ее внедрения, чтобы оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

5.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации диссертации необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Исполнителями являются следующие участники процесса написания диссертации:

1. инженер – автор магистерской диссертации (И);
2. научный руководитель (НР).

План работ и распределение нагрузки между исполнителями представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ этапа	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
2	Анализ предметной области	НР, И	НР – 30% И – 70%
3	Составление календарного плана	НР, И	НР – 50% И – 50%
4	Обзор и изучение материалов по теме Исследования	И	И – 100%
5	Разработка и исследование модели СМО	И	И – 100%
6	Проведение тестирования	И	И – 100%
7	Анализ проведенных исследований	НР, И	НР – 20% И – 100%
8	Составление отчета	И	И – 100%

5.1.1 Продолжительность этапов работ

Определив этапы работы, необходимо рассчитать их продолжительность. Для формирования календарного плана выполнения работ был использован опытно-статистический метод, реализуемый двумя способами:

1. аналоговый;
2. экспертный.

Ожидаемые значения продолжительности работ тоже были рассчитаны с использованием экспертного способа, реализуемого при помощи следующей формулы:

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

(5.1)

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

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Исполнителями являются инженер и научный руководитель.

Для построения графика работ необходимо рассчитать продолжительность этапов в рабочих днях (по формуле 5.1), а затем перевести полученные результаты в календарные дни, используя формулу 5.2. Формулы расчета приведены ниже.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (5.2)$$

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

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5.3)$$

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

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22 ,$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

В таблице 5.2 описаны этапы работы и их трудоемкость по исполнителям, занятым на каждом этапе. По показанию полученных величины трудоемкости этапов по исполнителям построен линейный график осуществления проекта, который представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение диссертации

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка целей и задач	НР	2	6	3,6	4,2	–	4,1	–
Анализ предметной области	НР, И	1	5	2,6	0,9	2,2	1,1	2,7
Составление календарного плана	НР, И	1	3	1,8	1,1	1,1	1,3	1,3
Обзор и изучение материалов по теме исследования	И	5	8	6,2		7,44		9,08
Разработка и исследование модели СМО	И	10	16	12,4	–	14,9	–	18,2
Проведение тестирования	И	7	9	7,8	–	9,4	–	11,5
Анализ проведенных исследований	НР, И	10	13	11,2	2,7	13,4	3,3	16,4
Составление отчета	И	14	17	15,2	–	18,2	–	22,2
Итого:				60,8	8,9	66,6	9,8	81,4

На основе полученных в таблице данных построим диаграмму Ганта, наглядно отображающую календарный план-график всех научно-

исследовательских работ, а также показывает нагрузку на исполнителей работ на каждом этапе (см. рис. 5.1–5.2).

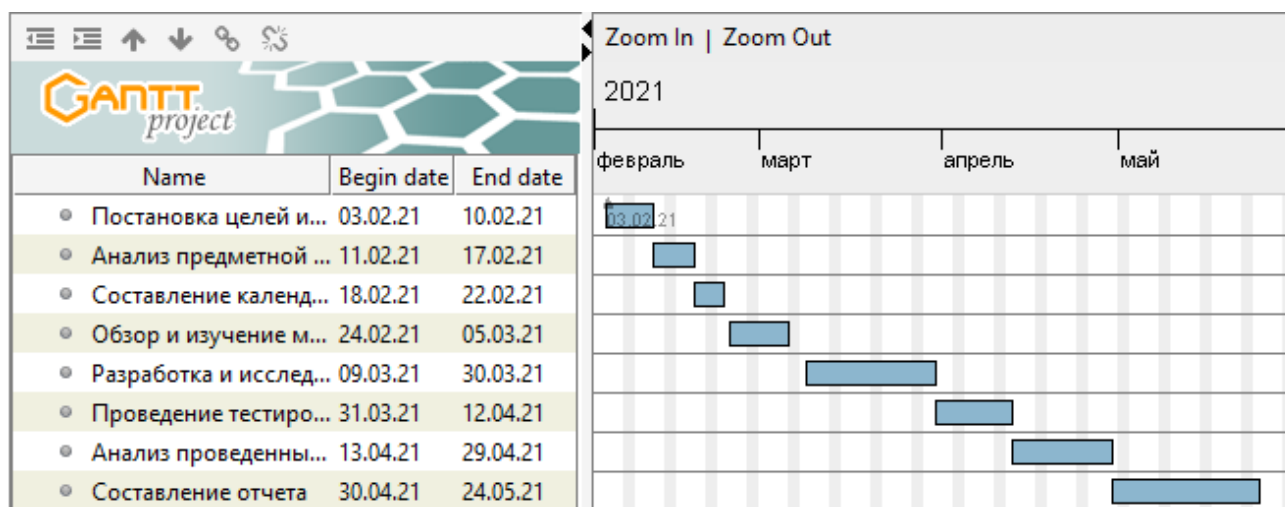


Рисунок 5.1 – График проведения научно-исследовательских работ

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Расчет сметы включает расчет всех расходов, которые необходимы для реализации всех предусмотренных работ. Расчет производится по следующим статьям затрат:

1. материалы;
2. заработная плата;
3. социальный налог;
4. расходы на электроэнергию (без освещения);
5. амортизационные отчисления;
6. прочие (накладные) расходы.

Совокупность статей затрат образуют затраты на выполнение научно-исследования.

5.2.1 Расчет затрат на материалы

Статья затрат на материалы включает в себя затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и лицензии на продукты, необходимых для выполнения работ по теме исследования. Расчет стоимости

материальных затрат производится по действующим ценникам или договорам поставки. Также статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5%. Расчет затрат на материалы приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага А4	200	1 упаковка	200
Лицензия ПО	3000	1 экз.	3000
Картридж для принтера	1600	1 экз.	1600
Итого:			4800

С учетом соответствующих затрат, составляющих 5% от отпускной цены материалов, расходы на материалы равны $C_{\text{мат}} = 4800 \cdot 1,05 = 5040$ руб.

5.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.5.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.4)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата руководителя, инженера рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (5.5)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 5.2);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.6)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Для расчета заработной платы использовались данные баланса рабочего времени таблицы 5.4.

Таблица 5.4 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	118
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{окл}} \cdot k_p, \quad (5.7)$$

где $Z_{\text{окл}}$ – оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук, оклад составил 35111,5 руб.

Оклад инженера составил 22695,68 руб.

Таблица 5.5 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{ок} , руб.	k _р	З _м , Руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель, доцент, кандидат технических наук	35111,5	1,3	45644,95	1923,87	9	17314,83
Инженер	22695,68	1,3	29504,4	1495,24	67	100181,08
Итого З осн.						117495,91

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.8)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	к _{доп}	З _{осн}	З _{доп}
Научный руководитель	0,12	17314,83	2077,78
Инженер		100181,08	12021,73
Итого			14099,51

Итого суммарные затраты на заработную плату всем исполнителям с учетом стандартных окладов исполнителей в зависимости от занимаемой должности и ученого звания составляют $C_{\text{зп}} = 131595,42$ рублей.

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, являются обязательной статьей расходов и составляют 30% от полной заработной платы по проекту. Следовательно, затраты на ЕСН вычисляются по следующей формуле:

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3,$$

где $C_{\text{зп}}$ – суммарные затраты на заработную плату по проекту.

Итоговые затраты на социальный налог равны $C_{\text{соц.}} = 89346,75$ руб. * 0,3 = 26804,025 руб.

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}},$$

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

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

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1кВт·час. Одноставочный тариф на электроэнергию в Томской области равен 6,59 руб за 1 кВт.ч.

При этом время работы оборудования рассчитывается на основе данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{\text{рд}} = 63,8$ дней) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ.}} * K_C$$

где $P_{\text{НОМ.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт (показатели для ПК – 0,5 кВт, для принтера – 0,1 кВт);

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Примем значение $K_C = 1$.

Расчет затрат представлен в таблице 5.5.

Таблица 5.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования <i>t</i> _{ОБ} , час	Потребляемая мощность <i>P</i> _{ОБ} , кВт	Тариф на 1кВт·час ЦЭ, руб	Затраты ЭОБ, руб.
Персональный компьютер	63,8 дней * 8 часов =510,4	0,5	6,59	1681,77
Струйный принтер	10	0,1		6,59
Итого:				1688,36

Итого затраты на электроэнергию для технологических целей составляют $C_{\text{эл}} = 1688,36$ рублей.

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

Данный расчет необходим в целях учета амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта. Для расчета амортизационных затрат используется следующая формула:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_A * C_{\text{ОБ}} * t_{\text{рф}} * n}{F_D},$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, час;

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

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

N_A для персонального компьютера составляет обратную величину от срока амортизации равного 2,5 года, значит, $N_A(ПК) = 1 / 2,5 = 0,4$. Номинальная стоимость одного ПК составляет 50 тысяч рублей. Для расчета $F_d(ПК)$ будем учитывать, что количество рабочих дней в 2021 году при пятидневной рабочей неделе равно 247 дней, рабочий день длится 8 часов. Таким образом $F_d(ПК) = 247 * 8 = 1976$ часов.

Таким образом, амортизация, начисленная на ПК, равна:

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 50\,000 \text{ руб} * 510,4 * 1 \text{ ед}}{1976 \text{ часов}} = 5165,99 \text{ руб.}$$

5.2.6. Расчет прочих расходов

Статья прочих расходов включает расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов и рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$$

Таким образом, прочие расходы равны $C_{\text{проч.}} = (5040 + 131595,42 + 26804,025 + 1688,36 + 5165,99) * 0,1 = 17029,38$ руб.

5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общая стоимость разработки складывается из всех статей расходов. Расчеты позволяют определить величину бюджета затрат научно-технического исследования. Смета затрат на разработку представлена в таблице 5.6.

Таблица 5.8 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Статья затрат	Сумма, руб.
Материалы	5040

Заработная плата	131595,42
Отчисления в социальные фонды	26804,025
Расходы на электроэнергию	1688,36
Амортизационные отчисления	5165,99
Прочие расходы	17029,38
Итого:	187323,17

Итоговые затраты на разработку составляют $C = 187323,17$ рублей.

5.2.8 Расчет прибыли

Для расчета прибыли определим, что ее размер составляет 20% от полной себестоимости проекта. Себестоимость проекта равна затратам на его разработку $C = 187323,17$ рублей. Тогда прибыль составит: $187323,17 * 20\% = 37464,6$ рублей.

5.2.9 Расчет НДС

Налог на добавленную стоимость (НДС) составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Таким образом, сумма налога равна $(187323,17 + 37464,6) * 0,2 = 224787,77 * 0,2 = 44957,5$ руб.

5.2.10 Цена разработки научно-исследовательской работы

Определим итоговую цену разработки научно-исследовательской работы, которая равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС: $C_{НИР(КР)} = 187323,17 + 37464,6 + 44957,5 = 269745,27$ рублей.

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то рассмотрим частный случай задачи оценки экономической эффективности инвестиций с целью получения определенного результата в будущем и определим срок окупаемости затрат на разработку проекта (инвестиций).

5.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period)

При помощи показателя PP определим продолжительность периода, через который инвестиции окупятся благодаря прибыли от реализации продукта. Чем меньше **PP**, тем эффективнее проект. Использование показателя предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций. Используется формула

$$PP = n_{ц_j} + \frac{\Delta PP_{ч_j}}{PP_{ч_{j+1}}}, \quad (5.9)$$

где $n_{ц_j}$ – целое число лет, при котором накопленная сумма прибыли наиболее близка к величине инвестиций I_0 , но не превосходит ее;

$\Delta PP_{ч_j}$ – непокрытая часть инвестиций по истечении $n_{ц_j}$ лет реализации проекта;

$PP_{ч_{j+1}}$ – прибыль за период, следующий за $n_{ц_j}$ -м.

В качестве источника прибыли возьмем цену одной реализованной лицензии разработанного программного обеспечения, равной 150 000 рублей.

Так как цена лицензии включает в себя НДС, то для расчета прибыли необходимо этот налог (НДС = 20%) вычесть, т.е.

150 000 руб. (с учетом НДС) – 120%

$PP_{л}$ (без НДС) – 100%

Тогда цена одной лицензии без НДС равна $Ц_{л}$ (без НДС) = 150 000 * 100% / 120% = 125000 руб.

Помимо этого, для получения значения балансовой прибыли (прибыль до налогообложения) из $Ц_{л}$ (без НДС) необходимо вычесть сопутствующие при продаже лицензии расходы, перечень затрат представлен в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Сопутствующие расходы при продаже одной лицензии
ПО

Наименование	Цена за 1 шт. (руб)
Оплата труда дистрибьютеру лицензий за 1 проданную лицензию	5 000
Итого:	5000

Следовательно, балансовая прибыль от продажи одной лицензии равна $ПР_{л} = 125000 - 5000 = 120000$ рублей.

Кроме того, чтобы пользоваться ПО необходимо каждый год продлевать лицензию. Цена продления лицензии равна 60 000 рублей, при этом сопутствующие затраты отсутствуют, значит, балансовая прибыль от продажи продления равна ее цене за вычетом НДС = 20%. Тогда $ПР_{л.пд} = Ц_{л.пд}(\text{без ДС}) = 60\,000 * 100\% / 120\% = 50000$ рублей.

Так как для расчетов окупаемости проекта необходима чистая прибыль, то из балансовой прибыли необходимо также вычесть налог на прибыль (чистая прибыль рассчитывается как 83,3% от балансовой прибыли).

Таким образом, прибыль за год считается по следующей формуле:

$$\begin{aligned} ПР_{чj} &= (ПР_{л} * n1 + ПР_{л.пд} * n2) * 83,3\% = \\ &= (120000 * n1 + 50000 * n2) * 83,3\%, \end{aligned}$$

где $ПР_{л}$ – балансовая прибыль с продажи одной лицензии;

$ПР_{л.пд}$ – балансовая прибыль с продажи одного продления лицензии;

$n1$ – количество проданных лицензий;

$n2$ – количество проданных продлений лицензии.

Расчет накопленных денежных поступлений приведен в таблице 5.10, когда планируется продавать 1 лицензию в год и продлевать ранее купленные.

Таблица 5.10 – Накопленные денежные поступления

Год	Инвестиции (руб.)	Балансовая прибыль (до вычета налога) (руб.)	Чистая прибыль (руб.)	Накопленный денежный поток (руб.)
0	-350000	120000	99960	-250040
1		170000 = 120000 + 50 000	141610	-108430
2		220000 = 120000 + 100 000	183260	-74830
3		270000 = 120000 + 150000	224910	150080
4		320000 = 120000 + 200000	266560	416640
5		370000 = 120000 + 250000	308210	724850

Рассчитаем РР, используя формулу 5.9. Из приведенных в таблице 5.10 расчетов следует, что 2-й год эксплуатационного периода дает минимум

непокрытого остатка (-74830 руб.) инвестированной суммы 350000 руб., следовательно, $n_{ц_j} = 2$. Тогда $\frac{\Delta PR_{ч_j}}{PR_{ч_{j+1}}} = 74830 / 224910 = 0,33$; следовательно, РР равен 2,33 года.

Таким образом, при указанном плане продаж затраты на НИР окупятся спустя 2 года 4 месяца, и дальше такой проект будет приносить только прибыль. Так как период окупаемости больше года, то при расчете срока окупаемости РР необходимо учесть изменение ценности денег во времени. А также целесообразно рассчитать величину накопленного чистого эффекта по формуле:

$$NPV = \sum_{j=1}^n PR_{ч_j} - I_0, \quad (5.10)$$

где n – продолжительность в годах периода оценки эффекта или срок реализации проекта примем 5 лет.

При расчетах по формулам 5.9-5.10 вместо величин $\Delta PR_{ч_j}$ и $PR_{ч_{j+1}}$ необходимо использовать их дисконтированные аналоги, получаемые путем деления $\Delta PR_{ч_j}$ и $PR_{ч_{j+1}}$ на $(1 + i)^j$, где i – ставка дисконтирования (целевой уровень годовой доходности инвестируемых средств) с принятым значением $i = 0,1$. Поэтому, произведем перерасчет данных таблицы 5.10, но с учетом убывания реальной стоимости результатов в будущие годы относительно периода инвестирования. Расчет дисконтированного срока окупаемости представлен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчет дисконтированного срока окупаемости

Год	Инвестиции	Номинальная Прибыль	Коэффициент дисконтирования $1/(1+0,1)^i$	Дисконтированная прибыль	Накопленный денежный поток
0	-350000	99960	1	99960	-250040
1		141610	0,9091	128737,65	-121302,35
2		183260	0,8264	151446,06	-30143,71
3		224910	0,7513	138831,17	108687,46
4		266560	0,683	182060,48	290747,94
5		308210	0,6209	191367,59	482115,53

Рассчитаем РР для данного случая с учетом дисконтирования, используя формулу 5.9. Из приведенных в таблице 5.11 расчетов также следует, что минимум непокрытого остатка инвестированной суммы дает 2-й год эксплуатационного периода (-30143,71 руб.), следовательно, $n_{ц} = 2$. Тогда

$$\frac{\Delta PR_{чj}}{PR_{чj+1}} = 30143,71 / 138831,17 = 0,22; \text{ следовательно, РР равен 2,22 года.}$$

Таким образом, при указанном плане продаж, но с учетом изменения ценности денег, затраты на НИР окупятся спустя 2 года и 6 месяцев, что отличается на 2 месяца от расчетов без учета такой особенности. Величина накопленного чистого эффекта, рассчитанная по формуле 5.10, равна: $NPV = (99960 + 128737,65 + 151446,06 + 138831,17 + 182060,48 + 191367,59) - 350000 = 542402,95$ руб.

Таким образом, затраты на разработку полностью окупятся после 2,22 года. Кроме того, к концу срока будет получен чистый доход: $\frac{NPV}{I_0} = 542402,95 / 350000 = 155\%$ от суммы инвестиции в проект.

С учетом изложенного, расчеты сроков окупаемости подтверждают, что данный проект является экономически эффективным.

5.4 Выводы по разделу

В ходе выполнения магистерской диссертации была разработана модель СМО с источником внешних воздействий.

В данном разделе проведено планирование этапов научно-технического исследования, рассчитана трудоемкость всех работ и занятость исполнителей при выполнении каждой из них.

Кроме того, выполнены расчеты полных денежных затрат на разработку проекта и определены сроки и условия его окупаемости.

6 Социальная ответственность

Введение

Данная магистерская диссертация направлена на исследование и сравнение характеристик системы массового обслуживания, полученные аналитически и в среде Matlab + Simulink.

Область применения: сфера производства, бытового обслуживания, информационных технологий, экономики, финансов.

Актуальность исследования обусловлена приоритетным развитием анализа системы массового обслуживания аналитически и методами имитационного моделирования.

Научно-исследовательская работа выполнялась в помещении кафедры десятого корпуса ТПУ в 402 аудитории. Помещение оснащено персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ), компьютерными столами, стульями, столом, доской.

Учитывая, что выполнение диссертации связано с работой за персональным компьютером представляется необходимым рассмотрение следующих вопросов:

1. выявление и изучение вредных и опасных факторов при работе с ПЭВМ;
2. исследование способов снижения действия указанных факторов до безопасных пределов;
3. безопасность окружающей среды;
4. безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС), которые могут возникнуть при эксплуатации ПЭВМ.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулирование трудовых отношений осуществляется Трудовым кодексом РФ [17]. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Работа по выполнению диссертации связана с использованием персонального компьютера, поэтому должна выполняться с соблюдением требований ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) [18]. Данным стандартом устанавливаются общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов [18].

Также при выполнении работы необходимо учитывать требования ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения [19]. Разделом 4 ГОСТ Р 50923-96 устанавливаются общие эргономические требования к рабочему месту. Так, рабочее место должно обеспечивать возможность удобного непосредственного выполнения работ, находясь в положении сидя, и не давать нагружать костно-мышечную систему [19].

К основным элементам рабочего места оператора можно отнести:

1. рабочий стол,
2. рабочий стул (кресло),
3. дисплей,
4. клавиатура.

К вспомогательным элементам относят: пюпитр, подставка для ног [19].

Согласно п.п. 4.2.1-4.2.4 ГОСТ Р 50923-96 [19] конструкция рабочего стола должна иметь возможность размещения на рабочей поверхности достаточного комплекта оборудования, а также документов с учетом характера выполняемой работы. Размеры рабочей поверхности стола должны

быть: глубина - не менее 600(800) мм, ширина - не менее 1200(1600) мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

В соответствии с п.п. 4.3.1-4.3.4 ГОСТ Р 50923-96 [19] рабочее кресло должно обеспечивать поддержание физиологически рациональной рабочей позы оператора в процессе его деятельности, создавать условия для непосредственного изменения позы, чтобы снизить статическое напряжение мышц шейно-плечевой области и спины, а также во избежание нарушения циркуляции крови в нижних конечностях. Поверхность сиденья должна иметь ширину и глубину не менее 400 мм. Расстояние спинки от переднего края сиденья должно регулироваться в пределах от 260 до 400 мм [19].

Пункты 4.5.1-4.5.2 ГОСТ Р 50923-96 [19] определяют, что расположение дисплея на рабочем месте оператора должно быть таким, чтобы изображение в любой его части было различимо без необходимости поднять либо опустить голову. Дисплей на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора.

Клавиатура на рабочем месте оператора должна располагаться так, чтобы обеспечивалась оптимальная видимость экрана (п. 4.6.1 ГОСТ Р 50923-96) [19].

Кроме того, при выполнении работы за персональным компьютером необходимо соблюдать ТОО Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере [20].

6.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, влияющие на работу оператора на рабочем месте, оборудованном ПЭВМ.

Деятельность, направленная на выполнение магистерской диссертации, связана с работой за персональным компьютером.

Для обеспечения безопасности в рабочей зоне необходимо проанализировать влияние вредных и опасных факторов, возникновение чрезвычайных ситуаций для обеспечения безопасности в рабочей зоне. В рамках данной работы целесообразно рассмотреть физические вредные и опасные факторы. Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [21].

Выявленные возможные опасные и вредные факторы приведены в таблице 6.1.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [22]; 2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [23]; 3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [24]; 4. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [25]; 5. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [26]; 6. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
3. Превышение уровня шума	+	+	+	
4. Психофизиологические факторы	+	+	+	
5. Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

				Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [27]; 7. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [28]. 8. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [29].
--	--	--	--	--

Проведем анализ следующих факторов: микроклимат помещения, неправильное освещение, шум, опасность поражения электрическим током, психофизиологические факторы. Также важно обеспечить экологическую безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях, которые могут возникнуть при работе с ПЭВМ.

6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

6.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

В СанПиН 2.2.4.548 – 96 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия [22].

К параметрам микроклимата можно отнести следующие:

1. температура воздуха,
2. температура поверхностей,
3. относительная влажность воздуха,
4. скорость движения воздуха.

Температура помещения – важный показатель комфортности. Низкие температуры провоцируют отдачу тепла организмом, снижая его защитные

функции. Из-за высокой температуры (выше 27°C) организм борется с жарой и выводит соль из организма, что чревато снижением иммунитета. нарушением водно-солевого баланса.

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

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

Вышеуказанные параметры микроклимата в совокупности воздействуют на человека, тем самым определяя работоспособность. Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона, а также от категории физической тяжести работы. Для программиста она является лёгкой (Ia), так как работа выполняется сидя, без систематических физических нагрузок.

Оптимальные и допустимые значения микроклимата представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оптимальные значения характеристик микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °C		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
		Оптимальная	Допустимая		
Холодный	Ia	22-24	20-22	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	20-28	40-60	0,1

Анализируемое рабочее помещение в полном объеме соответствует вышеописанным нормам по все показателям, включая температуру воздуха, влажность и скорость движения.

6.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным фактором, который может привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности, обеспечение обеспечения нормативных условий работы в помещениях.

Учитывая, что характер работы инженера-программиста предполагает зрительную работу, то обеспечение правильного освещения имеет важное значение. Разряд зрительных работ программиста относится к категории III г (высокой точности), параметры искусственного освещения указаны в таблице 6.3 согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [23].

Таблица 6.3 – Нормативные значения освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещенность, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						Всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	Г	Средний и большой	Светлый и средний	400	200	200

Приведем расчет искусственного освещения для помещения, размерами: длина $A = 7,49$ м, ширина $B = 5,074$ м, высота $H = 3$ м. В помещении используются светильники типа ОДР (светильник общего освещения диффузный с экранирующей решеткой) с люминесцентными лампы типа ЛБ (белый свет) мощностью 65 Вт и со световым потоком $\Phi = 4600$ лм. Общее число ламп в помещении равно $n = 10$. Коэффициент пульсации ламп данного типа не превышает 5%, что соответствует нормам.

Освещенность помещения рассчитывается по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{n * \eta * \Phi}{S * k * z}, \quad (6.1)$$

где n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока;

Φ – световой поток светильника, лм;

S – площадь помещения, м²;

k – коэффициент неравномерности освещения;

z – это коэффициент неравномерности освещения.

Коэффициент запаса k учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с вычислительной техникой $k = 1,4$. Поправочный коэффициент для люминесцентных ламп равен $z = 1,1$. Площадь помещения равна $S = A * B = 7,49 * 5,074 = 38 \text{ м}^2$.

Коэффициент использования светового потока определяется при помощи таблицы на основе индекса помещения и коэффициенты отражения от стен, потолка и рабочей поверхности. Поэтому сначала найдем данные показатели.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h * (A + B)}, \quad (6.2)$$

где S – площадь помещения, м²;

A – длина комнаты, м;

B – ширина комнаты, м;

h – высота подвеса светильников, м.

При этом расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) в помещении определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c,$$

где H – высота потолка в помещении, м;

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м.

Тогда расчетная высота подвеса светильников равна:

$$h = 3 - 0,8 - 0,01 = 2,19 \text{ м.}$$

Подставим полученное значение в формулу 6.2 для расчета индекса помещения.

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{7,49 \cdot 5,074}{2,19 \cdot (7,49 + 5,074)} = \frac{38}{2,19 \cdot 12,6} = \frac{38}{27,6} = 1,38$$

Исходя из того, что потолок в помещении чистый бетонный, а также белые стены с окнами, закрытыми шторами и на рабочей поверхности расположена ПЭВМ, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 70\%$, потолка $\rho_n = 50\%$ и от рабочей поверхности $\rho_p = 10\%$.

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c , ρ_n , определяем интерполяцией коэффициент использования светового потока (η из формулы 6.1).

Получается для светильника ОДР при $i = 1,25$ коэффициент $\eta = 48\%$, при $i = 1,5$ коэффициент $\eta = 51\%$. Тогда при $i = 1,38$ коэффициент использования светового потока равен:

$$\eta = 48 + ((51 - 48) / (1,5 - 1,25)) \cdot (1,38 - 1,25) = 49,6 \text{ \%}.$$

Учитывая все параметры, рассмотренные выше, найдем освещенность по формуле 6.1:

$$E_{\phi} = \frac{10 \cdot 0,496 \cdot 4600}{38 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 389,9 \text{ лк.}$$

В рассматриваемом помещении освещенность должна составлять не менее 300 лк согласно СП 52.13330.2016 [23]. В данном помещении освещенность равна 389,9 лк и находится в пределах нормы.

6.2.1.3 Превышение уровня шума

Отметим, что шум оказывает как местное, так и общее воздействие. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций,

пониженный аппетит, боли в ушах, что, в конечном счете, приводит к понижению работоспособности.

К источникам шума можно отнести: работающее оборудование, вентиляторы компьютера.

Допустимый уровень шума установлен ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [25] и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [24]. Уровень шума на рабочем месте программистов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах 65дБА.

Поэтому уровень шума в помещениях должен быть ограничен. Данные ограничения для требуемого помещения представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

В помещении уровень шума является допустимым и не превышает значений, установленных нормами.

6.2.1.4 Психофизиологические факторы

Среди психофизиологических факторов, характеризующих напряженность труда, можно выделить следующие:

1. монотонность труда,
2. умственное и эмоциональное напряжение,
3. перенапряжение зрительных анализаторов.

Негативное влияние на здоровье, прежде всего, выражается в повышенном зрительном напряжении, психологической перегрузке, длительном неизменном положении тела в процессе работы.

Данные факторы регулирует ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [18], СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [29].

Рабочее место организовано в соответствии с указанным нормативным документом, включая освещенность, обстановку и организацию рабочего места.

6.2.1.5 Опасность поражения током

Среди распространенных опасностей в рабочей зоне находится и поражение электрическим током. Опасность поражения определяется величиной тока проходящего через тело человека или напряжением прикосновения.

При получении человеком разряда электрического тока могут быть получены электротравмы, электрические удары и даже летальный исход. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [28] определяет предельно допустимые значения напряжения прикосновения и тока на рабочем месте (табл. 6.5).

Таблица 6.5 – Допустимые значения напряжения прикосновения и тока

Род тока	Напряжения прикосновения, В	Ток, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Основным источником угрозы поражения электрическим током является персональный компьютер. Во избежание несчастных случаев сотрудники в обязательном порядке должны проходить соответствующий инструктаж.

Не следует работать на персональном компьютере при:

1. повышенной влажности (относительная влажность воздуха более 75%);
высокой температуре (более 35 °C);

Персональный компьютер питается от сети 220 В переменного тока с частотой 50 Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие меры предосторожности:

1. перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
2. при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование.

Под коротким замыканием понимается замыкание, при котором токи в ветвях электроустановки, примыкающих к месту его возникновения, резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительности режима [30].

Короткое замыкание возможно, когда проводники провода или кабеля электрической сети замыкаются друг на друга. Такая авария сопровождается появлением токов, является одним из самых разрушительных явлений. Основным последствием короткого замыкания является нагрев всех элементов электрической сети, что может привести к выходу их из строя и разрушению, а также может привести к пожару. Поэтому в электрической сети важно иметь защитные устройства [31].

Вредно влияет на состояние человека также электрическое поле, возникающее при статической электризации. Вызываемые статическим электричеством неприятные ощущения могут явиться причинами развития невралгии, головной боли, раздражительности, неприятных ощущений в области сердца, нарушения сна, снижения аппетита и т. п.

Таким образом, все требования при работе с ПЭВМ были выполнены, так как все необходимые показатели норм находятся в допустимых пределах.

6.2.1.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника

Для снижения воздействия вредных и опасных факторов на работника следует проводить ряд профилактических действий на основе следующих рекомендаций.

К рекомендациям по улучшению микроклимата относятся правильная организация вентиляции (естественным и механическим путем) и кондиционирования воздуха, отопление комнаты (в зимнее время года).

Для уменьшения шума могут быть выполнены следующие мероприятия: проводится регулярное техническое обслуживание компьютеров и другой техники в помещении, используются звукопоглощающие материалы.

Для обеспечения требуемого уровня освещения в помещении используются лампы дневного освещения, равномерно распределенные по всему потолку рабочего помещения.

Средствами защиты от монотонности труда, умственного и эмоционального напряжения, перенапряжения зрительных анализаторов, являются:

1. соответствие освещенности уровню санитарных норм;
2. рациональная организация рабочего места;
3. рабочая мебель, соответствующая специфике трудового процесса.

Чтобы избежать поражения электрическим током, необходимо защитить все токоведущие части от возможных прикосновений, а металлические корпуса должны быть заземлены. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

Для снижения интенсивности возникновения зарядов статического электричества, если это позволяют технологические возможности, горючие

газы очищают от взвешенных жидких и твердых частиц, а жидкости – от нерастворимых твердых и жидких примесей, стараются исключить разбрызгивание, дробление и распыление веществ.

6.3 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность и охрана окружающей среды являются одними из важнейших факторов при выполнении работ любого характера. При работе в офисном помещении за персональным компьютером отсутствуют выбросы в окружающую среду и влияния на жилищную зону.

Негативное воздействие на литосферу происходит при утилизации компьютера и периферийных устройств (принтеры, МФУ, веб-камеры, наушники, колонки, телефоны), люминесцентных ламп, макулатуры.

К стандартам по экологической безопасности можно отнести ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения [32], а также ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов [33].

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из наиболее вероятных видов чрезвычайных ситуаций является пожар. Требования пожарной безопасности установлены ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования [34].

Работник при обнаружении пожара должен:

1. сразу сообщить об этом в пожарную охрану;
2. принять меры по эвакуации людей;
3. отключить электроэнергию,
4. приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о чрезвычайной ситуации. В

случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы.

Методы борьбы с пожарами предусматривают:

1. Инструктажи, наличие планов эвакуаций, правильный монтаж и эксплуатация оборудования, правильное содержание зданий и территорий, обучение правилам техники безопасности.
2. Соблюдение противопожарных правил, исключение образования горючей среды, применение трудно сгораемых материалов.
3. Предусмотренные средства сигнализации, огнетушители, автоматические стационарные системы тушения пожаров, своевременная эвакуация.

Для предотвращения пожара помещение с компьютером должно быть оборудовано углекислотным огнетушителем типа ОУ-2 или ОУ-5.

Считаем важным отметить, что пожар может нанести не только вред здоровью, но и материальный ущерб. В случае пожара могут быть уничтожены бумажные документы и\или электронные носители информации. Для защиты информации рекомендуется использовать облачные хранилища данных для данных и документов.

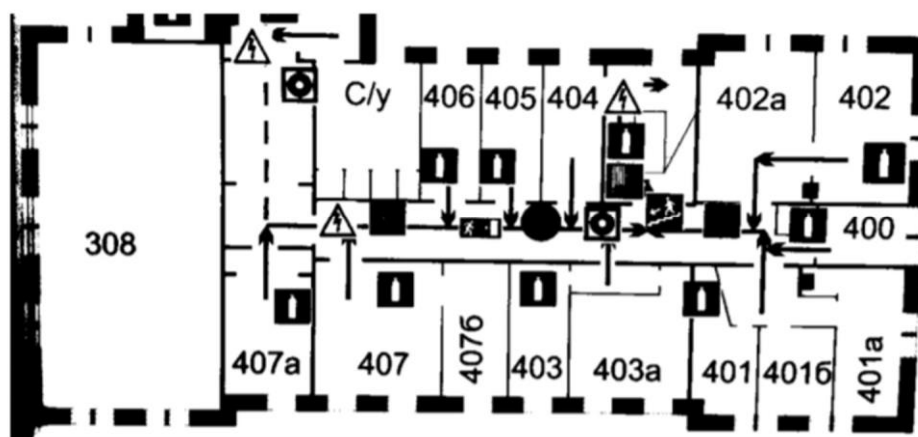


Рисунок 6.1 – План эвакуации из аудитории 402 корпуса № 10 ТПУ

6.5 Выводы по разделу

Таким образом, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Рабочее место удовлетворяет всем нормативным требованиям. В целях предупреждения негативного влияния на здоровье во время работы с компьютером необходимо делать перерывы.

Микроклимат, освещение, пожаробезопасность, экологическая безопасность соответствуют требованиям, предъявленным соответствующими нормативными документами.

Заключение

В настоящее время имитационное моделирование применяется в самых разных сферах человеческой деятельности, что позволяет существенно снизить временные и материальные затраты.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрены методы имитационного моделирования в среде MatLab. Проведен обзор библиотеки Simulink, изучены различные блоки и инструменты Simulink.

В результате работы была разработана модель СМО с источником внешних воздействий. В качестве тестирования модели были проведены серии экспериментов с целью наблюдения за поведением системы.

1. Для простейших потоков:

- в режиме недогрузки характеристики загруженности сервера при моделировании на 17% выше, чем теоретические;
- в сбалансированном режиме и режиме перегрузки отличия составляют $\sim 1\%$.

2. Для потоков, распределенных по равномерному закону:

- в режиме недогрузки и перегрузки характеристики загруженности сервера при моделировании на 10 – 17 % выше теоретических;
- в режиме баланса загруженность сервера на 17% ниже теоретической.

3. Для потоков, распределенных по Гауссовому закону:

- в режиме недогрузки и перегрузки характеристики загруженности сервера при моделировании на 14 % выше теоретических;
- в сбалансированном режиме загруженность сервера на $\sim 18\%$ ниже теоретической.

Список использованных источников

1. Ослин Б.Г. Моделирование. Имитационное моделирование СМО: учебное пособие. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 128с.
2. Кацман Ю. Я. Моделирование: Учеб. пособие / Том. политехн. унт. – Томск, 2003. – 91 с.
3. Боев В. Д. Моделирование систем: учебное пособие для прикладного бакалавриата / В. Д. Боев. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 253 с.
4. Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания. – Учебное пособие для вузов.: – М. Высшая школа, 1982. – 256 с.
5. Simulink [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://matlab.ru/products/simulink>. Дата обращения: 05.03.2021.
6. Системы имитационного моделирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://it-claim.ru/wiki/index.php?n>. Дата обращения: 05.03.2021.
7. Барабанов Н.Н., Земскова В.Т. Расчеты химико-технологических процессов в системе MATLAB: учеб. пособие / Н.Н.Барабанов, В.Т. Земскова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 115 с.
8. Дьяконов В.П. Matlab 6.5/7.0 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. Библиотека профессионала. – М.: «СОЛОН-Пресс», 2005. –576 с.
9. Голохвастова М.В., Затонский А.В. Проверка применимости теоремы Колмогорова на схемах гибели и размножения в GPSS WORLD И ANYLOGIC // Новый университет. 2014. № 03-04.

10. Агальцов В.П., Волдайская И.В. Математические методы в программировании. М.: ИД «ФО РУМ», 2006. – 224 с.
11. Боев В., Сыпченко Р. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://intuit.ru/studies/courses/643/499/info>. Дата обращения: 25.04.2021.
12. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Дрофа, 2004. – 208 с.
13. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций. – М.: Изд.-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 435 с.
14. Волков И.К., Зуев С.М., Цветкова Г.М. Случайные процессы. – М.: Изд.-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 447 с.
15. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшая школа, 1979. – 400 с.
16. Ивницкий В.Л. Теория сетей массового обслуживания. – М.: Физматлит, 2004. – 772 с.
17. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ.
18. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
20. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.
21. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
22. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

24. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
25. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
26. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
27. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
28. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
29. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
30. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения.
31. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
32. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
33. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
34. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.

Приложение А
(справочное)

Part 1

Review of the literature

Part 2

Object and methods of research

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ91	Парфентьев Юрий Викторович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Кацман Юлий Янович	кандидат технических наук		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ануфриева Татьяна Николаевна			

1 Review of the literature

Among the basic advantages of modelling it is possible to highlight such conclusive advantage a possibility of forecasting without use of real systems. Let's consider the works in the field of the current research.

In work [1] the software technology of imitating modelling of mass service system in universal programming languages is considered. The given technology can be used for modelling any systems which functioning is described by discretely-continuous processes.

In work [2] mathematical methods of computer modelling and research of computing systems are stated. Besides, in this work the comparative analysis of imitating modelling languages and their advantages (lacks) is given and elements of the theory of mass service are stated.

In work [3] we reveals the essence and the basic aspects of imitating modelling, receptions of modelling of random variables, events and processes and planning, carrying out of computer experiments .

In work [4] the characteristic of mass service systems, and also the basic directions of the theory of mass service are given in.

In work [7] application MATLAB + Simulink in mathematical calculations and mathematical modelling are described; modelling and designing of systems and devices are analyzed.

Besides, in the given work examples of application of system MATLAB and its expansions are given.

So, it is possible to make a conclusion that for the different purposes are widely used in a science systems of mass service.

2 Objects and research methods

2.1 System of mass service

Object of research is characteristics of the mass service system, received analytically and in the environment of Matlab + Simulink.

At the heart of MSS functioning there is a theory of mass service.

Application of the of mass service theory allows to estimate degree of working capacity of MSS and to define optimum parametres for system functioning.

It is possible to present the theory of mass service in the form of construction of the mathematical models describing different parametres of MSS work with indicators which characterise its ability to cope with a stream of entering demands.

MSS is considered as the mathematical models describing real or projected systems. By the general rule, the model consists of a stream of discrete objects and elements of system which cooperate with the given stream and disciplines of service [1].

Besides, it is possible to define MSS as dynamic system which is intended for productive service of a casual stream of demands (requirements of service) in the presence of restrictions on resources of system [2].

It is possible to refer to MSS such real systems, as communication systems, telephone exchanges, repair shops, computer networks, trading organisations, ticket offices etc.

It is possible to divide MSS into:

1. MSS failure systems. Notice, that in such systems the demands which have entered that moment of time when all serving devices are occupied, are refused from service and leave system.
2. MSS queued systems. Such systems can be divided into: queues with the limited and unlimited length. In a situation with the limited queue in the presence of an empty place in line the demand starts to expect service, or the demand is lost. In a situation with unlimited queue the demands collect indefinitely [3].

According to the number of channels MSS is divided into single-channel and multichannel. Demands arrive in MSS, randomly, forming «a random stream of demands».

Service of demands lasts certain random time. Random character of a stream of demands and a service time leads non-uniformly loading of MSS: during the certain periods of time enough considerable quantity of demands, during other periods MSS works with underload or stands idle. Among themselves MSS share by a principle defining an order of direct distribution of demands between free devices.

Demand service is carried out by a principle - «the first has come - the first is served», «last has come - the first is served», on priorities [3].

Processing of all demands by systems of mass service is carried out with the help of "discipline of service». The discipline of service is an algorithm of demand service planning in MSS, defining what demand will be on service by the device following [4].

2.2 Methods of modelling

The most widespread approaches to research MSS are the analytical and imitating modelling, being versions of mathematical modelling.

Analytical modelling is a kind of mathematical modelling, which characteristic is that processes of system elements functioning are fixed in the form of functional parities (algebraic, differential, integro-differential, etc.) or logic conditions [2].

The analytical model can be investigated by following methods:

1. Analytical method - getting a decision in a general view;
2. Numerical method- is when to solve the equations in a general view is not obviously possible);

3. Qualitative method, in cases when, without having the decision in an explicit form, it is possible to find some properties of the decision (for example to estimate stability of decisions) [2].

Modelling is a widespread version of the analogue modelling realised by means of a set of mathematical tool means, special simulating computer programs and technologies of programming.

Modelling is one of the most widespread methods of research of operations and the management theory. The given method represents the approach when studied model, owing to any reasons, is replaced by the mathematical model precisely enough describing real system, for the purpose of the further carrying out over it of experiments (imitation) and receptions of the information on this system [5]. Modelling includes designing of system model and carrying out of experiments with it in time. Models allow to see, how the real system will work under various conditions for checking various hypotheses.

Experimentation with model is called as imitation that is comprehension of an essence of the phenomenon, without carrying out of experiment with real object [5].

Modelling is applied, when:

1. Carrying out of experiments with real-life system is inexpedient, due to the high cost;
2. Carrying out of experiments with real-life system is impossible, because of some reasons, for example, the system is just being developed;
3. Construction of analytical model is impossible, because in system time, causal relationships, nonlinearity consequences, stochastic variables are used.

Modelling can be used in such areas as [6]:

1. Business processes;
2. Dynamics of the population;
3. Traffic;
4. IT infrastructure;
5. Logistics;

6. Information safety;
7. Manufacture;
8. The service centres;
9. Management of projects;
10. Ecosystem , etc.

2.3 MSS elements

The base constituent elements of every MSS are [1]:

1. Entering stream of demands for service,
2. Queue of demands,
3. Serving devices,
4. Disciplines of expectation and service.

Discrete objects in systems of mass service are called demands, requirements or essences.

Service is an interaction of demands with elements of system during certain time, and these elements are called serving devices or servers.

Order of essence interaction with MSS is a discipline of service which includes laws of functioning of servers, an order of receipt of demands in system, an order of their service, and also an order of an exit from MSS. Demands, usually, arrive in system irregularly, and in a random way, that is through different intervals of time [1].

Entities are also served during a random interval of time. It leads to the situation when sometimes MSS appears non-uniformly loaded and stands idle, and in other moments - overloaded. As a result the considerable quantity of requirements accumulates and is in expectation on processing.

2.4 Characteristics of MSS

It is obviously necessary to notice, that MSS characteristics are secondary in relation to parameters which can be divided into 2 groups.

Let's note an important point: characteristics of the first group are characteristics of a leaving stream of the demands which value is important as at consideration of networks of mass service the leaving stream of one MSS generally is a component of an entering stream of another MSS [2].

Characteristics of the second group give the chance to estimate ability of concrete MSS to performance of the functions assigned to it and are called efficiency indicators.

2.5 MatLab + Simulink for the decision of modelling problems MSS

MatLab represents difficult high-efficiency language for a different sort of technical calculations. It includes various ways of calculations, visualisation, and also programming possibilities in the convenient environment. All it helps the user to express problems and decisions to the mathematical form. The given tool gives possibilities for work in various areas of mathematics, mechanical engineering, highly productive researches, workings out and the analysis of data [7].

Mathematical functions, tools and language MatLab allow to apply various methods and to receive result faster, than use of traditional programming languages (Java, Pascal, C/C++) or spreadsheets.

The graphic environment of imitating modelling Simulink which enters into package Matlab, allows to build dynamic models by means of block diagrammes 2.5 which include continuous, discrete and hybrid systems. Application of the given environment gives the chance to use ready blocks for modelling of discrete systems, to apply the modelling-focused principle of system engineering of management, devices of real time and digital communication means.

Work with Simulink does not limit the user to work only with the built in blocks as in it possibility of creation of the unique block is realized [8].

Simulink is the system of imitating modelling which is a subsystem of Matlab. With its help it is possible to model nonlinear dynamic systems. It represents environment which allows to model process of work of system by means of dragging and a manipulation blocks of diagrammes on the screen. Simulink allows to carry out work with various systems, namely: linear, nonlinear, continuous, discrete, multidimensional systems. Various packages of Simulink library give user possibility to solve various problems, for example, problems on workings out of the basic concept of model.

Also here there are a various tools for checking and testing [8]. Integration of environment in MatLab expands possibilities of the developer at the expense of access to all built in mathematical algorithms, means of data processing and the scientific drawing.

By means of Simulink appears possibilities to perform simulation of dynamic properties of system and viewing of modelling results. The given library offers ODE-solvers with the fixed and variable step and assessment methods of performance of functions.

Specific features of Simulink:

1. Construction of models in the interactive graphic environment;
2. Addition of own blocks;
3. Adjustment of parametres of difficult models;
4. Possibility to visualise target data.

For modelling MSS the package of applied programs MatLab with environment of imitating modelling Simulink is used.

The given environment is chosen for its advantages: there is a detailed documentation, including a Russian one, also Simulink possesses the clear graphic environment and provides possibility of representation of modelling results [8].

The process of making a model in Simulink consists of operations aimed at including the necessary blocks into the model, setting their parameters and creating links between blocks.