

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

МАГИСТЕРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Разработка и тестирование источника внешних воздействий в системе Matlab + Simulink |

УДК 004..42:004.942.054

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 8ИМ81 | Грасмик Илья Вячеславович | | |

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН | Конотопский Владимир Юрьевич. | к.э.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ООД | Горбенко Михаил Владимирович | к.т.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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. | |
| Р6 | 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. |
| Р7 | 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. |
| Р8 | 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. |
| Р9 | 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. |
| Р10 | 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. |
| Р11 | 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. |

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Савельев А.О.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--------------------------|
| Магистерской диссертации |
|--------------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------------------|
| 8ИМ81 | Грасмик Илья Вячеславович |

Тема работы:

| | |
|---|-----------------------|
| Разработка и тестирование источника внешних воздействий в системе Matlab + Simulink | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 28.02.2020, № 59-46/с |

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| <p>Исходные данные к работе</p> | <p>Требуется разработать и протестировать источник внешних воздействий в системе Matlab + Simulink, получить числовые характеристики системы, провести их анализ</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Постановка целей и задач 2. Анализ предметной области 3. Разработка календарного плана 4. Подбор и изучение материалов 5. Проектирование 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 | Конотопский В. Ю. |
| Социальная ответственность | Горбенко М. В. |
| Раздел на иностранном языке | Маркова Н.А. |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| 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 каф. ИСТ | Кацман Ю.Я. | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------|---------|------|
| 8ИМ81 | Грасмик И.В. | | |

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 2019/2020 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 «Расчеты и аналитика» | 10 |
| | Построение моделей СМО | 25 |
| | Проведение экспериментов с моделями. Анализ полученных результатов. | 20 |
| | Раздел «Результаты проведенного исследования» | 10 |
| | Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | 10 |
| | Раздел «Социальная ответственность» | 10 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | 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 8ИМ81 | ФИО Грасмик Илья Вячеславович |
|-----------------|----------------------------------|

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

Тема ВКР:

| | |
|---|---|
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объектом исследования является источник внешних воздействий разрабатываемый и тестируемый в системе Matlab + Simulink. Проведенные исследования помогут рассмотреть модель поведения системы при в воздействии на нее внешних факторов, что поможет избежать появления различных неприятных ситуаций в реальных системах. |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования – ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата. – Недостаточная освещённость рабочей зоны. – Превышение уровня шума. – Повышенный уровень электромагнитных излучений. – Электробезопасность. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника. |
| 3. Экологическая безопасность: | Воздействие на окружающую среду вредными и опасными отходами. |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Возможные ЧС: – Пожар. – Поражение электрическим током. Типичные ЧС: – Пожар. |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ООД | Горбенко Михаил Владимирович | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 8ИМ81 | Грасмик Илья Вячеславович | | |

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

Студенту:

| | |
|---------------|---------------------------|
| Группа | ФИО |
| 8ИМ81 | Грасмик Илья Вячеславович |

| | | | |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--|
| 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. <i>График проведения и бюджет НИИ</i> |
| 2. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i> |

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

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОСГН | Конотопский В. Ю. | К.Э.Н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|---------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 8ИМ81 | Грасмик Илья Вячеславович | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 73 страницы, 10 рисунков, 11 таблицы, 28 источников, 1 приложение.

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

Объектом исследования данной работы является разработанная в системе Matlab + Simulink имитационная модель системы массового обслуживания с источником внешних воздействий.

Цель данной работы заключается в разработке и тестирование источника внешних воздействий в системе 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) – это математическая модель, которая описывает существующую или проектируемую систему, чью работу которой можно представить, как последовательное взаимодействие некоторых дискретных объектов с элементами системы;

моделирование – это метод воспроизведения и исследования определенного фрагмента действительности (предмета, явления, процесса, ситуации) или управления им, основанный на представлении объекта с помощью модели;

модель – объект, замещающий оригинал, для обеспечения процесса получения определенных свойств оригинала.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение..... | 15 |
| 1 Обзор литературы | 16 |
| 2 Объект и методы исследования | 18 |
| 2.1 Система массового обслуживания | 18 |
| 2.2 Методы моделирования СВ | 18 |
| 2.2.1 Метод обратной функции..... | 19 |
| 2.2.2 Метод фон Неймана..... | 20 |
| 2.2.3. Метод композиций | 22 |
| 2.2.4 Метод моделирования дискретных СВ..... | 22 |
| 2.3 О MatLab и Simulink | 23 |
| 2.4 SimEvents..... | 24 |
| 2.4.1 Описание используемых компонентов SimEvents..... | 25 |
| 3 Расчеты и аналитика | 29 |
| 3.1 Структура схемы СМО с источником внешних воздействий | 29 |
| 3.2 Параметры СМО..... | 31 |
| 4 Результаты проведенного исследования | 33 |
| 5 Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность | 35 |
| 5.1 Организация и планирование работ | 35 |
| 5.2 Продолжительность этапов работ | 36 |
| 5.1 Расчет сметы затрат на выполнение проекта | 38 |
| 5.1.1 Расчет затрат на материалы | 39 |
| 5.1.2 Расчет заработной платы..... | 39 |
| 5.1.3 Расчет затрат на социальный налог..... | 40 |
| 5.1.4 Расчет затрат на электроэнергию | 41 |
| 5.1.5 Расчет амортизационных расходов | 42 |
| 5.1.6 Расчет прочих расходов..... | 43 |
| 5.1.7 Расчет общей себестоимости разработки | 43 |
| 5.1.8 Расчет прибыли | 44 |
| 5.1.9 Расчет НДС | 44 |

| | |
|--|----|
| 5.1.10 Цена разработки НИР | 44 |
| 5.2 Оценка экономической эффективности проекта | 44 |
| 6 Социальная ответственность | 45 |
| Введение..... | 45 |
| 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 45 |
| 6.2 Производственная безопасность..... | 47 |
| 6.2.1 Микроклимат рабочего места | 49 |
| 6.2.2 Освещенность рабочей зоны..... | 49 |
| 6.2.3 Шум | 52 |
| 6.2.4 Электромагнитное излучение | 53 |
| 6.2.5 Опасность поражения током..... | 54 |
| 6.2.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника..... | 55 |
| 6.3 Экологическая безопасность..... | 56 |
| 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях..... | 56 |
| 6.5 Выводы по разделу..... | 58 |
| Заключение | 59 |
| Список использованных источников | 60 |
| Приложение А | 63 |

Введение

В наше время имитационное моделирование является, наиболее эффективным средством изучения физических и социально-экономических процессов, проверки работоспособности достаточно сложных устройств и систем.

С его помощью можно построить различные модели реальных систем и процессов, что позволяет провести над ней какой-либо эксперимент и на основе полученных результатов улучшить работу реальной системы.

Основной целью данной работы является разработка и тестирование источника внешних воздействий в системе Matlab + Simulink. Для достижения данной цели необходимо изучить методы моделирования случайных величин, различные блоки и инструменты SimEvents и Simulink и на основании полученных данных спроектировать, разработать, и протестировать систему массового обслуживания, содержащую источник внешних воздействий.

1 Обзор литературы

Имитационное моделирование широко применяется в различных сферах, таких как: экономика, информационные технологии, добыча природных ресурсов, космос, военная отрасль. Основными преимуществами столь популярности имитационного моделирования, является возможность прогнозирования без использования реальных систем. Что в свою очередь дает выигрыш в ресурсах, времени, а иногда даже невозможности в силу каких-либо причин провести эксперимент над реальной системой, например, если система только находится в разработке.

Ниже приведен список работ, являющихся наиболее схожими по тематике с данной работой.

В работе [1] описывается способы описания и изучения выходного потока, что возникают в системах с циклическим обслуживанием. В данной статье строится модель имеющая выходные потоки, а также осуществляется анализ их свойств.

В работе [2] рассматривается возможный способ применения имитационного моделирования, основанного на системах массового обслуживания с целью получения оценки управления производственным процессом.

В работе [3] предлагается имитационная модель серверного комплекса распределения вычислительной нагрузки с помощью сервера-балансера. Описывается модель, созданная в среде MatLab/Simulink/SimEvents, которая позволяет учитывать случайный характер моментов возникновения заявок и переменную длительность задержки поступления задач.

В работе [4] описываются алгоритмы балансировки для внешних сервисов с неспециализированными клиентами, используемых в промышленных центрах обработки данных.

В работе [5] рассматривается разработка и модификации имитационной модели системы массового обслуживания, использующая заявки трех типов.

В работе [6] рассматривается архитектура модели сервиса с динамической контекстно-зависимой вместимостью. Так же тут продемонстрирована модель с реализованным управлением очередью, что позволяет обеспечить высокую нагрузку на сервис, при этом исключая ситуацию с блокировкой очереди.

В работе [7] производится изучение процесса моделирования системы массового обслуживания заявок.

В работе [8] рассматриваются системы с различными дисциплинами ожидания и обслуживания. В частности, в ней были рассмотрены 3 варианта дисциплины обслуживания. Для каждой из них была проведена серия экспериментов для сравнения между собой этих систем.

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

2 Объект и методы исследования

2.1 Система массового обслуживания

Объектом исследования является разработка и тестирование СМО с источником внешнего воздействия.

Под системой массового обслуживания или СМО подразумевают математические модели описывающие реальные или же проектируемые системы. Как правило модель состоит из потока дискретных элементов, элементов системы, которые взаимодействуют с этим потоком и дисциплин обслуживания [9].

Теорию массового обслуживания можно представить, как построение математических моделей, которые описывают различные параметры работы системы массового обслуживания с показателями, которые характеризуют ее способность справляться с потоком входящих заявок.

СМО можно разделить на:

- СМО с отказами;
- СМО с очередью.

В системах с отказами заявки, которые поступили в моменты времени, когда все обслуживающие приборы заняты, получают отказ от обслуживания и покидают систему.

Системы с очередью можно разделить на: очереди с ограниченной длиной и не ограниченной. В случае с ограниченной очередью при наличии свободного места в очереди заявка становится на ожидание обслуживания, в иначе заявка теряется. В случае же с неограниченной очередью заявки накапливаются до бесконечности.

2.2 Методы моделирования СВ

Зачастую при проектировании или использовании имитационных моделей встречается необходимость моделирования случайных величин (СВ).

Случайной ее называют потому, что при реализации некоторого комплекса условий или испытания, нельзя узнать заранее какое в итоге она примет значение [10]. В зависимости от множества возможных значений различают несколько типов СВ, а именно:

- Непрерывные:
 - a. метод обратной функции;
 - b. метод фон Неймана;
 - c. метод композиций.
- Дискретные.

2.2.1 Метод обратной функции

С помощью данного метода появляется возможность учитывать все статистические свойства случайной величины. Данный метод основан на следующей теореме:

Если непрерывная СВ y имеет плотность вероятности $f(y)$, то СВ x имеет равномерный закон распределения на интервале $[0;1]$.

$$x = \int_{-\infty}^y f(y)dy = F(y) \quad (1)$$

Данную теорему поясняет рис. 2.1, на котором изображена функция распределения СВ y .

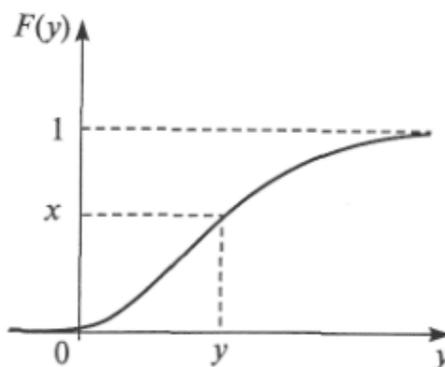


Рисунок 2.1 – функция распределения СВ «у»

Доказательством теоремы является следующее уравнение:

$$F(x) = P(X < x) = P(Y < y) = F(y) = \int_{-\infty}^y f(y)dy = x \quad (2)$$

Данное уравнение позволяет сформулировать вывод о том, что $F(y) = x$, а это в свою очередь подтверждает то, что СВ x распределена равномерно на интервале $[0;1]$.

Основой данного метода считают поиск обратного преобразования функции распределения $F^{-1}(y)$. В случае существования такого преобразования, алгоритм метода можно разделить на несколько этапов, а именно на:

- моделирование псевдослучайного числа (ПСЧ), равномерно распределенного на интервале $[0; 1]$;
- подстановка этого ПСЧ в обратную функцию с целью дальнейшего вычисления значения СВ y .

Данные этапы можно повторять, в зависимости от необходимого количества возможных значений СВ y .

Если обратное преобразование функции распределения случайных величин существует, то следует использовать именно этот метод [11].

2.2.2 Метод фон Неймана.

Метод фон Неймана позволяет из совокупности равномерно распределенных псевдослучайных чисел R_i , исходя из определенных правил выбрать совокупность значений y_i с требуемой плотностью распределения $f(y)$ [12].

Данный метод обладает следующим алгоритмом:

1. Осуществляется усечение исходного распределения так, чтобы область возможности значений СВ y была идентичной с интервалом $[a; b]$.

Благодаря этому формируется плотность вероятности $f^*(y)$ такая, что длина интервала $[a; b]$ определяется требуемой точностью моделирования значений СВ в рамках конкретного исследования.

$$\int_a^b f^*(y)dy = 1 \quad (3)$$

2. Формируется пара ПСЧ R_1 и R_2 , что равномерно распределены на интервале $[0; 1]$.

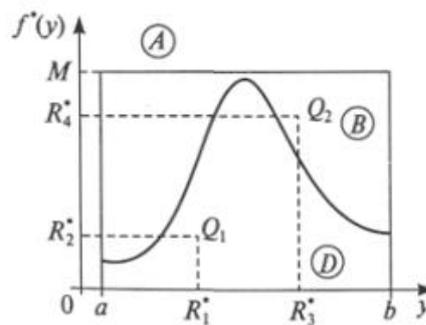
3. Далее пара ПСЧ R_1^* и R_2 вычисляются по формулам 4, 5 и 6.

$$R_1^* = a + (b - a)R_1 \quad (4)$$

$$R_2^* = MR_2 \quad (5)$$

$$M = \max f^*(y) \quad (6)$$

Данная пара чисел $(R_1^*; R_2^*)$ определяет точку на координатной плоскости — например, Q_1



A — прямоугольник, ограничивающий график плотности распределения моделируемой СВ; B — область прямоугольника A , находящаяся выше графика $f^*(y)$; D — область прямоугольника A , находящаяся ниже графика $f^*(y)$

Рисунок 2.2 – моделирование методом фон Неймана

Если точка (Q_1) принадлежит области D , тогда следует считать, что получено первое требуемое значение СВ $y_1 = R_1^*$.

5. Следующим этапом генерируется новая пара ПСЧ R_3 и R_4 , равномерно распределенных на интервале $[0; 1]$, для которых также производятся расчеты, проводимые на третьем этапе, данная пара определяет на координатной плоскости следующую точку — Q_2 .

6. Если точка (Q_2) принадлежит области B , тогда начинают моделировать еще одну пару ПСЧ $(R_5; R_6)$. данный алгоритм продолжается далее до получения необходимого количества ПСЧ.

2.2.3. Метод композиций

Метод основан на теоремах теории вероятностей, доказывающих представление одной СВ набором из двух или более СВ, которые имеют относительно простые и легко реализуемые законы распределения.

Распространенным вариантом применения метода композиции считается моделирование возможных значений СВ, обладающей χ^2 распределением с n степенями свободы: для этого необходимо сложить «квадраты» n независимых нормально распределенных СВ со стандартными параметрами.

В целом можно сделать вывод о том, что метод композиции применяется и дает хорошие результаты тогда, когда известно, с помощью композиции каких СВ имеется возможность получить СВ с требуемым законом распределения.

2.2.4 Метод моделирования дискретных СВ

Моделирование ДСВ происходит по следующей теореме:

Имеется ДСВ ξ с распределением

| | | | | |
|-----|-------|-------|---------|-------|
| X | x_1 | x_2 | \dots | x_n |
| P | p_1 | p_2 | \dots | p_n |

Рисунок 2.3 – распределение ДСВ ξ

Где $p_i = P\{\xi = x_i\}$

Чтобы смоделировать значение этой величины, интервал $0 \leq y \leq 1$ разделяют на подынтервалы Δ_i такие, что длина Δ_i равняется p_i .

СВ ξ определенная формулой $\xi = x_i$, когда $y = \Delta_i$ имеет распределение вероятностей (рис. 2.3).

Действительно, $P\{\xi = x_i\} = P\{y = \Delta_i\} = \text{длина } \Delta_i = p_i$. Для практической реализации на ЭВМ строят функцию (рис. 2.4) [13].

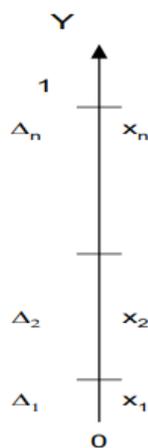


Рисунок 2.4 – Моделирование ДСВ

2.3 О MatLab и Simulink

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, машиностроения, высокопродуктивных исследованиях, разработок и анализа данных [14].

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.

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.

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.

Simulink обладает следующими ключевыми особенностями:

- построение моделей в интерактивной графической среде;
- добавление собственных блоков;
- настройка параметров сложных моделей;
- возможность построить сложную многоуровневую моделей;
- анализ и отладка моделей с помощью встроенных средств;
- взаимодействие с внешними программами для моделирования;
- интеграция готовых алгоритмов в модель, написанных на C/C++,

MatLab, Ada.

- наличие средств для решения уравнений непрерывных, дискретных, линейных и нелинейных объектов;
- возможность визуализировать выходные данные;
- настройка входных параметров [15];

2.4 SimEvents

SimEvents является одной из основных библиотек, используемых в системе Simulink для моделирования систем с дискретными состояниями. Данная библиотека основывается на теории очередей и систем массового обслуживания [16].

С помощью SimEvents можно создавать различные имитационные модели с проходящими через очереди объектами. Ещё SimEvents

предоставляет возможность моделировать системы, зависящие не от времени, а от дискретных состояний. Также SimEvents позволяет производить анализ таких характеристик модели как интенсивность потока, потеря пакетов и т.д.

Ключевые возможности:

- Специализированная платформа для моделирования дискретных, событийно-управляемых систем;
- Множество объектов с произвольными наборами данных и представлением процессов, пакетами информации и дескрипторами;
- Специализированные блоки для очередей, сервисов, маршрутизации, управления ресурсами;
- Большой набор инструментов для агрегации и анализа статистических показателей таких параметров как задержка, время прохождения пакета через систему, средняя длина очереди и т.д.;
- Анимация работы алгоритмов и перемещения данных через блоки схем для проведения исследований в области оптимизации и поиска ошибок.

2.4.1 Описание используемых компонентов SimEvents

Event-Based Random Number – нужен для формирования случайных значений времени обработки заявки.

Time-Based Entity Generator – моделирует приход заявки в случайные моменты времени. С помощью функции generate entities upon пользователю предоставляется возможность задать порядок генерирования, выбирая между вариантами, Intergeneration time from dialog и Intergeneration time from port t.

Для сбора статистических данных, данный блок имеет несколько сигнальных портов:

- W – время между сгенерированными заявками;
- #d – количество сгенерированных заявок, покинувших блок.

Блок FIFO Queue (Очередь) данный блок позволяет хранить заявки, число которых определяется параметром Capacity. Данный блок заявки покидают в соответствии с правилом «первый вошёл – первый вышел».

Блок имеет следующие сигнальные порты:

- w — среднее время, проведенное заявками в этом блоке;
- $\#d$ — количество заявок, покинувших блок;
- $\#to$ — количество заявок, которые покинули блок при окончании

времени ожидания в очереди.

- len — количество заявок в среднем за все время;
- $\#n$ — Количество объектов, находящихся в очереди;

Single Server – обслуживает одну заявку в течении некоторого времени, прежде чем вывести ее через порт OUT. Для данного блока имеется возможность настроить время обслуживания заявки с помощью параметра, атрибута или сигнала.

Сигнальные выходные порты блока перечислены ниже:

- $\#d$ — число заявок, покинувших блок через порт OUT;
- W — среднее время обслуживания в данном блоке, для всех заявок, ранее покинувших блок.

• $\#p$ — Количество объектов, которые были вытеснены с момента моделирования;

- $\#n$ — количество заявок, в блоке на данный момент, 0 или 1;

• Pe — Значение 1 показывает, указывает на то, что в блоке содержится одна сущность, что пытается покинуть блок. В данном случае заявка будет находиться в режиме ожидания. Соответственно, 0 говорит о том, что на данный момент в блоке отсутствуют какие-либо заявки;

• $\#to$ — число заявок, у которых истекло время нахождения в системе.

- Util — Утилизация сервера, иначе говоря часть времени моделирования, использованная на хранение заявки. Равна 0 или 1, в зависимости от наличия в блоке заявки;

Path Combiner принимает заявки через один из нескольких входных портов после чего сразу же выпускает их через единственный порт выхода. число портов для поступления заявок определяется параметром Number of entity input ports.

Для сбора статистики блока используют следующие порты:

- last – показывает который из входных портов был использован во время прибытия последней заявки.

- #d - количество сгенерированных заявок, покинувших блок;

Output Switch – дает возможность выбрать один из нескольких портов для вывода сущностей. После того как будет выбран один из выходных портов, остальные будут заблокированы.

Entity Sink поглощает заявки, обработка которых завершена.

Scope (осциллограф) представляет собой один из инструментов для визуализации, анализа и контроля изменений сигналов в процессе моделирования. Он позволяет выводить результаты моделирования в виде графиков.

Scope имеет следующие параметры:

- Number of axes — число входных портов;
- Time range — задает временной промежуток для отображения на графиках;

- Tick labels — позволяет показывать или же скрывать метки осей;

- Sampling — задает параметры вывода графиков;

- Save data to workspace — при включении сохраняет полученные значения сигналов в рабочей области MATLAB;

- Variable name — задает имя для сохранённой в рабочей области MATLAB переменной;

- **Format** — определяет формат данных при сохранении;
Display необходим для вывода статистических значений.

Рассмотренный набор блоков позволяет построить СМО, состоящую из необходимых компонентов, которые будут учитывать заданные параметры и особенности системы.

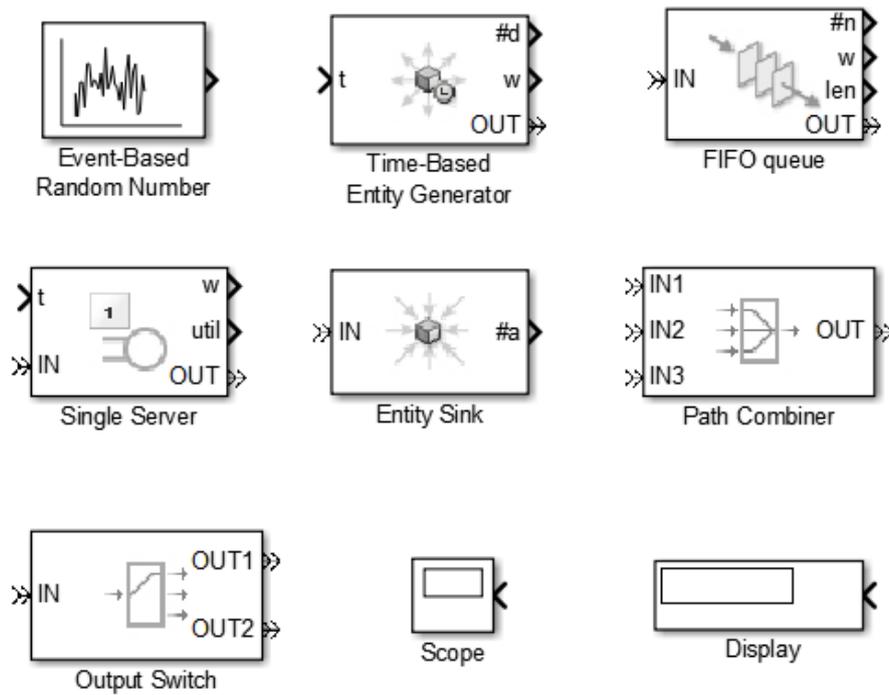


Рисунок 2.5 – используемые компоненты библиотеки SimEvents.

3 Расчеты и аналитика

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы магистра были разработаны схема СМО с источником внешних воздействий. Разработанные модели схем систем массового обслуживания, будут описаны далее.

3.1 Структура схемы СМО с источником внешних воздействий

Изначально для проведения дальнейших экспериментов и сравнительного анализа, была разработана концептуальная схема СМО.

Концептуальная схема СМО состоит из источника внешних воздействий, очереди бесконечной длины и дисциплины обслуживания (рис. 3.1)

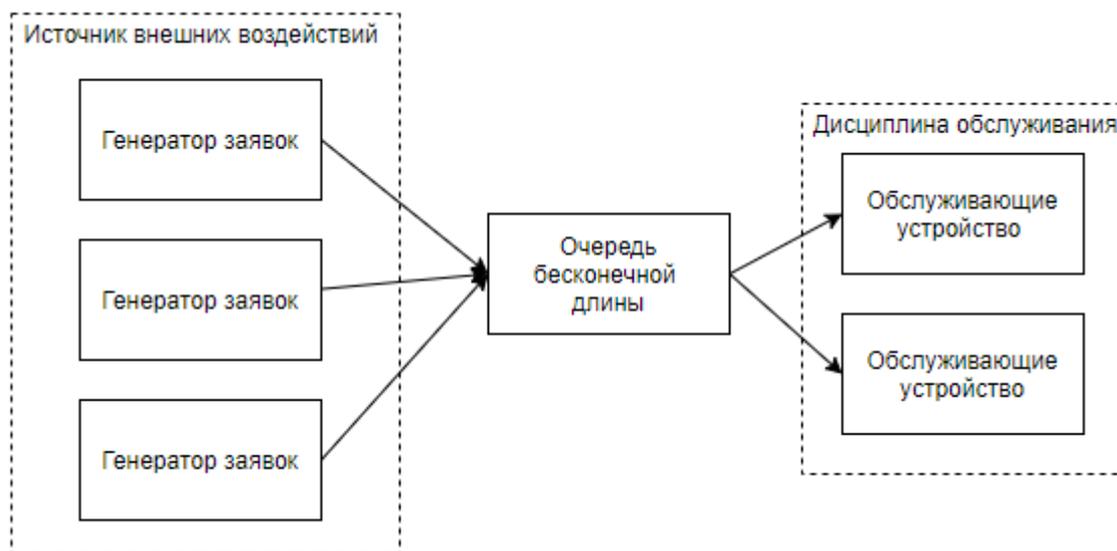


Рисунок 3.1 – Концептуальная схема СМО

Источник внешних воздействий представляет собой подсистему из нескольких генераторов заявок, каждый из которых моделирует приход заявки в случайные моменты времени. Далее, сгенерированные заявки, попадают в очередь бесконечной длины и сразу же покидают ее и уходят на обработку. Обработка происходит в одном из свободных на данный момент обслуживающем устройстве.

На основе концептуальной схемы, была построена схема СМО с источником внешних воздействий, в среде MatLab с использованием библиотеки SimEvents (рис. 3.2).

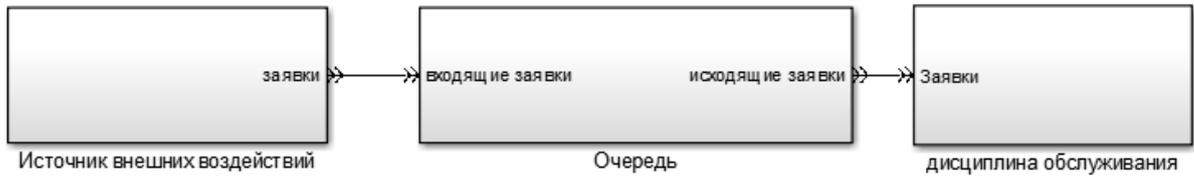


Рисунок 3.2 – Общая схема модели

Подсистема «Источник внешних воздействий» состоит из трех генераторов заявок. Каждый из них, с помощью блока «Event Based Random Number» генерирует заявки используя различные законы распределения, а именно равномерное, экспоненциальное и гауссово (нормальное) распределения. С помощью блока «Path combiner» появляется возможность собрать несколько заявок вместе для отправки в очередь одним пакетом.

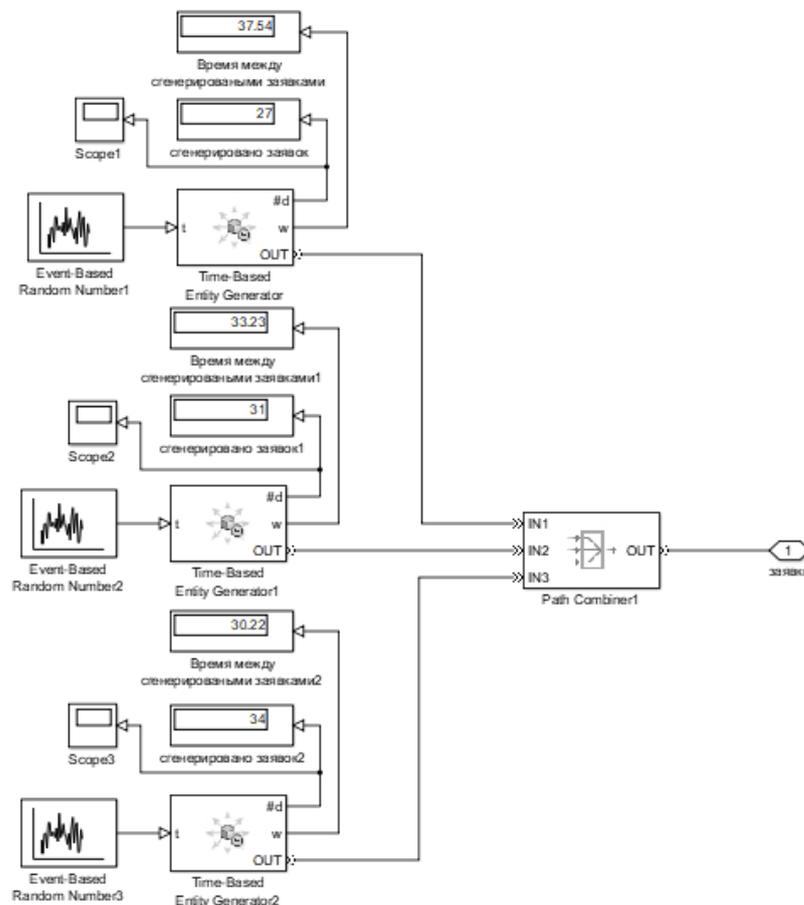


Рисунок 3.3 – Источник внешних воздействие

Подсистема «Очередь» содержит блок «FIFO Queue» являющийся бесконечной очередью.

Подсистема «Дисциплина обслуживания» содержит несколько блоков «Single Server», которые представляют собой обслуживающие приборы для обработки поступивших заявок. Блок «Output Switch» необходим для распределения нагрузки между обслуживающими устройствами.

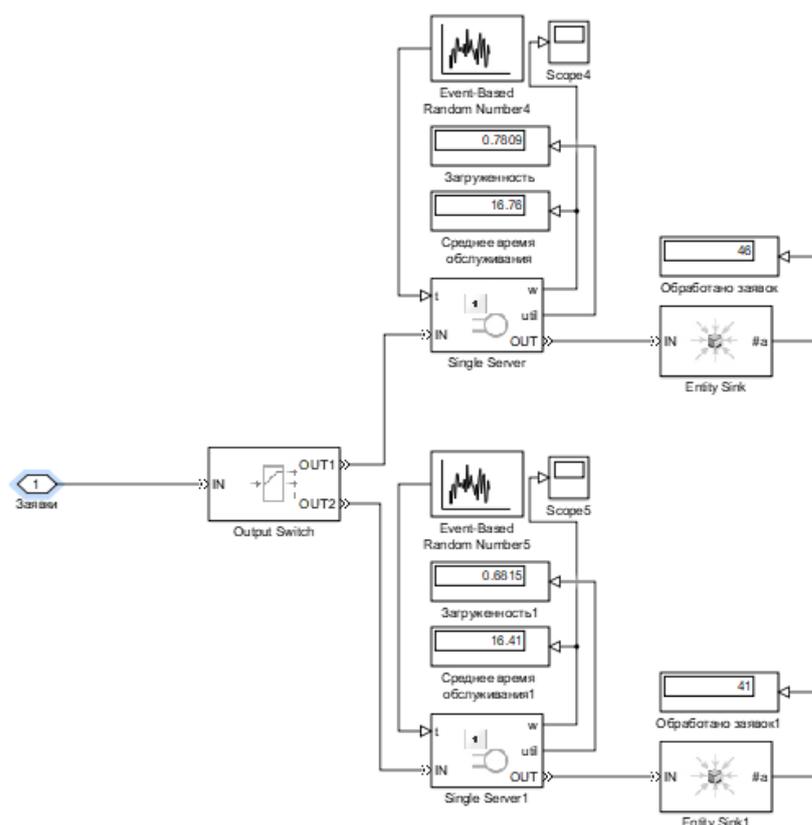


Рисунок 3.4 – Дисциплина обслуживания

Также в каждой из подсистем были установлены блоки «Score» и «Display» необходимые для сбора статистических данных.

3.2 Параметры СМО

СМО содержит три источника, генерирующих поступление заявок тремя различными способами распределения:

- Первый источник генерирует заявки согласно равномерному закону распределения с заданным интервалом $R[i; u]$;

- Второй источник генерирует заявки согласно экспоненциальному закону распределения с параметром $E[\lambda]$;
- Третий источник генерирует заявки согласно нормальному (гауссовому) закону распределения с математическим ожиданием и средним квадратическим отклонением $N(m_x, \sigma_x)$.

Для проведения экспериментов использовалась система с двумя обслуживающими приборами, каждый из которых обслуживает только одну заявку. Обслуживание заявок производится по равномерному закону распределения с интервалом $R[i; u]$.

Используемые в системе приборы обслуживания считаются абсолютно надежным, то есть вероятность поломки равна нулю.

4 Результаты проведенного исследования

Во время проведения экспериментов с источником внешних воздействий время моделирования составляло 1000 ед. В систему одновременно поступали заявки трех типов, при этом оба обслуживающих устройства работали по равномерному закону с интервалом $R[5;30]$.

В таблице 4.1 приведены результаты нескольких экспериментов над СМО с источником внешних воздействий в случае с двумя одинаковыми обслуживающими устройствами.

Где, N – количество сгенерированных заявок; $T_{мз}$ – среднее время между заявками; $N_{об}$ – количество обработанных заявок; $N_{п}$ – заявок осталось в очереди; K_3 – коэффициент загрузки сервера; S_1 и S_2 – соответственно первый и второй сервер.

Таблица 4.1 – результаты экспериментов

| Номер генератора | Параметры распределения | N | $T_{мз}$ | $N_{об}$ | | $N_{п}$ | K_3 | |
|------------------|-------------------------|----|----------|----------|-------|---------|--------|--------|
| | | | | S_1 | S_2 | | S_1 | S_2 |
| 1 | $R[20;60]$ | 27 | 37,54 | 48 | 38 | 0 | 0,7939 | 0,6226 |
| 2 | $E[35]$ | 31 | 33,23 | | | | | |
| 3 | $N(30, 10)$ | 31 | 32,88 | | | | | |
| 1 | $R[35;45]$ | 26 | 39,51 | 55 | 53 | 11 | 0,9667 | 0,9417 |
| 2 | $E[23]$ | 42 | 24,23 | | | | | |
| 3 | $N(18, 6)$ | 53 | 18,9 | | | | | |
| 1 | $R[40; 70]$ | 20 | 52,56 | 51 | 47 | 0 | 0,881 | 0,7912 |
| 2 | $E[22]$ | 43 | 22,97 | | | | | |
| 3 | $N(26, 8)$ | 37 | 27,29 | | | | | |

Из таблицы можно сделать вывод, что в первом и третьем экспериментах система удачно справляется с потоком заявок, генерируемым источником внешних воздействий. В данных случаях обслуживающие устройства загружены на 79% и 62% в первом эксперименте и на 88% и 79% в третьем эксперименте. Во втором же эксперименте можно увидеть, что система явно не справляется с нагрузкой, поступающей с источника внешних воздействий.

В следующих экспериментах было решено изменить параметры работы обслуживающих устройств следующим образом:

S_1 – Гауссово распределение со следующими параметрами математического ожидания и среднего квадратического отклонения $N(15, 5)$;

S_2 – Экспоненциальный закон распределения со следующим параметром $E[20]$.

В таблице 4.2 приведены результаты экспериментов над СМО с источником внешних воздействий в случае с двумя различными обслуживающими устройствами

Таблица 4.2 – результаты экспериментов

| Номер генератора | Параметры распределения | N | $T_{мз}$ | $N_{об}$ | | $N_{п}$ | K_3 | |
|------------------|-------------------------|----|----------|----------|-------|---------|--------|--------|
| | | | | S_1 | S_2 | | S_1 | S_2 |
| 1 | R[20;60] | 27 | 37,54 | 50 | 36 | 1 | 0,7796 | 0,7756 |
| 2 | E[35] | 31 | 33,23 | | | | | |
| 3 | N(30, 10) | 31 | 32,88 | | | | | |
| 1 | R[35;45] | 26 | 39,51 | 62 | 45 | 12 | 0,9977 | 0,9989 |
| 2 | E[23] | 42 | 24,23 | | | | | |
| 3 | N(18, 6) | 53 | 18,9 | | | | | |
| 1 | R[40; 70] | 20 | 52,56 | 54 | 42 | 2 | 0,8669 | 0,9189 |
| 2 | E[22] | 43 | 22,97 | | | | | |
| 3 | N(26, 8) | 37 | 27,29 | | | | | |

Данные из таблицы показывают, что система справляется с нагрузкой при первом случае K_3 обоих устройств равен 78% и 77%. Во втором полностью перегружена чему свидетельствует наличие большого числа оставшихся заявок в очереди и K_3 равное 99% на обоих устройствах. про третий случай можно сказать что система всё ещё справляется, но очень близка к перегрузке.

5 Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность

Основной целью данной работы является разработка и тестирование источника внешних воздействий в системе Matlab + Simulink. Для достижения данной цели необходимо изучить методы моделирования случайных величин, дисциплину обслуживания Round Robin и на основании полученных данных спроектировать, разработать, и протестировать систему массового обслуживания, содержащий источник внешних воздействий.

Целью данного раздела является проведение комплексного описания и анализа финансово-экономических аспектов выполненной работы. А именно, необходимо осуществить планирование процесса управления научно-техническим исследованием (НТИ), рассчитать полные денежные затраты на проект, на основе которых впоследствии дать оценку экономической эффективности и целесообразности осуществления работы.

5.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации магистерской работы необходимо рационально планировать занятость каждого из участников процесса и сроки проведения отдельных работ. Для этого был составлен полный перечень проводимых работ. Для каждой работы определены исполнители и их нагрузка.

Исполнителями являются следующие участники процесса написания магистерской диссертации:

- исследователь – автор магистерской диссертации (И);
- научный руководитель (НР).

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

Таблица 5.1 – Перечень работ

| № этапа | Этапы работы | Исполнители | Загрузка исполнителей |
|---------|---------------------------------|-------------|-----------------------|
| 1 | Постановка целей и задач | НР | НР – 100% |
| 2 | Анализ предметной области | НР, И | НР – 50% И – 50% |
| 3 | Разработка календарного плана | НР, И | НР – 80% И – 20% |
| 4 | Подбор и изучение материалов | НР, И | НР – 50% И – 70% |
| 5 | Проектирование и разработка СМО | И | И – 100% |
| 6 | Проведение тестирования | И | И – 100% |
| 7 | Анализ результатов исследования | НР, И | НР – 70% И – 100% |
| 8 | Написание отчета | И | И – 100% |

5.2 Продолжительность этапов работ

После выявления всех этапов научно-исследовательской работы магистранта необходимо рассчитать их продолжительность. Для формирования календарного плана выполнения работ был использован опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Ожидаемые значения продолжительности работ $t_{ож}$ были рассчитаны при помощи следующей формулы:

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

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

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

Исполнители работ были определены в предыдущем пункте, это исследователь 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:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (5.1)$$

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:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5.2)$$

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

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

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

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 | 1,5 | 1,5 | 1,8 | 1,8 |
| Разработка календарного плана | НР, И | 1 | 3 | 1,8 | 1,7 | 0,5 | 2,1 | 0,6 |
| Подбор и изучение материалов | НР, И | 5 | 8 | 6,2 | 3,6 | 5,9 | 4,4 | 7,2 |
| Проектирование и разработка СМО | И | 10 | 16 | 12,4 | – | 14,9 | – | 18,2 |
| Проведение тестирования | И | 7 | 9 | 7,8 | – | 9,4 | – | 11,5 |
| Анализ результатов исследования | НР, И | 10 | 13 | 11,2 | 10,2 | 13,4 | 12,5 | 16,3 |
| Написание отчета | И | 15 | 22 | 17,8 | – | 21,4 | – | 26,1 |
| Итого: | | | | 63,4 | 21,2 | 67 | 24,9 | 81,7 |

На основе полученных в таблице данных строится диаграмма Ганта:

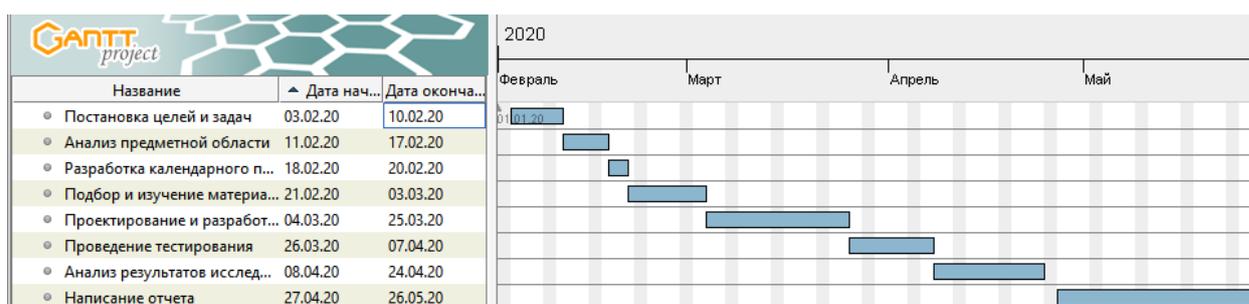


Рисунок 5.1 – График проведения работ НИТ

5.1 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Расчет сметы затрат на выполнение НИР необходим для формирования бюджет проекта и включает расчет всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. В расчет ведется по следующим статьям затрат:

- материалы;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

Совокупность перечисленных статей формируют затраты на выполнение научно-технического исследования (НТИ).

5.1.1 Расчет затрат на материалы

Так как работа полностью выполнена на персональном компьютере, то затрат на материалы, по сути, нет. Следовательно, $C_{\text{мат}} = 0$.

5.1.2 Расчет заработной платы

Данная статья является основной статьей расходов на выполнение НТИ. Над проектом работают два исполнителя: научный руководитель и исследователь. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) в расчете на один рабочий день вычисляется по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{Оклад (месячный)} / 25,083 ,$$

где учитывается количество рабочих дней в году ≈ 301 и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе, принятой в ТПУ).

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5.2 (НР – 21, И – 67 рабочих дней). При этом рабочая неделя шестидневная как для научного руководителя, так и для инженера.

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется, соответственно, следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{пр}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$ для Томской области. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с

участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Оклады исполнителей брались из информационной таблице, представленной в методических указаниях по финансовому менеджменту для магистрантов.

Расчеты основной заработной платы работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, с учетом премий, доплат и районного коэффициента представлены в таблице 5.4 и велись по следующей формуле:

$$ЗП = ЗП_{дн-т} * \text{Кол-во раб. дней} * K_{и}.$$

Таблица 5.4 – Расчет основной заработной платы

| Исполнитель | Оклад, руб./мес. | Среднедневная ставка (ЗП _{дн-т}), руб./раб.день | Затраты времени, раб. дни | Коэффициент (K _и) | Фонд з/п, руб. |
|---------------|------------------|---|---------------------------|-------------------------------|----------------|
| НР | 33664 | 1342 | 21 | 1,699 | 47881 |
| И | 9489 | 378 | 67 | | 43028 |
| Итого: | | | | | 90909 |

Итого суммарные затраты на заработную плату всем участникам проекта с учетом стандартных окладов исполнителей в зависимости от занимаемой должности и ученого звания составляют $C_{зп} = 90909$ рублей.

5.1.3 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:

$$C_{соц.} = C_{зп} * 0,3 ,$$

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

Итоговые затраты на социальный налог равны $C_{соц.} = 90909 \text{ руб.} * 0,3 = 27272,7 \text{ руб.}$

5.1.4 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:

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

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

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

$ЦЭ$ – тариф на 1кВт·час. Одноставочный тариф на электроэнергию в Томской области равен 3,50 руб за 1 кВт.ч.

При этом время работы оборудования рассчитывается на основе данных таблицы 5.2 для исследователя ($T_{\text{рд}} = 67$ 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.

В свое очередь 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 ниже.

Таблица 5.5 – Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час | Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт | Тариф на 1кВт·час ЦЭ, руб | Затраты Эоб, руб. |
|---------------------------|---|---|---------------------------|-------------------|
| Персональный компьютер | 67 дней * 8 часов = 536 | 0,5 | 3,50 | 938 |

| | | | | |
|---------------|----|-----|--|---------------|
| Принтер | 10 | 0,1 | | 3,50 |
| Итого: | | | | 941,50 |

Итого затраты на электроэнергию за вычетом освещения составляют $C_{эл} = 941,50$ рублей, где основными затратами является оплата электроэнергии, потребляемая персональным компьютером, на котором ведется основная работа над проектом.

5.1.5 Расчет амортизационных расходов

Данная статья предназначена для учета амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта. Для расчета амортизационных затрат используется следующая формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_d},$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – 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, следовательно, $N_A(ПК) = 1 / 2,5 = 0,4$. Номинальная стоимость одного ПК составляет 30 тысяч рублей. Для расчета $F_d(ПК)$ будем учитывать, что количество рабочих дней в 2020 году при шестидневной рабочей неделе равно 300 дней, рабочий день длится 8 часов. Таким образом $F_d(ПК) = 300 * 8 = 2\,400$ часов.

Таким образом, амортизация, начисленная на ПК, равна:

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 30\,000 \text{ руб} * 536 \text{ часов} * 1 \text{ ед}}{2\,400 \text{ часов}} = 2680 \text{ руб.}$$

Стоимость простого принтера составляет 6000 руб., его $F_d = 500$ час.; $N_A = 1 / 2 \text{ года} = 0,5$; $t_{рф} = 10$ часов (из табл. 5.5).

$$C_{AM}(ПР) = \frac{0,5 * 6000 \text{ руб} * 10 \text{ часов} * 1 \text{ ед}}{500 \text{ часов}} = 60 \text{ руб.}$$

Итого общие затраты на амортизацию составляют $C_{AM} = 2740$ руб, где большая часть суммы идет на покрытие износа персонального компьютера.

5.1.6 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 $C_{\text{проч.}} = (0 + 90909 + 27272,7 + 941,5 + 2740) * 0,1 = 12186,32$ руб.

5.1.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общая стоимость разработки складывается из всех статей расходов, рассчитанных выше. Проведенные расчеты позволяют определить величину бюджета затрат НИИ, на которую будут опираться заказчики данной разработки. Смета затрат на разработку представлена в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расчет бюджета затрат НИИ

| Статья затрат | Сумма, руб. |
|-------------------------------|------------------|
| Материалы | 0 |
| Основная заработная плата | 90909 |
| Отчисления в социальные фонды | 27272,7 |
| Расходы на электроэнергию | 941,5 |
| Амортизационные отчисления | 2740 |
| Прочие расходы | 12186,32 |
| Итого: | 134049,52 |

Итоговые затраты на разработку составляют $C = 134049,52$ рублей. Далее на основе рассчитанной себестоимости разработки определим конечную цену всего проекта.

5.1.8 Расчет прибыли

Для расчета прибыли примем, что ее размер составляет 20% от полной себестоимости проекта. Себестоимость проекта равна затратам на его разработку $C = 134049,52$ рублей. Тогда прибыль составит: $134049,52 * 20\% = 26809,9$ рубля.

5.1.9 Расчет НДС

Косвенный налог – налог на добавленную стоимость (НДС) составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Таким образом, сумма налога равна $(134049,52 + 26809,9) * 0,2 = 160859,42 * 20\% = 32171,88$ рубля.

5.1.10 Цена разработки НИР

На основе проведенных расчетов, определим итоговую цену разработки НИР, которая равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае: $C_{\text{НИР(КР)}} = 134049,52 + 26809,9 + 32171,88 = 193031,3$ рублей.

5.2 Оценка экономической эффективности проекта

Данный проект изначально не был ориентирован на экономический результат.

Однако проведенные исследования помогут рассмотреть модель поведения системы при в воздействии на нее внешних факторов, что поможет избежать появления различных неприятных ситуаций в реальных системах.

Таким образом, факторы получения экономического эффекта носят косвенный характер.

6 Социальная ответственность

Введение

Данная магистерская диссертация направлена на разработку и тестирование системы массового обслуживания с источником внешних воздействий в Matlab + Simulink.

С помощью данной разработки можно рассмотреть модель поведения системы при воздействии на нее внешних факторов, что поможет предотвратить различные ситуации в реальной системе.

Так как основная работа при написании диссертации, производиться на персональном компьютере то в рамках текущего раздела целесообразным является рассмотрение следующих вопросов:

- выявление и изучение вредных и опасных производственных факторов при работе с ПЭВМ;
- определение способов снижения действия описанных факторов до безопасных пределов или по возможности до полного их исключения;
- безопасность окружающей среды;
- безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС), которые могут возникнуть при эксплуатации ПЭВМ.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

Деятельность при выполнении магистерской диссертации также связана с работой за компьютером (или ПЭВМ). Основным документом, регулирующим условия и организацию работы с ПЭВМ, является санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», которые включают ряд требований к ПЭВМ

и организации рабочего места, а также к факторам, оказывающим на пользователя ПЭВМ опасное и вредное влияние. Также используется ГОСТы регулирующие рабочее место пользователя ПЭВМ: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде».

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

Основные элементы рабочего места оператора ЭВМ: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура, мышь.

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. Рабочие места с ЭВМ должны располагаться на расстоянии не менее 1,5 м от стены с оконными проемами, от других стен – на расстоянии 1 м, между собой – на расстоянии не менее 1,5 м. При размещении рабочих мест необходимо исключить возможность прямой засветки экрана источником естественного освещения. Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, так, чтобы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления.

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

6.2 Производственная безопасность

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

Деятельность при выполнении магистерской диссертации связана с работой за компьютером (или ПЭВМ). Основным документом, регулирующим условия и организацию работы с ПЭВМ, является санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», которые включают ряд требований к ПЭВМ и организации рабочего места, а также к факторам, оказывающим на пользователя ПЭВМ опасное и вредное влияние [17]. Также используется ГОСТы регулирующие рабочее место пользователя ПЭВМ: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения» [18-19].

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» [20]. Выявленные возможные опасные и вредные физические факторы приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Вредные и опасные факторы

| 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 [21]. 2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [22]. 3. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [23]. 4. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности [25]. 5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [26]. |
| 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | + | + | |
| 3. Превышение уровня шума | + | + | + | |
| 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений | + | + | + | |
| 5. Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | + | + | + | |

В случае, где объектом является рабочее место, включая персональный компьютер и помещение, среди таких вредных воздействий можно указать: микроклимат помещения, неправильное освещение, шум, электромагнитное излучение, опасность поражения электрическим током и другие. Также немаловажно позаботиться о экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях, которые могут возникнуть при работе с ПЭВМ.

6.2.1 Микроклимат рабочего места

К параметрам микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха. Комплекс данных параметров воздействует на человека, определяя его самочувствие, а значит, и работоспособность. Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для оператора ПЭВМ она является лёгкой (Ia), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Учитывая вышеизложенное, можно привести набор оптимальных значений параметров микроклимата (табл. 6.2) в соответствии с СанПиНом 2.2.4.548–96[21].

Таблица 6.2 – Оптимальные значения характеристик микроклимата

| Период года | Категория работ | Температура воздуха, °С | | 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 |

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

6.2.2 Освещенность рабочей зоны

Так как подразумевается зрительный тип работы, то организация правильного освещения имеет значительное место. Пренебрежение данным фактором может привести к профессиональным болезням зрения. В рабочем помещении сочетаются естественное освещение (через окна) и искусственное освещение (использование ламп при недостатке естественного освещения).

Разряд зрительных работ оператора относится к категории III г (высокой точности), параметры искусственного освещения указаны в таблице 6.3 согласно актуализированной редакции СНиП 23-05-95[22].

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 |

Также согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 уровень освещения на поверхности рабочего стола при работе с ПЭВМ должен быть в диапазоне от 300 до 500 лк.

Приведем расчет искусственного освещения для прямоугольного помещения, размерами: длина $A = 5$ м, ширина $B = 6$ м, высота $H = 4$ 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 (данная характеристика является стандартной для ламп данного типа). Общее число ламп в офисе равно $n = 10$. Коэффициент пульсации ламп данного типа не превышает 5%, что соответствует нормам.

Освещенность помещения рассчитывается по формуле:

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

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 $S = A \cdot B = 5 \cdot 6 = 30 \text{ м}^2$.

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:

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

где S – площадь помещения, м^2 ;

A – длина комнаты, м;

B – ширина комнаты, м;

h – высота подвеса светильников, м.

При этом расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) в офисе компании 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:

$$h = 4 - 0,8 - 0,01 = 3,19 \text{ м}.$$

Подставим полученное значение в формулу 6.2 для расчета индекса помещения.

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{5 \cdot 6}{3,19 \cdot (5+6)} = 0,83.$$

Исходя из того, что потолок в помещении чистый бетонный, а также свежепобеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами и рабочая поверхность содержит ПЭВМ, то согласно методическим указаниям, 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 $i = 0,8$ коэффициент $\eta = 38\%$, при $i = 0,9$ коэффициент $\eta = 41\%$. Тогда при $i = 0,83$ коэффициент использования светового потока равен:

$$\eta = 38 + ((41 - 38) / (0,9 - 0,8)) \cdot (0,83 - 0,8) = 38,9\%.$$

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

$$E_{\phi} = \frac{10 \cdot 0,389 \cdot 4600}{30 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 387 \text{ лк.}$$

В рассматриваемом помещении освещенность должна составлять не менее 300 лк согласно СанПиНу 2.2.2/2.4.1340-03 и СНиП 23-05-95. В данном помещении освещенность равна 387 лк и находится в пределах нормы, следовательно, дополнительные источники света не нужны.

6.2.3 Шум

Источниками шума являются: работающее оборудование, вентиляторы компьютера, копировальная техника и кондиционеры.

Шум оказывает негативное воздействие на организм человека: снижает работоспособность, повышает утомляемость, воздействует на органы слуха и центральную нервную систему, снижает внимание.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах 65дБА [23-24].

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, 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 рассматриваемом рабочем помещении уровень шума является допустимым и не превышает значений, установленных нормами и составляет не более 50 дБА.

6.2.4 Электромагнитное излучение

Персональные компьютеры являются источниками электромагнитных волн, то есть распространяющихся в пространстве возмущений электромагнитного поля (ЭМП). Все электрические приборы излучают такие волны, однако наибольший вклад вносит экран монитора. При определённых уровнях такие поля оказывают вредное влияние на человека: нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, это проявляется в повышенной утомляемости, понижении качества выполнения рабочих операций, изменении кровяного давления и пульса

Ввиду того, что используется жидкокристаллический монитор, то контроль мягкого рентгеновского излучения не осуществляется. Допустимые значения излучения показаны в таблице 6.5 с учётом СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ [17, 25].

Таблица 6.5 – Временные допустимые уровни (ВДУ) ЭМП, создаваемых ПЭВМ

| Наименование параметров | | ВДУ ЭМП | ВДУ ЭМП |
|---|------------------------------------|---------|---------|
| Напряженность электрического поля | в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц | 25 В/м | 27 В/м |
| | в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц | 2,5 В/м | 2,5 В/м |
| Электростатический потенциал экрана видеомонитора | | 500 В | 490 В |

Нормы допустимых уровней напряженности электромагнитных полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м.

Основной способ – увеличение расстояния от источника, во избежание последствий экран видеомонитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя.

6.2.5 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 [26] определяет предельно допустимые значения напряжения прикосновения и тока на рабочем месте (см. табл. 6.6).

Таблица 6.6 – 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:

- повышенной влажности (относительная влажность воздуха более 75%);
- высокой температуре (более 35 °С);
- наличие токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединению с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

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

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

Чтобы избежать поражения электрическим током, необходимо защитить все токоведущие части от возможных прикосновений, а металлические корпуса должны быть заземлены.

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

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

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

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

Для уменьшения уровня шума рекомендуют использование звукоизоляции для ослабления постороннего шума.

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

При работе с электрооборудованием нормативная база РФ устанавливает обязательные правила и меры безопасности. Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть

защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства должен быть заземлен. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

6.3 Экологическая безопасность

В процессе работы над магистерской диссертацией каких-либо выбросов вредных веществ в атмосферу, литосферу и гидросферу не отмечалось.

ЖК-экраны – источник парниковых газов, которые намного вреднее диоксида углерода. По сравнению с диоксидом углерода (CO₂) NF₃ является в 17 000 раз более активным парниковым газом, а его атмосферное время полураспада может составлять от 550 до 740 световых лет.

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

Недостаток эксплуатации люминесцентных ламп – ртуть в составе. Единственный способ правильной утилизации – отправка в центр опасных отходов. Люминесцентные лампы необходимо утилизировать в специальных пунктах приёма

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Самым распространенными возможными чрезвычайными ситуациями в рабочем помещении являются:

- Пожар;
- Поражение электрическим током.

Возникновение вышеупомянутых ЧС может произойти по нескольким причинам:

- Неисправное электрооборудование, сбои в выключателях, проводке и розетках. Решение – регулярная проверка приборов на исправность;

- Электрические приборы с дефектами. Профилактика включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов;

Методы борьбы с пожарами предусматривают:

- Инструктажи, наличие планов эвакуаций, правильный монтаж и эксплуатация оборудования, обучение правилам техники безопасности, издание специальных инструкций и плакатов

- Соблюдение противопожарных правил, исключение образования горючей среды, применение трудно сгораемых материалов

- Предусмотренные средства сигнализации, огнетушители, автоматические стационарные системы тушения пожаров, своевременная эвакуация.

Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотным огнетушителем типа ОУ-2 или ОУ-5 [27].

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели корпуса приборов должны быть запрещены;

- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;

– необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки [28].

Рассмотренные ЧС могут нанести не только вред здоровью, но и материальный ущерб. Применимо к выполняемой работе 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.

6.5 Выводы по разделу

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где велась работа над магистерской диссертацией, 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.

Само помещение и рабочее место в нем удовлетворяет всем нормативным требованиям. Во избежание негативного влияния на здоровье во время работы с ПЭВМ необходимо делать перерывы и проводить специализированные комплексы физических упражнений.

Действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму соответствующими профилактическими работами, т.е. микроклимат, освещение и электро- и пожаробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно рассмотренного вопроса об экологической безопасности можно сказать, что несмотря на небольшое число вредных и опасных отходов, предприятию стоит уделить внимание на их правильную утилизации без вреда для окружающей среды.

Заключение

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

Использование имитационного моделирования с помощью ЭВМ позволяет увеличить скорость получения оптимальных параметров системы, проведения необходимых экспериментов и модификаций.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрены принципы и методы имитационного дискретно-непрерывного моделирования в математической среде MatLab. Проведен обзор библиотек SimEvents и Simulink, изучены различные блоки и инструменты SimEvents и Simulink, являющихся отдельными модулями математического пакета MatLab.

В результате работы была разработана модель СМО с источником внешних воздействий. В качестве тестирования модели были проведены серии экспериментов с целью анализа характеристик СМО.

Список использованных источников

1. Е.В. Пройдакова, М.А. Федоткин. Управление выходными потоками в системе с циклическим обслуживанием и переналадками // Автоматика и телемеханика, №6, 2008 – Москва, 2008. – С. 96-106.
2. А.Ф. Галиуллина, С.В. Сильнова, Л.Р. Черняховская. Оценка эффективности управления производственным процессом с применением имитационного моделирования на основе систем массового обслуживания // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2015. Т. 19. № 1 (67). С. 184-191.
3. Викулов Е.О., Денисов О.В., Рудгальский М.А. Моделирование распределения нагрузки между серверными станциями // В сборнике: Информационные технологии и автоматизация управления Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, работников образования и промышленности. – Омск, 2016. –С. 38-43.
4. Айдаров К.А., Балакаева Г.Т. Исследование алгоритмов и методов балансировки нагрузки и построение моделей для сетей массового обслуживания // Марчуковские научные чтения - 2017 Труды Международной научной конференции. Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2017. С. 17-21.
5. Polyanskiy S.V., Katsman Yu. Ya. Application of dynamic priorities for controlling the characteristics of queuing system // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. — Vol. 803: Information Technologies in Business and Industry (ITBI2016) : International Conference, 21–26 September 2016, Tomsk, Russian Federation : [proceedings]. — [012119, 6 p.]
6. С.А. Иванов. Модель сервиса с контекстно-зависимой вместимостью в системах массового обслуживания в SimEvents. / Вестник Чувашского университета. Информатика, вычислительная техника и управление. №3 – 2013. с. 270-273

7. Апачиди К.Н. Моделирование в среде Simulink системы массового обслуживания с приоритетами. Перспективы развития информационных технологий: / Труды Всероссийской молодежной научно-практической конференции, г. Кемерово, 29-30 мая 2014 г. – КузГТУ. – Кемерово, 2014. с.5-6.
8. Апачиди К.Н. Сравнение характеристик систем массового обслуживания при приоритетном распределении ресурсов. Молодежь и современные информационные технологии. / Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 12-14 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2 с. 130-131.
9. Ослин Б.Г. Моделирование. Имитационное моделирование СМО: учебное пособие. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 128с.
10. Иванов А.В., Иванова А.П. Моделирование случайных величин, систем массового обслуживания и случайных процессов. Часть 1.: Методические указания к лабораторным работам. – М.: МИИТ, 2005. – 28 с.
11. Моделирование непрерывных случайных величин - [электронный ресурс] https://studopedia.ru/15_63114_modelirovanie-nepreerivnih-sluchaynih-velichin.html
12. Имитация непрерывных случайных величин - [электронный ресурс] http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/glava3/glava3_3.htm
13. Кацман Ю. Я. Моделирование: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2003. – 91 с.
14. Matlab – Краткое руководство [электронный ресурс] <https://coderlessons.com/tutorials/kompiuternoje-programmirovanie/uznaite-matlab/matlab-kratkoe-rukovodstvo>
15. Дьяконов В.П. Matlab 6.5/7.0 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. Библиотека профессионала. – М.: «СОЛОН-Пресс», 2005.– 576 с.

16. SimEvents [Электронный ресурс].– режим доступа: URL <http://matlab.ru/products/simevents>.
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
18. ГОСТ 12.2.032-78 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. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
23. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
24. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
25. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1).
26. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).
27. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
28. ГОСТ Р 12.1.019-2009, Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

Приложение А
(справочное)

Part 2

Object and methods of research

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|---------------------------|----------------|-------------|
| 8ИМ81 | Грасмик Илья Вячеславович | | |

Руководитель ВКР

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Старший преподаватель | Маркова Наталия Александровна | | | |

2 Object and methods of research

2.1 Mass-service system

The object of research is the development and testing of MSS with a source of external impact.

A mass-service system or MSS implies mathematical models describing real or designed systems. Typically, a model consists of a stream of discrete elements, elements of a system that interact with this stream, and service disciplines [9].

The theory of mass service can be represented as building mathematical models that describe various parameters of the queuing system with indicators that characterize its ability to cope with the flow of incoming applications.

MSS can be divided into:

- MSS with failures;
- MSS with the queue.

In systems with refusals, applications that arrived at times when all servicing devices are busy receive a denial of service and leave the system.

Systems with a queue can be divided into: queues with a limited length and unlimited. In the case of a limited queue, if there is free space in the queue, the application becomes pending service, otherwise the application is lost. In the case of an unlimited queue, applications accumulate indefinitely.

2.2 RV modeling methods

Often when designing or using simulation models, there is a need to simulate random variables (RV).

It is called random because when implementing a certain set of conditions or tests, it is impossible to know in advance which value it will take in the end [10]. Depending on the set of possible values, several types of RV are distinguished, namely:

- Continuous:
 - a) inverse function method;
 - b) von Neumann method;

- c) composition method.
- Discrete.

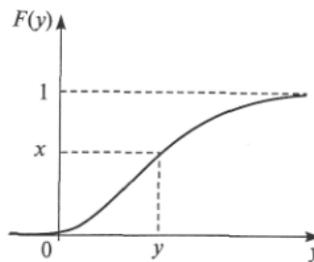
2.2.1 Inverse Function Method

Using this method, it becomes possible to take into account all the statistical properties of a random variable. This method is based on the following theorem:

If a continuous RV y has a probability density $f(y)$, then RV x has a uniform distribution law on the interval $[0; 1]$.

$$x = \int_{-\infty}^y f(y)dy = F(y) \quad (1)$$

This theorem is illustrated in Picture 2.1, which shows the distribution function of RV y .



Picture 2.1. Distribution function of RV "y"

The proof of the theorem is the following equation:

$$F(x) = P(X < x) = P(Y < y) = F(y) = \int_{-\infty}^y f(y)dy = x \quad (2)$$

This equation allows us to formulate the conclusion that $F(x) = x$, and this in turn confirms that RV x is uniformly distributed on the interval $[0; 1]$.

The basis of this method is the search for the inverse transformation of the distribution function $F^{-1}(x)$. In the case of the existence of such a transformation, the algorithm of the method can be divided into several stages, namely:

- simulation of a pseudo-random number (PSN) uniformly distributed over the interval $[0; 1]$;
- substitution of this PSN in the inverse function in order to further calculate the value of RV y .

These steps can be repeated, depending on the required number of possible values of RV y .

If the inverse transformation of the distribution function of random variables exists, then this method should be used [11].

2.2.2 The von Neumann method

The von Neumann method allows one to select from the set of uniformly distributed pseudorandom numbers R_i , based on certain rules, the set of values of y_i with the required distribution function $f(y)$ [12].

This method has the following algorithm:

1. The initial distribution is truncated so that the region where the possible values of RV y are identical with the interval $[a; b]$.

Due to this, a probability density $f^*(y)$ is formed such that the length of the interval $[a; b]$ is determined by the required accuracy of modeling the values of RV in the framework of a specific study.

$$\int_a^b f^*(y)dy = 1 \quad (3)$$

2. A pair of PSN R_1 and R_2 is formed, which are uniformly distributed over the interval $[0; 1]$.

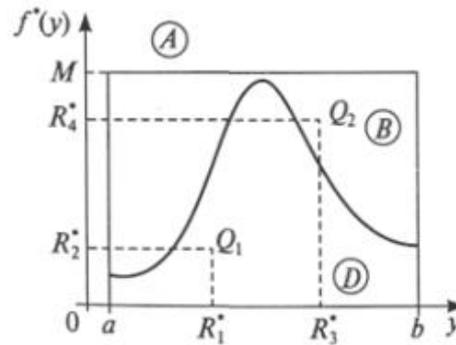
3. Next, the pair of PSN R_1^* and R_2 are calculated by formulas 4, 5 and 6.

$$R_1^* = a + (b - a)R_1 \quad (4)$$

$$R_2^* = MR_2 \quad (5)$$

$$M = \max f^*(y) \quad (6)$$

This pair of numbers $(R_1^*; R_2^*)$ defines a point on the coordinate plane, for example, Q_1 .



Picture 2.2. Von Neumann simulation

If the point (Q_1) belongs to the domain D , then we should assume that the first required value of RV $y_1 = R_1^*$ is obtained.

5. The next step generates a new pair of PSN R_3 and R_4 , evenly distributed on the interval $[0; 1]$, for which calculations are also carried out at the third stage, this pair determines the next point Q_2 on the coordinate plane.

6. If the point (Q_2) belongs to region B , then they begin to simulate another pair of PSN $(R_5; R_6)$. This algorithm continues further until the required number of PSN is obtained.

2.2.3. Composition method

The method is based on probability theory theorems proving the presentation of one RV by a set of two or more RV, which have relatively simple and easily implemented distribution laws.

A widespread use of the composition method is considered to be the modeling of possible values of RV with χ^2 distribution with n degrees of freedom: for this it is necessary to add the "squares" of n independent normally distributed RV with standard parameters.

In general, we can conclude that the composition method is applied and gives good results when it is known with the help of the composition of which RV it is possible to obtain RV with the required distribution law.

2.2.4 Method for modeling discrete RV

Modeling DRV occurs according to the following theorem:

There is a DRV ξ with distribution

| | | | | |
|-----|-------|-------|-----|-------|
| X | x_1 | x_2 | ... | x_n |
| P | p_1 | p_2 | ... | p_n |

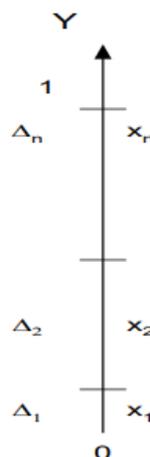
Picture 2.3. Distribution of DRV ξ

Where $p_i = P \{ \xi = x_i \}$

To model the value of this quantity, the interval $0 \leq y \leq 1$ is divided into subintervals Δ_i such that the length Δ_i is equal to p_i .

RV ξ defined by the formula $\xi = x_i$, when $\gamma = \Delta_i$ has a probability distribution (Pic. 2.3).

Indeed, $P \{ \xi = x_i \} = P \{ \gamma = \Delta_i \} = \text{length } \Delta_i = P_i$. For practical implementation, a function is built on a computer (Pic. 2.4) [13].



Picture 2.4. Modeling DRV

2.2.5 About MatLab and Simulink

MATLAB is a complex high-performance language for various technical calculations. It includes various methods of calculation, visualization, as well as programming capabilities in a convenient environment. All this helps the user to express tasks and solutions in mathematical form. This tool provides opportunities for work in various fields of mathematics, mechanical engineering, highly productive research, development and data analysis [14].

Mathematical functions, tools and the MatLab language allow us to apply various methods and get results faster than using traditional programming languages (Java, Pascal, C / C ++) or spreadsheets.

Simulink is a simulation system, which is a subsystem of Matlab. With its help, we can simulate nonlinear dynamic systems. It is an environment that allows us to simulate the process of the system using drag and drop blocks of diagrams on the screen. Simulink allows us to work with various systems, namely: linear, non-linear, continuous, discrete, multidimensional systems.

Various packages of the Simulink library provide the user with the ability to solve problems of any kind, for example, the task of developing the basic concept of the model. There are also various kinds of tools for verification and testing.

Using Simulink, it becomes possible to simulate the dynamic properties of the system and view simulation results. This library offers ODE-solvers with fixed and variable steps, methods for evaluating the performance of functions.

Simulink has the following key features:

- building models in an interactive graphical environment;
- adding your own blocks;
- setting parameters of complex models;
- the ability to build complex multi-level models;
- analysis and debugging of models using built-in tools;
- interaction with external programs for modeling;
- integration of ready-made algorithms into the model written in C / C ++ ,

MatLab, Ada.

- the availability of tools to solve the equations of continuous, discrete, linear and non-linear objects;

- the ability to visualize output data;
- setting input parameters [15].

2.2.6 SimEvents

SimEvents is one of the main libraries used in the Simulink system for modeling systems with discrete states. This library is based on queuing theory and queuing systems [15].

Using SimEvents, you can create various simulation models with objects passing through the queue. SimEvents also provides the ability to simulate systems that do not depend on time, but on discrete states. SimEvents also allows us to analyze model characteristics such as flow rate, packet loss, etc.

Key features:

- Specialized platform for modeling discrete, event-driven systems;
- A lot of objects with arbitrary data sets and a representation of processes, information packets and descriptors;
- Specialized blocks for queues, services, routing, resource management;
- A large set of tools for aggregation and analysis of statistical indicators of such parameters as delay, packet transit time through the system, average queue length, etc .;
- Animation of the operation of algorithms and data movement through a block of circuits for research in the field of optimization and search for errors.

2.2.7 Description of the used components of SimEvents

Event-Based Random Number is needed to generate pseudo-random values for the processing time of the application, parameters.

Time-Based Entity Generator simulates the arrival of an application at random times. Using the generate entities upon function, the user is given the opportunity to specify the generation order, choosing between the options, Intergeneration time from dialog and Intergeneration time from port t.

To collect statistics, this unit has several signal ports:

- W is time between generated orders;
- #d is the number of generated requests that left the block.

Block FIFO Queue (Queue) allows us to store requests, the number of which is determined by the capacity parameter. This block of applications is left in accordance with the rule "first entered - first left."

The unit has the following signal ports:

- *w* is average time spent by applications in this block;
- *#d* is the number of applications that left the block;
- *#to* is the number of requests that left the block at the end of the waiting time in the queue.

- *len* is the number of applications on average for the entire time;
- *#n* is the number of objects in the queue;

Single Server serves one application for some time before outputting it through the OUT port. For this block, it is possible to configure the time for servicing an order using a parameter, attribute or signal.

The signal output ports of the unit are listed below:

- *#d* is the number of requests that left the block through the OUT port;
- *W* is average waiting time in this block, for all applications that have previously left the block.

- *#p* is the number of objects that have been supplanted since the simulation;
- *#n* is the number of applications in the block at the moment, 0 or 1;
- *Pe* is the value 1 indicates, indicates that the block contains one entity that is trying to leave the block. In this case, the application will be in standby mode. Accordingly, 0 indicates that at the moment there are no applications in the block;

- *#to* is the number of requests that have timed out in this block.
- *Util* is utilization of the server, in other words, part of the simulation time used to store the application. Equal to 0 or 1, depending on the availability in the application block;

Path Combiner accepts applications through one of several input ports and then immediately releases them through a single output port. The number of ports for receiving applications is determined by the Number of entity input ports parameter.

The following ports are used to collect block statistics:

- last shows which of the input ports was used during the arrival of the last request.

- #d is the number of generated orders that left the block;

Output Switch allows us to select one of several ports for output entities. After one of the output ports is selected, the rest will be blocked.

Entity Sink absorbs work that has completed processing.

Scope (oscilloscope) is one of the tools for visualization, analysis and control of signal changes during the simulation. It allows us to display simulation results in the form of graphs.

Scope has the following parameters:

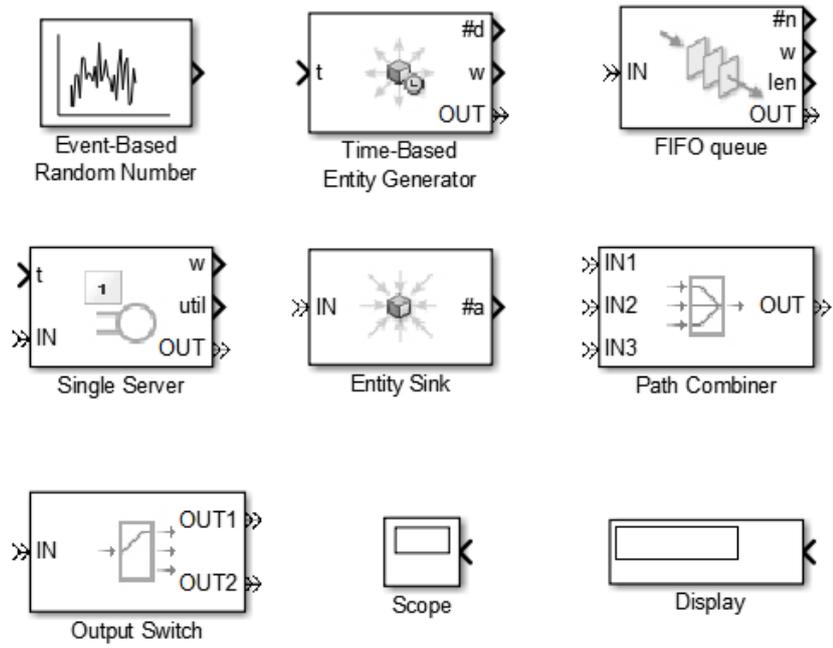
- Number of axes is the number of input ports;
- Time range sets the time period for displaying on charts;
- Tick labels allows us to show or hide axis labels;
- Sampling sets the graph output parameters;
- Save data to workspace when turned on, it saves the received signal values in the MATLAB workspace;

- Variable name sets the name for the variable stored in the MATLAB workspace;

- Format defines the data format when saving;

Display is required to display statistical values.

The considered set of blocks allows us to build a QS, consisting of the necessary components that will take into account the given parameters and features of the system.



Picture 2.5. Used components of the SimEvents library