

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

Институт кибернетики

Направление подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии

Кафедра Информационных систем и технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка и исследование модели СМО М/М/1 и М/Г/1 с различными дисциплинами ожидания и обслуживания

УДК

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5А	Полянский Сергей Владимирович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Акулов П.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Информационных систем и технологий	Мальчуков А.Н.	К.Т.Н		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общепрофессиональные компетенции	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
Профессиональные компетенции	
P5	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии проектирования геоинформационных систем (ГИС) или промышленного программного обеспечения.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания интеллектуальных ГИС и ГИС технологии или промышленного программного обеспечения с использованием методов системной инженерии.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и сопровождения ГИС и ГИС технологий или промышленного программного обеспечения с использованием методов и средств системной инженерии, осуществлять подготовку и обучение персонала.
P8	Формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории и практики ГИС и ГИС технологий или системной инженерии программного обеспечения. Разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач. Организовывать взаимодействие коллективов, принимать управленческие решения, находить компромисс между различными требованиями как при долгосрочном, так и при краткосрочном планировании.
Общекультурные компетенции	
P9	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
P10	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения.
P11	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P12	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

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

Институт кибернетики

Направление подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии
(специальность)

Кафедра Информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ5А	Полянскому Сергею Владимировичу

Тема работы:

Разработка и исследование модели СМО М/М/1 и М/G/1 с различными дисциплинами
ожидания и обслуживания

Утверждена приказом директора (дата, номер)

20.02.2017 №897/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Требуется разработать и провести эксперименты для систем массового обслуживания с динамически управляемыми приоритетами и с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор литературы. Разработка моделей СМО с динамически управляемыми приоритетами и с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания. Проведение экспериментов. Анализ полученных результатов.
---	--

Перечень графического материала	Рисунок – процент обслуженных заявок каждого типа; рисунок - процент обслуженных заявок относительно общего количества; рисунок - процент обслуженных заявок относительно числа поступивших заявок; рисунок - среднее время нахождения заявки в системе рисунок; рисунок - среднее время ожидания; рисунок - среднее время нахождения заявки на обслуживании; рисунок - проверка равномерности распределения; рисунок - распределение интенсивности выхода заявок
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова С.Н.
Социальная ответственность	Акулов П.А.
Раздел на иностранном языке	Мирошниченко Е.А. Горбатова Т.Н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Объект и методы исследования (Object and technique of research)

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5А	Полянский Сергей Владимирович		

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

Институт кибернетики
Направление подготовки (специальность) 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Уровень образования магистр
Кафедра Информационных систем и технологий
Период выполнения осенний / весенний семестр 2016/2017 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)
28.02.17	Глава «Обзор литературы»	5
4.03.17	Глава «Объект и методы исследования»	10
25.03.17	Глава «Расчеты и аналитика»	10
14.04.17	Построение моделей СМО	30
27.04.17	Проведение экспериментов с моделями. Анализ полученных результатов	25
10.05.17	Глава «Результаты проведенного исследования»	10
26.05.17	Глава «Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность»	5
26.05.17	Глава «Социальная ответственность»	5

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Информационных систем и технологий	Мальчуков А.Н.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 15 рис., 32 табл., 38 источник, 3 приложения.

СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ, ДИСЦИПЛИНА ОЖИДАНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЯ, РЕЖИМ РАЗДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ, КРУГОВОЙ ЦИКЛИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ.

Объектом исследования является разработка, модификация и исследование моделей СМО с динамически управляемыми приоритетами и с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания.

Цель работы – разработать и провести исследования моделей СМО с различными законами управления применительно к дисциплинам ожидания и обслуживания.

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

В результате исследования были получены модели СМО с динамически управляемыми приоритетами и с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания. В случае для СМО с динамически управляемыми приоритетами была разработана модель системы, которая позволяет управлять количеством обслуженных беспriorитетных заявок. В случае с СМО с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания была разработана система использующая алгоритм Round Robin при обслуживании заявок.

Разработанные модели могут быть применены при решении задач с использованием теории массового обслуживания. Данные системы могут быть модифицированы под более конкретную производственную задачу.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

система массового обслуживания (СМО) - система, которая производит обслуживание поступающих в неё требований;

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

модель - объект, отражающий некоторые стороны изучаемого объекта или явления, существенные с точки зрения целей моделирования.

Содержание

Введение.....	10
1 Обзор литературы	11
2 Объект и методы исследования	13
2.1 Система массового обслуживания	13
2.2 Обзор систем имитационного моделирования	15
2.3 Описание компонентов библиотеки SimEvents	20
2.4 Statistica	23
3 Расчеты и аналитика	25
3.1 СМО с динамически управляемыми приоритетами.....	25
3.2 СМО с циклическим алгоритмом обслуживания	30
4 Результаты проведенного исследования	35
4.1 Результаты проведенного исследования для СМО с динамически управляемыми приоритетами	35
4.2 Результаты проведенного исследования для СМО с беспriorитетной циклической системой обслуживания	39
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 52	
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
5.2 Организация и планирование работ	52
5.3 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта	58
5.4 Оценка экономической эффективности.....	64
6 Социальная ответственность	68
6.1 Производственная безопасность	71

6.2 Экологическая безопасность.....	79
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	80
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	83
Заключение	88
Список публикаций студента.....	90
Список использованных источников	91
Приложение А (Обязательное) Object and technique of research	96
Приложение Б (Обязательное) Модель системы массового обслуживания с динамически управляемыми приоритетами.....	106
Приложение В (Обязательное) Модель очереди	107

Введение

Моделирование применяется в случаях, когда проведение экспериментов над реальной системой невозможно или нецелесообразно: например, по причине дороговизны создания прототипа либо из-за длительности проведения эксперимента в реальном масштабе времени. Использование систем массового обслуживания (СМО) позволяет решать задачи, связанные с многократным использованием одного набора значений. Системами, работу которых можно описать с использованием СМО, являются телефонные системы, ремонтные цеха, вычислительные комплексы, магазины, кассы, парикмахерские, логистика, бизнес-процессы.

Цель работы заключается в разработке, модификации и исследовании моделей СМО с различными законами управления применительно к дисциплинам ожидания и обслуживания.

Объектом исследования является разработка, модификация и исследование моделей СМО с динамически управляемыми приоритетами и с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания.

Практическая значимость результатов заключается в том, что в данной работе разработаны модели систем массового обслуживания, которые позволят решить поставленные задачи при наложении на системы конкретных ограничений и установки определенных параметров. Примером могут служить задачи по оптимизации систем управления, энергосбережения, эффективном использовании ресурсов и при проектировании сетей передачи информации.

Результаты работы опубликованы в сборнике трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г, а так же в журнале Journal of Physics: Conference Series (JPCS), vol.803.

1 Обзор литературы

В работе [1] рассмотрена архитектура функциональной схемы модели сервиса с динамической контекстно-зависимой вместимостью. Так же представлена модель управления очередью, позволяющая обеспечить большую загрузку сервиса и исключая ситуация блокировки очереди.

В статье [2] рассматривается задача моделирования групповых объектов в СМО и задача подсчета загрузки системы. Представленная в статье модель предоставляет возможность оптимально загрузить систему путем перегруппировки сервисов. Рассмотренный в этой статье пример построения архитектуры модели системы с учетом логистики перемещения группировок объектов может быть обобщен на задачи планирования оптимальной загруженности рабочих центров и другие задачи производственного менеджмента

В статье [3] рассмотрен метод моделирования производственных систем дискретного типа в пакете прикладных программ MatLab. Проведено моделирование гибких производственных систем производства корпусных деталей с дисциплинами обслуживания LIFO и FIFO. Разработанная модель позволяет изменять параметры быстродействия отдельных частей системы, менять дисциплины обслуживания и имитировать отказ оборудования. Результаты помогают оценить влияние настроек системы на производительность гибких производственных систем.

В статье [4] в данной работе производится проверка с помощью имитационного моделирования алгоритмов протокола множественного доступа. Предложенный протокол обеспечивает при достаточно высокой скорости передачи приемлемую вероятность соединений, обслуживание с приоритетами, гарантированное качество службы, надежность и устойчивость работы. Проведенное в данной работе моделирование позволяет сделать вывод о работоспособности рассмотренных в ней алгоритмов установления рабочего режима и приемлемой вероятности доставки пакетов.

В работе [5] производится изучение процесса моделирования системы массового обслуживания заявок, имеющих различный приоритет.

В работе [6] рассматривается многоканальная СМО с ожиданием. В работе производится оценка количества пунктов сбора платы за проезд на платном участке дороги, необходимого для оптимальной продолжительности пребывания машины в системе.

В работе [7] рассматриваются системы с различными дисциплинами ожидания и обслуживания. В частности в ней были рассмотрены 3 варианта дисциплины обслуживания: беспriorитетная, относительная и абсолютная. Была проведена серия экспериментов для сравнения между собой этих систем и выявления параметров, которые необходимо учитывать при проектировании СМО такого рода.

В статье [8] рассматривается СМО с применением беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания. Производится сравнение систем с различными объемами буфера (а именно при размере буфера равном единице и пяти).

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

2 Объект и методы исследования

2.1 Система массового обслуживания

Объектом исследования является разработка, модификация и исследование моделей СМО с динамически управляемыми приоритетами и с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания.

Системы массового обслуживания (СМО) – это математические модели таких реальных или проектируемых систем, функционирование которых можно рассматривать как последовательное взаимодействие неких дискретных объектов с элементами системы. Эти объекты, обычно поступающие в систему из внешних источников, некоторое время взаимодействуют с элементами системы по определенным правилам, а затем покидают систему[9].

Каждая СМО состоит из определенного числа обслуживающих единиц (приборов, устройств, пунктов, станций), которые называются каналы обслуживания. Каналами могут быть линии связи, рабочие точки, вычислительные машины, продавцы и др. По числу каналов СМО подразделяют на одноканальные и многоканальные.

Заявки поступают в СМО обычно не регулярно, а случайно, образуя так называемый случайный поток заявок (требований). Обслуживание заявок, вообще говоря, также продолжается какое-то случайное время. Случайный характер потока заявок и времени обслуживания приводит к тому, что СМО оказывается загруженной неравномерно: в какие-то периоды времени скапливается очень большое количество заявок (они либо становятся в очередь, либо покидают СМО необслуженными), в другие же периоды СМО работает с недогрузкой или простаивает.

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

СМО делят на два основных типа (класса):

- СМО с отказами;
- СМО с ожиданием (очередью).

В СМО с отказами заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, получает отказ, покидает СМО и в дальнейшем процессе обслуживания не участвует (например, заявка на телефонный разговор в момент, когда все каналы заняты, получает отказ и покидает СМО необслуженной). В СМО с ожиданием заявка, пришедшая в момент, когда все каналы заняты, не уходит, а становится в очередь на обслуживание.

СМО с ожиданием подразделяются на разные виды в зависимости от того, как организована очередь: с ограниченной или неограниченной длиной очереди, с ограниченным временем ожидания и т.п.

Очередь образуется в результате перегрузки приборов. В результате неограниченной очереди не происходит потери заявок. В конечной очереди устанавливается ограничение на количество свободных мест для ожидания обслуживания. Ограничения на длину очереди задаются условиями, при которых накопление и хранение заявок, ожидающих обслуживания, становится по некоторым соображениям нецелесообразным или невозможным [10].

Для классификации СМО важное значение имеет дисциплина обслуживания, определяющая порядок выбора заявок из числа поступивших и порядок распределения их между свободными каналами. По этому признаку обслуживание заявки может быть организовано по принципу "первая пришла — первая обслужена", "последняя пришла — первая обслужена" (такой порядок может применяться, например, при извлечении для обслуживания изделий со склада, ибо последние из них оказываются часто более доступными) или обслуживание с приоритетом (когда в первую очередь обслуживаются наиболее важные заявки). Различают приоритеты абсолютные, относительные и динамические. Заявка из очереди с абсолютным приоритетом, поступая на вход занятого обслуживающего аппарата, прерывает уже начатое обслуживание

заявки более низкого приоритета. В случае относительного приоритета прерывания не происходит, более высокоприоритетная заявка ждет окончания уже начатого обслуживания. Динамические приоритеты могут изменяться во время нахождения заявки в СМО.

2.2 Обзор систем имитационного моделирования

Имитационное моделирование — один из самых распространенных методов исследования операций и теории управления.

Имитационная модель — это компьютерная программа, которая описывает структуру и воспроизводит поведение реальной системы во времени. Имитационная модель позволяет получать подробную статистику о различных аспектах функционирования системы в зависимости от входных данных[11].

В данный момент различают три вида имитационного моделирования [12]: агентное моделирование, системная динамика и дискретно-событийное моделирование

Имитационное моделирование может быть использовано в следующих областях:

- бизнес-процессы;
- динамика населения;
- ИТ-инфраструктура;
- логистика;
- производство;
- уличное движение;
- управление проектами.

В данном разделе производится обзор средств имитационного моделирования и их возможностей.

2.2.1 Пакет имитационного моделирования Rockwell Arena

Основными областями применения пакета Rockwell Arena являются:

- производство;
- логистика и складское хозяйство;

- медицина;
- вооружение и безопасность [13].

В Arena применяются процессор и язык имитационного моделирования SIMAN. Пользователю предоставляется удобный графический интерфейс с набором шаблонов моделирующих конструкций.

Arena поддерживает иерархическое моделирование. Каждая заявка в Arena обладает набором стандартных атрибутов, но помимо стандартных, заявкам можно присвоить собственные атрибуты с помощью конструкции Assign. После присвоения атрибута его можно использовать в логике модели для принятия решения или присваивать ему новое значение.

Arena поддерживает язык Visual Basic for Applications (VBA) компании Microsoft. С его помощью можно связать модель с продуктами фирмы Microsoft. Arena обеспечивает вывод на экран двумерной и трехмерной (Arena 3DPlayer) анимации процесса моделирования. Для представления результатов доступны различные гистограммы и графики.

Число потоков случайных чисел в пакете Arena не ограничено. Более того, пользователь имеет доступ к 12 стандартным теоретическим распределениям вероятностей, а также к эмпирическим распределениям.

Пакет позволяет выполнять функционально-стоимостной анализ при использовании ABC-метода, благодаря чему можно учитывать дополнительные и обычные затраты, а также создавать временные отчеты.

Rockwell Arena работает только под операционными системами семейства Windows.

2.2.2 Пакет имитационного моделирования AnyLogic

AnyLogic — программное обеспечение для имитационного моделирования сложных систем и процессов, разработанное российской компанией XJ Technologies [13].

AnyLogic основан на Java и базируется на платформе Eclipse — современном стандарте для бизнес-приложений, благодаря которой AnyLogic

работает на всех распространенных операционных системах (Windows, Mac, Linux и т.д.).

Графическая среда AnyLogic построена по тому же принципу, что и в Rockwell Arena. Моделирующие конструкции располагаются в палитрах (аналог шаблонов в Arena).

AnyLogic поддерживает иерархическое моделирование, а также создание собственных моделирующих конструкций и объединение их в библиотеки. Заявки имеют стандартный тип Entity, однако есть возможность присваивать заявкам собственные типы (Java-классы) с нестандартным набором атрибутов. В AnyLogic пользователю доступны 29 стандартных теоретических распределений. Есть возможность зафиксировать набор случайных чисел и провести абсолютно идентичный эксперимент.

Для создания отчетов в AnyLogic отведена специальная палитра «Статистика», в которой содержатся конструкции для сбора данных по ходу работы модели. В этой палитре также находятся различные диаграммы, графики и гистограммы.

2.2.3 Ptolemy II

Ptolemy II является проектом университета Беркли. Ptolemy II представляет собой набор пакетов Java, предназначенных для создания моделей, моделирования и проектирования систем реального времени и встраиваемых систем. Благодаря технологии Java Ptolemy может работать на всех распространенных операционных системах.

Ptolemy II обладает интерактивным графическим интерфейсом с поддержкой иерархического моделирования. Возможность присваивать заявкам различные наборы атрибутов делает данный пакет более гибким с точки зрения построения моделей. В Ptolemy доступны 20 стандартных теоретических распределений.

Пользователю доступны различные средства визуализации информации в виде графиков, гистограмм и различных средств мониторинга. Возможности

визуализации процесса моделирования заключены в библиотеке GR, которая позволяет выводить на экран различные трехмерные объекты.

2.2.4 SimEvents и Stateflow

SimEvents - это библиотека Simulink для моделирования систем с дискретными состояниями, использующая теорию очередей и систем массового обслуживания [14].

Позволяет создавать имитационные модели прохождения объекта через сети и очереди, обеспечивает моделирование систем зависящих не от времени, а от дискретных состояний. Позволяет анализировать такие характеристики производительности модели как интенсивность потока, потеря пакетов и т.п.

SimEvents также может быть использован для построения таких моделей как производственный процесс для того, чтобы подсчитать необходимые ресурсы и определить узкие места. Библиотеки готовых блоков, таких как очереди, серверы и переключатели позволяют изобразить систему в виде интерактивной блок-схемы.

Основные возможности:

- ядро дискретно-событийной симуляции для моделирования многодисциплинарных сложных систем в Simulink;
- предопределенные библиотечные блоки, включая очереди, серверы, генераторы, маршрутизацию и блоки для комбинирования/разделения сущностей;
- сущности с настраиваемыми атрибутами для гибкого представления пакетов, задачи компонентов;
- встроенный сбор статистики для получения задержек, пропускной способности, средней длины очереди и других метрик;
- библиотечные блоки для задания специфических конструкций — таких, как каналы связи, протоколы передачи сообщений и лента конвейера;
- анимация внутри модели для визуализации работы модели и отладки.

Stateflow — это среда для моделирования и симуляции комбинаторной и последовательной логики принятия решений, основанных на машинах состояний и блок-схемах [15]. Stateflow позволяет комбинировать графические и табличные представления, включая диаграммы перехода состояний, блок-схемы, таблицы перехода состояний и таблицы истинности, для того, чтобы смоделировать реакцию системы на события, условия во времени и внешние входные сигналы.

При помощи Stateflow можно разрабатывать логику диспетчерского управления, планирования задач и систем реагирования на ошибки. Stateflow включает анимацию диаграммы состояний, а также статические и динамические проверки.

Основные возможности:

- среда для моделирования, графические компоненты и ядро симуляции для моделирования и симуляции сложной логики
- детерминированная семантика выполнения с иерархией, параллелизмом, темпоральными операторами и событиями
- диаграммы состояний, таблицы перехода состояний и матрицы перехода состояний, представляющие конечные автоматы
- блок-схемы, функции MATLAB functions и таблицы истинности для представления алгоритмов
- анимация диаграммы состояний, запись активности состояния, запись данных и встроенный отладчик для анализа дизайна и выявления ошибок времени выполнения
- статические и динамические проверки конфликтующих переходов, проблем заикливания, несоответствия состояний, нарушения диапазонов данных и переполнений
- конечные автоматы Мили и Мура.

После обзора систем имитационного моделирования было принято решение использовать библиотеку SimEvents и Stateflow для построения

требуемых моделей, так как в них присутствуют все необходимые компоненты, имеется подробная документация, в том числе на русском языке, имеются базовые модели для обучения и понимания принципа функционирования моделей.

2.3 Описание компонентов библиотеки SimEvents

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

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

Priority queue. Хранящиеся объекты последовательно сортируются в неопределенную по времени последовательность. Данный блок может хранить до N отсортированных объектов, где N выступает в качестве емкости. Сортировка объектов в очереди происходит согласно параметру, заданному в атрибутах в порядке возрастания или убывания. Имя атрибута для сортировки и направление сортировки определяют принцип сортировки объектов. В качестве атрибута для сортировки блок принимает целые числа в диапазоне от Inf , и до $-Inf$. Объекты не могут выйти из блока через порт out, если он заблокирован. Если у объекта установлено время ожидания, тогда он может покинуть блок преждевременно через специальный блок to. Величина времени, которое объект может оставаться в данном блоке не определена заранее. Порт in будет считаться недоступным, если блок содержит в себе N объектов. В таком случае очередь будет считаться полной.

Single Server – обслуживает одну сущность в течение определенного периода времени, а затем пытается вывести сущность через порт «OUT». Если порт «OUT» заблокирован, то объект остается в этом блоке, пока порт не будет разблокирован. Есть возможность указать время обслуживания с помощью параметра, атрибута или сигнала.

Когда блок позволяет вытеснение, сущность на сервере может быть вытеснена заранее через порт «P».

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

Таблица 2.1 – Выходные порты single server

Обозначение	Описание
OUT	Порт для выхода заявок после истечения их времени обслуживания.
P	Порт для выхода объектов, которые были вытеснены прибывшими объектами. В момент вытеснения данный порт не должен быть заблокирован.
TO	Данный порт активирован, если выбрана функция «Enable TO port for timed-out entities». Данный порт используется для выхода объектов, чье время истекло в данном блоке. В момент выхода объекта данный порт не должен быть заблокирован.

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

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

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

Для добавления атрибута к сущности используется блок **Set Attribute**. Блок принимает сущность, присваивает ей данные и выпускает сущность через выходной порт. Присвоенные данные хранятся в атрибутах сущности. Каждый атрибут имеет имя (name) и значение (value). В каждой сущности можно определить до 32 атрибутов.

Для считывания атрибута из сущности и формирования соответствующего сигнала используется блок **Get Attribute**.

Schedule timeout. Событие расписания таймаута для каждого выходящего объекта. Время ожидания события позволяет ограничивать время, которое тратит объект для продвижения по установленным путям в процессе моделирования. Топологически данный блок обозначает начало пути объекта, где будет установлено ограничение времени.

Cancel timeout. Отменяет событие тайм-аута для объекта. Данный блок отмечает установленное событие тайм-аута, которое устанавливает блок Schedule Timeout, который был ранее установлен для прибывающих объектов. Событие время ожидания позволяет ограничить время, которое тратит объект для установленного пути в процессе моделирования. Топологически данный блок обозначает конец той части пути, на которую было установлено ограничение времени. Возможность отмены события тайм-аута прежде чем произойдет данное ограничение времени для прохождения пути, которое не заканчивается блоком Sink.

Start timer. Ассоциирует установленный таймер для каждого поступающего объекта самостоятельно и запускает таймер. Если объект ранее связывался с таймером с тем же именем, то блок либо продолжает или перезапускает таймер, в зависимости от настроек параметра «If timer has already started». Опция предупреждение и продолжение может быть полезно для отладки или предотвращения ошибок моделирования.

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

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

Entity Sink используется для завершения путей сущностей.

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

2.4 Statistica

Для анализа полученных данных используется программный пакет для статистического анализа данных – Statistica.

STATISTICA - это универсальная интегрированная система, предназначенная для статистического анализа и визуализации данных, управления базами данных и разработки пользовательских приложений, содержащая широкий набор процедур анализа для применения в научных исследованиях, технике, бизнесе, а также специальные методы добычи данных[16].

Statistica обладает следующими возможностями:

- программа может работать с большими массивами данных (поддерживаются таблицы с количеством переменных до 32000);
- высокая точность математических операций;
- быстрая визуализация (расчет и построение графиков) [17].

Statistica содержит довольно широкий спектр методов анализа. Основными модулями являются:

- Quick Basic Statistics (быстрый анализ) – данный модуль, позволяет быстро проводить анализ наиболее употребительными методами;
- Basic Statistics/Tables (основные статистические методы и таблицы) - описательные методы статистики, таблицы частот и корреляций, регрессии и другие базовые статистические методы;

- Nonparametrics/Distribution - внутригрупповые и межгрупповые непараметрические тесты, сравнение различных дискретных и непрерывных теоретических распределений с распределением наблюдаемых величин;
- ANCOVA/MANCOVA - однофакторный и многофакторный дисперсионный и ковариационный анализ;
- Multiple Regression - различные методы множественной линейной и фиксированной нелинейной регрессии (в частности, полиномиальной, экспоненциальной, логарифмической и др.);
- Nonlinear Estimation - методы подгонки к нелинейным зависимостям данных различных функций, в том числе заданных пользователем;
- Cluster Analysis - различные методы кластерного анализа и классификации;
- Factor Analysis - выделение наиболее существенных факторов сложного объекта методами главных компонент, минимальных остатков, максимального правдоподобия;
- Canonical Analysis - метод канонического анализа корреляции между двумя группами переменных;
- Multidimensional Scaling - многомерное шкалирование;

3 Расчеты и аналитика

3.1 СМО с динамически управляемыми приоритетами

При моделировании работы СМО с приоритетной дисциплиной обслуживания, возможна ситуация, при которой низкоприоритетные заявки могут вообще не поступать на обслуживающий прибор, либо процент обслуженных низкоприоритетных заявок будет мал, такая ситуация возможна, когда интенсивность прихода заявок абсолютного и относительного приоритета высока и прибор занят обслуживанием заявок более высокого приоритета. Решением этой проблемы является использование динамических приоритетов.

3.1.1 Параметры СМО

Было установлено три источника поступления заявок: с низким, средним и высоким (абсолютным) приоритетом.

Поступление заявок распределено по равномерному закону распределения $U(a,b)$.

Для проведения исследований использовалась система с одним обслуживающим прибором. Обслуживающий прибор одновременно может обслуживать лишь одну заявку. В системе использовался абсолютно надежный прибор, т.е. вероятность поломки или отказа в принятии заявки равна нулю.

Обслуживание заявок производится по экспоненциальному закону распределения. Для заявок каждого типа установлено соответствующее среднее время обслуживания T_{cp} :

- бесприоритетные - $T_{cp} = 10$;
- заявки с относительным приоритетом - $T_{cp} = 5$;
- заявки с абсолютным приоритетом - $T_{cp} = 3$.

3.1.2 Структура системы

При модификации модели [18] использовалась библиотека Stateflow, помогающая (облегчающая) исследователю моделирование комбинаторной и последовательной логики принятия решения.

Система состоит из следующих блоков: генератор заявок и установка параметров, вывод заявок при переполнении очереди, очередь, повышение приоритета, обслуживающий прибор, возврат недообслуженных заявок, вывод обслуженных заявок. Схема функционирования прибора представлена на рисунке 3.1.

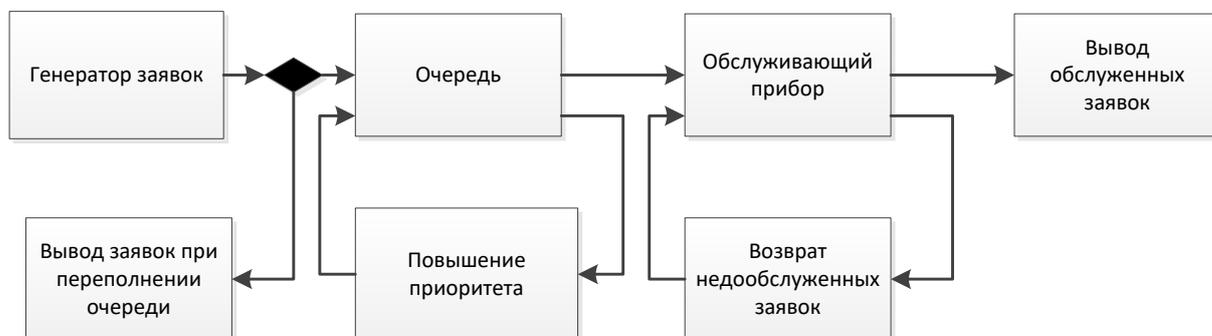


Рисунок 3.1 – Схема функционирования СМО

Генератор заявок и установка параметров – отвечает за установку времени прихода заявок. В системе предусмотрены заявки с абсолютным приоритетом, с относительным приоритетом и бесприоритетные заявки. Так же в этом блоке осуществляется установка атрибутов.

Вывод заявок при переполнении очереди – подсистема позволяет выявить количество заявок, которым было отказано в обслуживании.

Очередь – данный блок предназначен для предоставления заявок обслуживающему прибору в соответствии с их приоритетом, сначала обслуживаются заявки с абсолютным, затем заявки с относительным приоритетом и бесприоритетные заявки.

Повышение приоритета – данная подсистема используется в том случае, когда процент обработанных бесприоритетных заявок мал и возникает необходимость в повышении количества обслуженных бесприоритетных заявок. Бесприоритетная заявка получает относительный приоритет, но время ее обработки остается неизменным.

Обслуживающий прибор – в данном блоке предусмотрена система прерывания обслуживания заявки в случае прихода в прибор заявки с абсолютным приоритетом.

Подсистема **возврата вытолкнутых заявок** возвращает вытолкнутые заявки в обслуживающий прибор при окончании обслуживания заявки с абсолютным приоритетом.

Вывод обслуженных заявок – ведет подсчет обслуженных заявок в соответствии с их приоритетами.

3.1.3 Принцип функционирования очереди и системы повышения приоритета

Блок очереди (рис В.1) состоит из блока Input Switch, Output Switch, систем коммутирования и повышения приоритета и трех блоков FIFO queue, по одному блоку для заявок каждого типа: FIFO queue для беспriorитетных заявок, для заявок с относительным приоритетом и для заявок с абсолютным приоритетом. На рисунке 3.2 представлена структурная схема очереди.

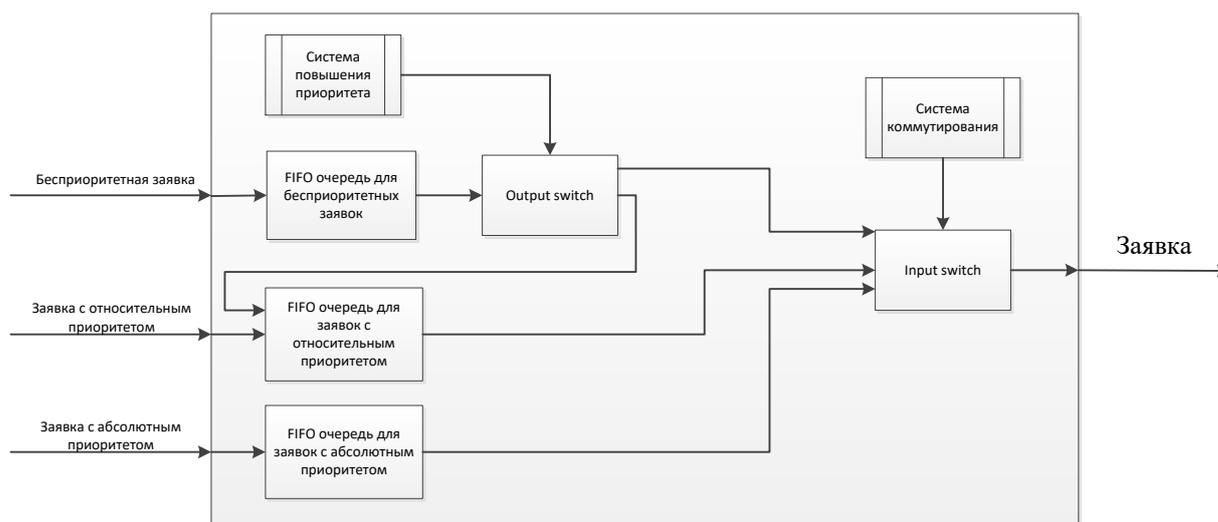


Рисунок 3.2 – Структурная схема очереди

После того, как заявка сгенерирована, она попадает в соответствующую очередь. Блок Input Switch в связке с системой коммутирования обеспечивает работу всего блока, как приоритетной очереди. Система коммутирования (рис 3.3) проверяет наличие заявок в очередях более высокого приоритета и если эта очередь не пуста, то коммутирует ее на выход из блока, т.е. сначала система проверяет наличие заявок в FIFO очереди для заявок абсолютного приоритета, если очередь не пуста, тогда блок Input Switch коммутирует эту очередь с

выходом, если пуста, идет проверка FIFO очереди заявок с относительным приоритетом и так далее по аналогии.

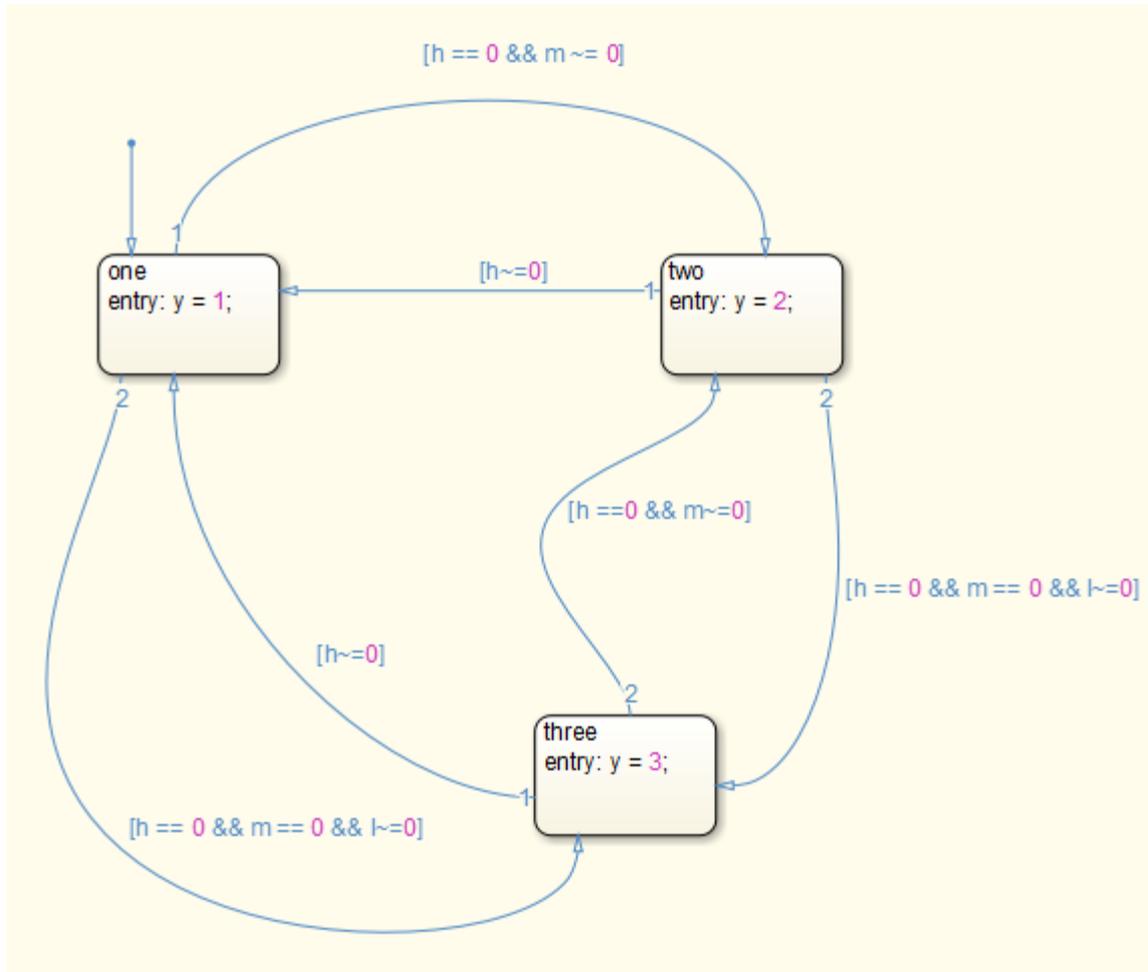


Рисунок 3.3 – Система коммутирования

Если же коммутирована очередь с более низким приоритетом и в этот момент число заявок в очереди с более высоким приоритетом перестало равняться нулю, система коммутирования переключает Input Switch, коммутируя очередь с более высоким приоритетом.

Система повышения приоритета работает в связке с блоком Output Switch. Система повышения приоритета (рис. 3.4) проверяет процент обслуженных беспriorитетных заявок, если процент ниже порогового значения, то данная система коммутирует очередь беспriorитетных заявок с очередью заявок с относительным приоритетом, перекидывая две заявки из беспriorитетной очереди в очередь заявок с относительным приоритетом.

После этого, система не сразу повторно проверяет процент обслуженных заявок, а через 10 единиц времени.

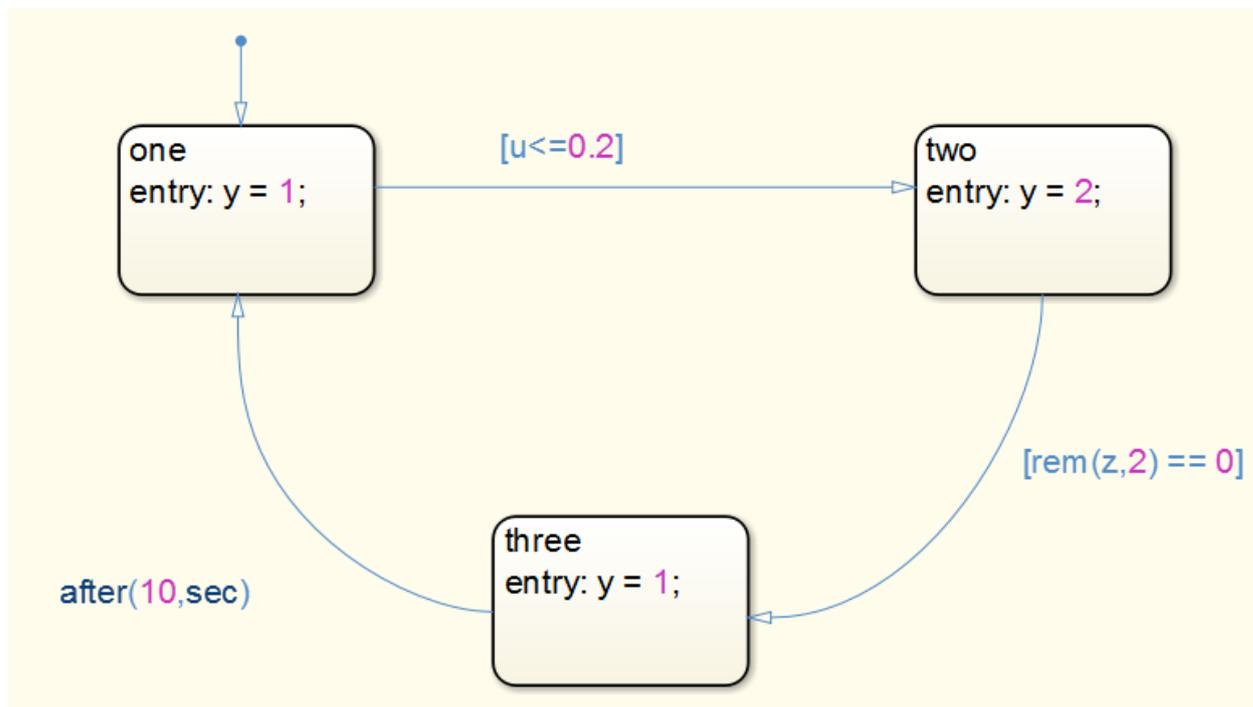


Рисунок 3.4 - Система повышения приоритета

Если же процент обслуженных беспriorитетных заявок достаточно высок и нет необходимости повышать вероятность обслуживания беспriorитетной заявки, тогда данный блок коммутируется с блоком Input Switch.

3.1.4 Принцип прерывания обслуживания заявки

Принцип прерывания обслуживания заявки реализован следующим образом: при поступлении на прибор заявки с абсолютным приоритетом, обслуживание заявки находящейся в данный момент в приборе прерывается (если это заявка беспriorитетная или с относительным приоритетом), и ее место занимает пришедшая заявка. После прерывания обслуживания текущей заявки у заявки сохраняется время, необходимое заявке для завершения процесса обслуживания, и именно с таким временем заявка возвращается на обслуживающий прибор (дообслуживается).

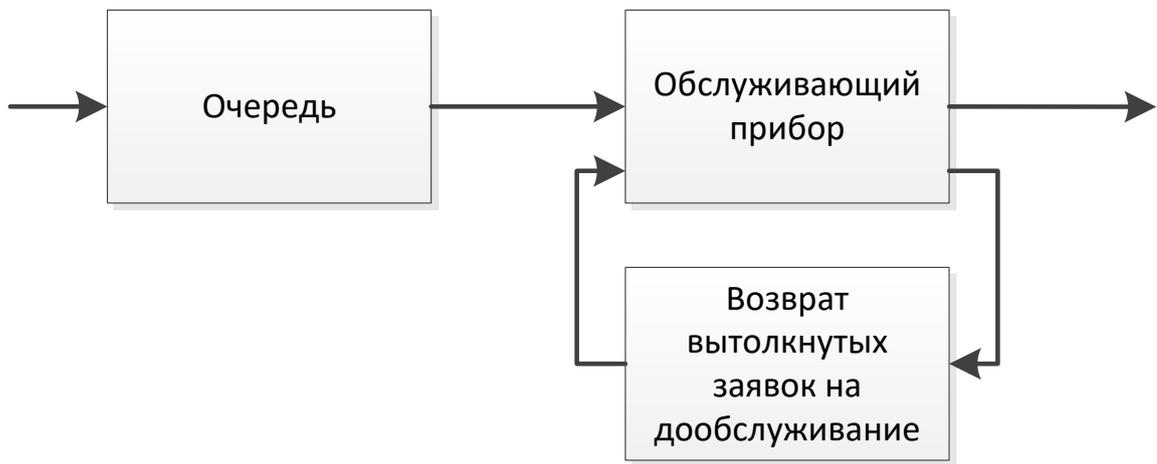


Рисунок 3.5 – Схема прерывания обслуживания

Вытолкнутые заявки возвращаются не в очередь. Вытолкнутые заявки получают наивысший приоритет и не могут быть вытолкнуты повторно. Обслуживание вытолкнутых заявок производится сразу после обслуживания вытолкнувшей заявки.

3.2 СМО с циклическим алгоритмом обслуживания

На рисунке 3.6 представлена концептуальная схема СМО. Входящий поток состоит из блока «генератор заявок», выходным потоком этого блока являются заявки с длительным и быстрым временем обслуживания.



Рисунок 3.6 – Схема функционирования СМО с циклической дисциплиной обслуживания

После того, как процесс исчерпал свой квант, он переводится в конец очереди процессов, готовых к выполнению (очередь обслуживаемых). На

обработку поступает следующий готовый к выполнению процесс. Очередь готовых к выполнению процессов одна — и для вновь поступивших и для недообслуженных процессов. Таким образом, ни один процесс не занимает сервер надолго, и по этой причине квантование широко используется в системах разделения времени [19]. К достоинствам такого подхода можно отнести более быстрое завершение коротких процессов за счет уменьшения времени ожидания в очереди [20]. Короткие процессы не ждут окончательного выполнения длинных процессов, а запускаются параллельно с ними (уменьшается время ожидания в очереди), поэтому можно предположить, что среднее время нахождения в системе тоже уменьшится.

Ниже представлена система, с которой проводились сравнения (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 - Схема функционирования «линейной» СМО

Входящий поток состоит из блока «генератор заявок», аналогичный СМО с циклической дисциплиной обслуживания, т.е. выходным потоком этого блока являются заявки с длительным и быстрым временем обслуживания.

Дисциплина ожидания представлена блоком «общая очередь». Это бесконечная беспriorитетная очередь, из которой заявки последовательно поступают на обслуживающий прибор.

Дисциплина обслуживания представляет собой один обслуживающий прибор. Обслуживающий прибор одновременно может принимать только одну заявку.

Разработанная модель системы с циклической дисциплиной обслуживания, основанной на квантовании, представлена на рисунке 3.8. Эта система работает в режиме разделения ресурсов одного сервера между несколькими процессами, в данном случае разделяется время обслуживания

сервером. На общей схеме присутствуют блоки подсистем «Task Generator», «Queue», «Service Discipline», «Gathering Statistic Subsystem», «Display Statistics Subsystem», блок «Enabled Gate», блок «Entity Sink», завершающий время жизни процесса в системе.

Блок «Enable Gate» пропускает один новый процесс в очередь обслуживаемых заявок, который находится в блоке «Service Discipline». Событие поступления нового процесса в очередь происходит только в том случае, когда очередь обслуживаемых заявок имеет свободные места.

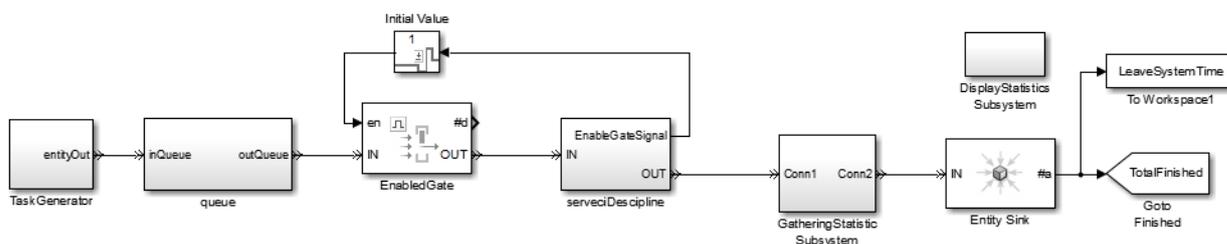


Рисунок 3.8 – Модель системы с циклической дисциплиной обслуживания по квантам времени

Блок «Queue» содержит бесконечную очередь и блоки сбора статистики для очереди. Размер очереди не ограничен, поэтому создается буфер для всех поступающих процессов, что соответствует системе без потерь. В процессе моделирования отслеживаются следующие параметры очереди: среднее время ожидания, количество оставшихся в очереди процессов и количество процессов покинувших очередь (поступивших на выполнение).

Блок «Gathering Statistics Subsystem» собирает различную статистику работы системы для дальнейшего анализа результатов. В этом блоке находятся таймеры для получения среднего нахождения процесса в системе, среднего времени выполнения процесса, блоки для получения статистики по успешно завершившимся процессам. Внутреннюю схему этого блока можно увидеть на рисунке 3.9.

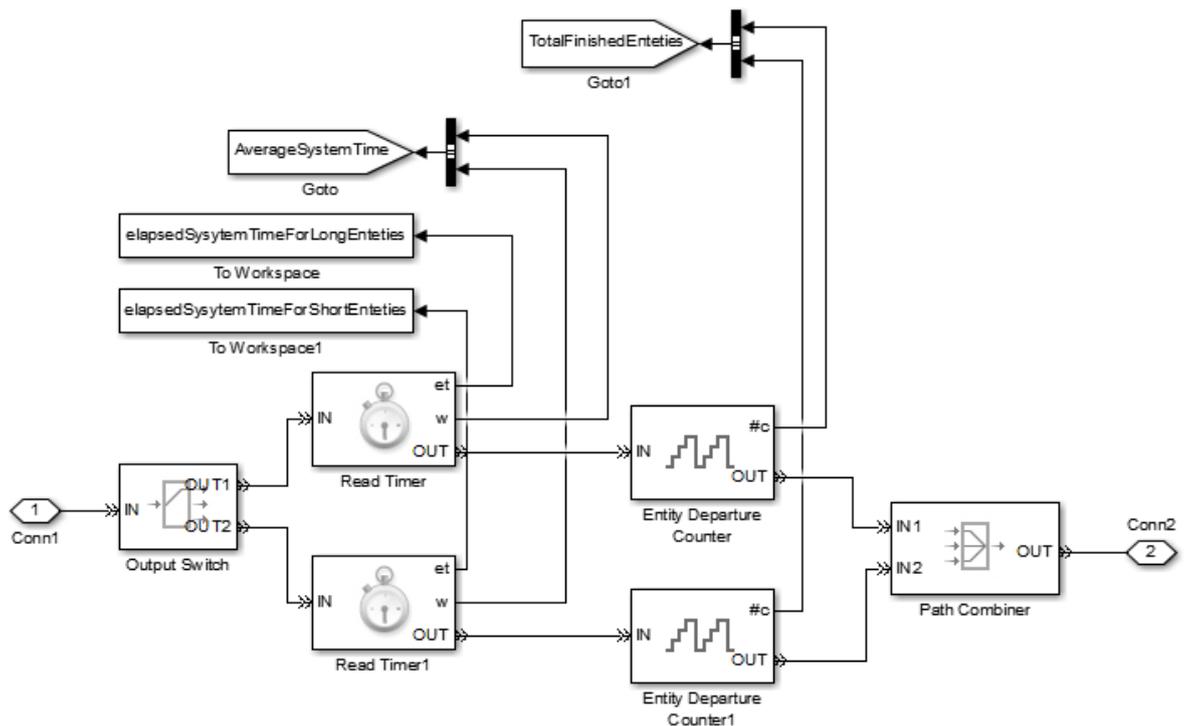


Рисунок 3.9 - Внутренняя схема блока «Gathering Statistics Subsystem»

Блок «Display Statistics Subsystem» собирает и выводит характеристики построенной модели, такие как количество поступивших процессов в систему, количество выполненных процессов каждого типа, среднее время выполнения, ожидания и нахождения в системе и другие. Полная схема блока статистики и характеристик представлена на рисунке 3.10. Все собираемые данные о состоянии системы передаются через блоки Goto, а принимаются в блоке «Display Statistics Subsystems» при помощи блоков «From».

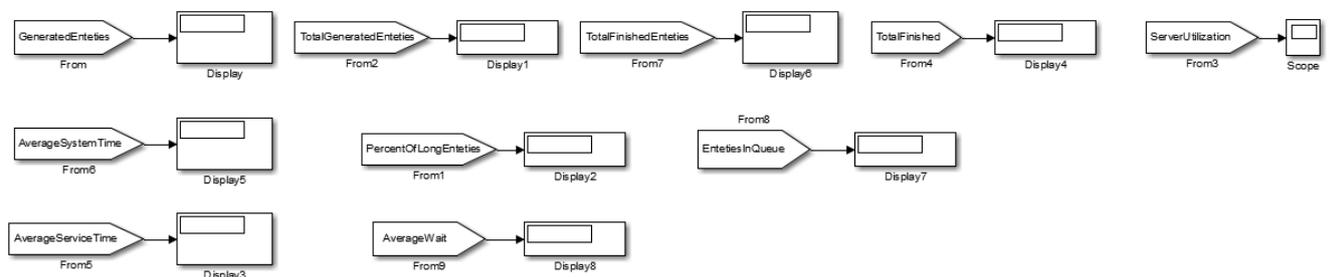


Рисунок 3.10 - Схема блока «DisplayStatistics Subsystem»

Блок «Service Discipline» содержит обслуживающий прибор, очередь обслуживаемых заявок, а так же блоки для сбора статистики (загруженность

обслуживающего прибора) и блоки таймеров для каждого типа заявки. Полная схема блока «Service Discipline» приведена на рисунке 3.11.

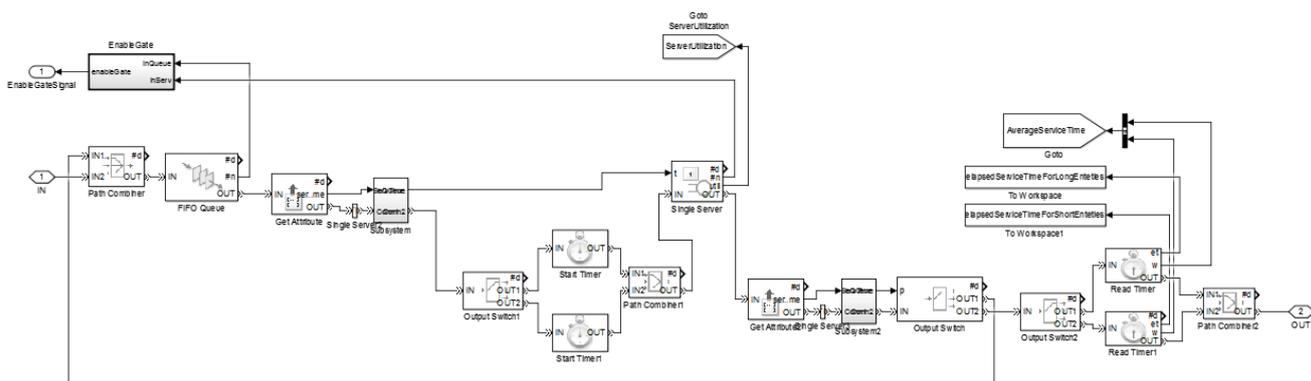


Рисунок 3.11 – Схема блока «Service Discipline»

При поступлении заявки на обслуживание она попадает в очередь обслуживаемых заявок, объем очереди обслуживаемых заявок равен 5. Новая заявка пропускается на обслуживание только при наличии свободных мест в очереди. Для каждой заявки сервер выделяет квант времени, в данном случае 1 единицу времени (за исключением случая, когда оставшееся время обслуживания меньше 1 единицы времени).

4 Результаты проведенного исследования

4.1 Результаты проведенного исследования для СМО с динамически управляемыми приоритетами

В ходе экспериментов система находилась в перегруженном состоянии, такое состояние дает возможность оценить способность системы справляться с входящим потоком заявок.

В таблице 4.1 приведены различные скорости поступления заявок и количество сгенерированных заявок за время работы системы.

Таблица 4.1 – Поступление заявок в систему

№	Интервал поступления беспriorитетных заявок	Интервал поступления заявок с относительным приоритетом	Интервал поступления заявок с абсолютным приоритетом	Зн	Зс	Зв	Всего заявок
1	[0;20]	[0;20]	[0;40]	104	104	52	260
2	[0;20]	[5;10]	[0;60]	104	135	37	276
3	[0;30]	[0;20]	[0;50]	67	104	44	215
4	[0;20]	[0;40]	[0;80]	104	52	28	184
5	[0;25]	[10;30]	[0;45]	79	51	48	178

где, Зн, Зс, Зв – количество беспriorитетных заявок, заявок с относительным и абсолютным приоритетом соответственно.

Количество обслуженных заявок из числа сгенерированных заявок каждого типа при подключенной и отключенной системы повышения приоритета приведено в таблице 4.2

Таблица 4.2 - Количество обслуженных заявок из количества сгенерированных

№	Система повышения приоритета	Зн	Зс	Зв	Всего обслужено	%Зн	%Зс	%Зв
1	-	31	97	51	179	29,8	93,26	98,07
	+	35	79	51	165	33,65	75,96	98,07
2	-	22	126	36	184	21,15	93,33	97,29
	+	35	103	36	174	33,65	76,29	97,29
3	-	28	94	43	165	41,49	90,38	97,72
	+	33	84	43	160	49,25	80,76	97,72
4	-	63	50	27	140	60,57	96,15	96,42
	+	63	50	27	140	60,57	96,15	96,42
5	-	56	50	46	152	70,88	98,03	95,83
	+	56	50	46	152	70,88	98,03	95,83

где Зн, Зс, Зв – количество беспriorитетных заявок, заявок с относительным и абсолютным приоритетом соответственно; %Зн, %Зс, %Зв - процент обслуженных беспriorитетных заявок, заявок с относительным и абсолютным приоритетом; +/- подключенная и отключенная система повышения приоритета.

Как видно система практически полностью обрабатывает заявки с абсолютным приоритетом, процент обслуживания беспriorитетных заявок и заявок относительного приоритета в первых трех экспериментах составляет порядка 21-50% и 75-90% соответственно. В последних двух экспериментах каждый источник генерирует такое количество заявок, что система справляется с их обработкой практически полностью.

Количество обслуженных заявок каждого типа из общего количества обслуженных заявок при подключенной и отключенной системы повышения приоритета приведено в таблице 4.3

Таблица 4.3 - Количество обслуженных заявок из общего количества обслуженных заявок

№	Система повышения приоритета	Зн	Зс	Зв	Всего обслужено	%Зн	%Зс	%Зв
1	-	31	97	51	179	17,31	51,18	28,49
	+	35	79	51	165	21,21	47,87	30,9
2	-	22	126	36	184	11,95	68,47	19,56
	+	35	103	36	174	20,11	59,19	20,68
3	-	28	94	43	165	16,96	56,96	26,06
	+	33	84	43	160	20,62	52,5	26,87
4	-	63	50	27	140	45	35,71	19,28
	+	63	50	27	140	45	35,71	19,28
5	-	56	50	46	152	36,84	32,89	30,26
	+	56	50	46	152	36,84	32,89	30,26

Из таблицы 4.3 видно, что большую часть времени система занята обработкой заявок абсолютного и относительного приоритета (первые три опыта), из-за этого возникает необходимость использование системы повышения приоритета. Система повышения приоритета включается, когда процент обслуженных бесприоритетных заявок $< 20\%$. Из таблицы 4.3 видно, что система повышения приоритета работает в первых трех случаях, в четвертом и пятом случае в использовании данной системы нет необходимости.

Таблица 4.4 показывает процент обслуженных заявок при подключенной и отключенной системе повышения приоритета. Как видно из таблицы 4.4 при подключении системы повышения приоритета снижается процент обслуженных заявок (кроме последних двух случаев), это связано с тем, что время обработки бесприоритетных заявок больше, чем у заявок со средним приоритетом.

Таблица 4.4 – Процент обслуженных заявок из общего количества

Номер опыта	1	2	3	4	5
-	68,84 %	66,66 %	76,74 %	76,08 %	85,39 %
+	63,46 %	63,04 %	74,41%	76,08 %	85,39 %

В таблице 4.5 показано число заявок, которым за время моделирования был повышен приоритет.

Таблица 4.5 – Заявки с повышенным приоритетом

№	Количество заявок, приоритет которых был повышен
1	4
2	13
3	5
4	0
5	0

Как видно из таблицы 4.5 видно, что в двух последних случаях система не активируется, т.к. процент обработанных бесприоритетных заявок больше 20%.

Таблица 4.6 показывает количество потерянных заявок при подключенной и отключенной системы повышения приоритета.

Как видно из таблицы система вообще не теряет заявки абсолютного приоритета, так как при их поступлении в систему они сразу же отправляются на обслуживающий прибор.

Иная ситуация с бесприоритетными заявками и заявками относительного приоритета. Когда прибор занят обслуживанием более высокоприоритетной заявки и очередь заполнена, вновь пришедшая заявка получает отказ и покидает систему. При подключенной системы повышения приоритета, очередь с заявками относительного приоритета заполняется быстрее, так как в нее перекидываются бесприоритетные заявки, и заявки, имеющие относительный приоритет вынуждены получать отказ и покидать систему.

В случаях, когда система повышения приоритета не требуется, система практически не теряет заявок абсолютного и относительного приоритета, а теряет лишь беспriorитетные заявки.

Таблица 4.6 – Количество потерянных заявок

№	ОВЗ = 3		ОСЗ = 5		ОНЗ = 8		Всего	
	+	-	+	-	+	-		
	Кп		Кп		Кп		+	-
1	0	0	27	1	52	64	79	64
2	0	0	33	7	53	73	86	80
3	0	0	15	3	24	30	39	33
4	0	0	0	0	31	31	31	31
5	0	0	0	0	16	16	16	16
№	ОВЗ = 5		ОСЗ = 8		ОНЗ = 10		Всего	
	+	-	+	-	+	-		
	Кп		Кп		Кп		+	-
1	0	0	19	0	51	63	70	63
2	0	0	25	8	40	77	92	85
3	0	0	11	0	21	21	32	21
4	0	0	0	0	29	29	29	29
5	0	0	0	0	14	14	14	14

где, Кп – количество потерянных заявок; ОВЗ, ОСЗ, ОНЗ – очередь заявок с абсолютным приоритетом, относительным приоритетом и очередь беспriorитетных заявок соответственно.

Результаты данной работы представлены в статьях [21, 22].

4.2 Результаты проведенного исследования для СМО с беспriorитетной циклической системой обслуживания

В ходе экспериментов данная система также находилась в перегруженном состоянии, для того, чтобы оценить способность системы справляться с входящим потоком заявок.

В таблице 4.7 различные данные о законах поступления заявок в систему массового обслуживания, о законах времени обслуживания заявки в системе, а так же количество сгенерированных заявок каждого типа и процент заявок с длительным временем обработки.

Таблица 4.7 – Поступление заявок в систему

№	"Долгие" заявки (A)	"Быстрые" заявки (B)	t(A)	t(B)	N(A)	N(B)	N	%(A)
1	$\lambda(130)$	$\lambda(10)$	[80:90]	[4:6]	40	496	536	7,463
2	$\lambda(100)$	$\lambda(15)$	[80:90]	[4:6]	46	331	377	12,2
3	$\lambda(90)$	$\lambda(17)$	[80:90]	[4:6]	57	295	352	16,19
4	$\lambda(80)$	$\lambda(20)$	[80:90]	[4:6]	66	256	322	20,5
5	$\lambda(70)$	$\lambda(25)$	[80:90]	[4:6]	74	206	280	26,43
6	$\lambda(53)$	$\lambda(30)$	[80:90]	[4:6]	91	167	258	35,27
7	$\lambda(42)$	$\lambda(37)$	[80:90]	[4:6]	111	133	244	45,49
8	$\lambda(35)$	$\lambda(45)$	[80:90]	[4:6]	141	103	244	57,79
9	$\lambda(25)$	$\lambda(60)$	[80:90]	[4:6]	206	83	289	71,28
10	$\lambda(17)$	$\lambda(95)$	[80:90]	[4:6]	295	52	347	85,01

где, $\lambda()$ – закон поступления заявок в систему; $t()$ – время обработки; $N()$ – количество сгенерированных заявок; A – «долгие» заявки; B – «быстрые» заявки; $%(A)$ – процент длительных заявок поступивших в систему.

Для «линейной системы количество обработанных заявок каждого типа приведено в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Количество обработанных заявок для «линейной» СМО

№	Finished(A)	Finished(B)	TotalFinished
1	34	420	454
2	41	286	327
3	43	260	303
4	46	207	253
5	50	145	195
6	53	91	144
7	54	64	118
8	56	41	97
9	57	22	79
10	58	10	68

Для системы с использованием беспriorитетной циклической системой обслуживания опыты проводились для разных квантов времени (от 1 единицы времени до 6 единиц времени). В таблице 4.9 представлено количество обработанных заявок для всех опытов.

Таблица 4.9 - Количество обработанных заявок для СМО с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания

№	Finished(A)						Finished(B)						TotalFinished					
	Квант времени (1-6)						Квант времени (1-6)						Квант времени (1-6)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	32	32	32	32	32	32	431	430	431	428	429	432	463	462	463	460	461	464
2	40	40	40	40	40	40	295	296	296	293	295	296	335	336	336	333	335	336
3	41	41	41	41	41	41	262	262	262	262	262	263	303	303	303	303	303	304
4	43	43	43	43	43	43	212	212	212	212	212	212	255	255	255	255	255	255
5	48	48	48	48	48	48	147	148	148	148	148	147	195	196	196	196	196	195
6	50	50	50	49	49	50	92	92	92	92	92	92	142	142	142	141	141	142
7	51	51	51	52	52	52	66	66	66	66	66	66	117	117	117	118	118	118
8	52	53	53	54	54	54	43	43	43	43	43	43	95	96	96	97	97	97
9	54	54	54	54	54	54	24	24	24	24	24	24	78	78	78	78	78	78
10	56	56	56	56	56	56	11	11	11	11	11	11	67	67	67	67	67	67

где, Finished(A), Finished(B), TotalFinished – количество обработанных «долгих» заявок, «быстрых» заявок и заявок всего соответственно.

Как видно из таблицы 4.9 количество обработанных заявок практически не изменяется в зависимости от продолжительности кванта времени. При сравнении с таблицей 4.8 видно, что количество заявок различается лишь в первых двух опытах, когда процент «долгих» заявок в системе достаточно мал, в других случаях разница объясняется тем, что в последний момент времени заявка осталась в обслуживающем приборе, так как не успела дообслужиться.

Временные характеристики, такие как среднее время нахождения заявки в системе и среднее время нахождения заявки на обслуживании, для «линейной» СМО и для СМО с беспriorитетной циклической дисциплиной

обслуживания, квант обслуживания равен 1 единице времени, приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Временные характеристики

Система «А»					Система «В»			
AverageSystemTime			AverageServiceTime		AverageSystemTime		AverageServiceTime	
№	"А"	"В"	"А"	"В"	"А"	"В"	"А"	"В"
1	709,3	230,5	548,2	30,1	399,9	343,4	85,3	4,994
2	733	281,2	535,5	30,17	448,7	422,8	85,35	5
3	804,5	373,2	555,3	30,44	523	533,1	85,33	4,996
4	882,1	474,9	559,8	30,62	610,1	631,3	85,19	5,004
5	1008	551,6	569,5	30,51	752,5	716,8	85,15	4,979
6	1330	884,3	576,6	30,41	1114	1066	85,19	4,994
7	1549	1160	579,4	30,74	1354	1320	85,14	5,009
8	1706	1240	582	30,35	1550	1393	85,23	4,913
9	1979	1573	583,9	29,66	1812	1638	85,21	4,838
10	2236	1594	587,1	28,5	2049	1566	85,23	4,873

где Система «А» - СМО с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания; Система «В» - «линейная» СМО; AverageSystemTime – среднее время нахождения заявки в системе; AverageServiceTime – среднее время нахождения заявки на обслуживании.

Исходя из этих данных видно, что при использовании кругового алгоритма увеличивается нахождение «долгих» заявок в системе, так как в «линейной» системе, когда такой процесс получает серверное время, он занимает сервер до окончательного завершения, тогда как остальные процессы ждут своей очереди, а в круговом циклическом алгоритме в такой же ситуации длительный процесс получает такой же квант серверного времени, как и короткий процесс, а потом уступает сервер следующему процессу. Но при этом сокращается среднее время нахождения в системе «коротких» заявок, так как «долгий» процесс больше не занимает сервер единолично.

В таблице 4.11 приведены другие временные характеристики, а именно среднее время ожидания в очереди, максимальное время нахождения в системе и максимальное время нахождения на обслуживании.

Таблица 4.11 – Временные характеристики

Система «А»						Система «В»				
№	Average wait	MaxSystemTime		MaxServTime		Average wait	MaxSystemTime		MaxServTime	
		"А"	"В"	"А"	"В"		"А"	"В"	"А"	"В"
1	199,6	1135,1	782,41	601,74	35,902	337,5	864,2	873,6	89,6	5,9
2	245,5	1191,58	740,953	607,444	35,9840	411,6	925,9	908,9	89,9	5,9
3	329,1	1400,36	860,587	608,768	35,970	515,3	1072,9	1066,5	89,9	5,9
4	426,9	1506,79	1061,01	614,222	35,9977	609,2	1166,5	1165,1	89,9	5,9
5	519	1636,14	1222,30	615,839	35,9273	703,5	1374,1	1355,2	89,9	5,9
6	864	2252,72	2094,43	617,757	35,9056	1057	2168,9	2089,1	89,9	5,9
7	1131	2774,39	2456,41	620,072	35,9977	1305	2696,6	2531,3	89,9	5,9
8	1265	3052,16	2953,22	620,358	35,9977	1449	3050,7	2297,4	89,9	5,9
9	1590	3554,16	3454,96	620,342	35,7927	1724	3577,9	3435,4	89,9	5,9
10	1839	4026,93	3970,29	620,627	35,2441	1935	4025,9	3951,7	89,9	5,9

где, система «А» - СМО с бесприоритетной циклической дисциплиной обслуживания; система «В» - «линейная» СМО; Average wait – среднее время ожидания в очереди; MaxSystemTime – максимальное время нахождения заявки в системе; MaxServTime – максимальное время нахождения заявки на обслуживании; «А» - «долгие» заявки; «В» - «быстрые» заявки.

Исходя из данных приведенных в таблице 4.11 видно, что при использовании кругового алгоритма наблюдается снижение среднего времени ожидания процесса. Это отражает такой параметр системы как время отклика.

В таблице 4.12 приведены средние значения времени нахождения в системе при разных значениях кванта (2 - 6).

Как видно из таблицы данная величина изменяется в зависимости от кванта, это обусловлено тем, что при изменении кванта заявка проводит на обслуживании другое количество времени, например в случае когда квант равен 6 единицам времени, «быстрые» заявки обрабатываются сразу тем самым в таблице показано, что в этом случае заявка проводит в системе наименьшее количество времени по сравнению с другими случаями.

Таблица 4.12 – Среднее время нахождения в системе в зависимости от кванта

№	AverageSystemTime «А»					AverageSystemTime «В»				
	Квант времени					Квант времени				
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
1	694,9	692,9	651,2	660,2	685,8	235,5	233,7	251,7	244,8	227
2	725,4	722,4	697,5	700,6	715,3	285,1	283,2	300,8	294,2	276,5
3	795,8	793,3	768	773	787,3	378,7	376,7	396,9	389,6	369,5
4	875,2	872,7	851,2	854,6	866	477,8	474,3	495,6	487,6	469,3
5	1002	999,8	985,8	987,7	993,3	559,8	556,5	578,5	573,6	546,7
6	1327	1324	1295	1297	1318	887,7	884,1	901,2	897,6	880,6
7	1546	1544	1561	1562	1562	1161	1159	1178	1168	1152
8	1731	1729	1750	1750	1749	1243	1241	1259	1253	1236
9	1977	1974	1972	1972	1968	1577	1575	1589	1582	1570
10	2234	2232	2231	2230	2227	1594	1593	1599	1596	1588

где AverageSystemTime «А» - среднее время нахождения в системе «долгих» заявок; AverageSystemTime «В» - среднее время нахождения в системе «быстрых» заявок.

В таблице 4.13 приведены средние значения времени нахождения заявок в очереди (2 - 6).

Как и в предыдущем случае, это время зависит от нахождения заявки на обслуживании, при кванте равном шести единицам времени заявки из очереди берутся интенсивней поэтому в этом случае среднее время ожидания заявки в очереди минимально.

Таблица 4.13 - Среднее время ожидания заявки в очереди в зависимости от кванта

	AverageWait				
	Квант времени				
№	2	3	4	5	6
1	203,8	202	215,4	211,8	198,1
2	247,8	247,4	259,1	255	243,7
3	333,3	332,1	345,7	341,5	327,8
4	428,8	426,5	440,3	435,5	424,3
5	524,5	522,6	535,5	533,4	516,8
6	865,7	863,6	863,3	862,4	862,2
7	1131	1130	1138	1146	1139
8	1282	1281	1303	1286	1295
9	1590	1589	1592	1591	1587
10	1839	1838	1839	1838	1836

где, AverageWait – среднее время нахождения заявки в системе.

В таблице 4.14 приведены средние значения времени нахождения в системе при разных значениях кванта (2 - 6).

Таблица 4.14 – Среднее время нахождения заявки на обслуживании в зависимости от кванта

	AverageServTime «А»					AverageServTime «В»				
	Квант времени					Квант времени				
№	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
1	527,1	522	463,4	473,7	506,9	26,45	21	23,72	16,75	4,993
2	520,6	514,3	473,2	476,2	498	26,71	21,33	24,85	17,54	4,999
3	539,7	534,3	491	497,2	517,9	27,1	21,58	25,21	17,53	4,998
4	545,8	539,7	504,2	507,4	523,3	27,17	21,71	25,5	17,75	5,005
5	557,8	552	525,8	528,1	535,5	27,35	21,72	25,93	17,3	4,977
6	566,6	561,1	540,5	541,8	545,1	27,49	21,9	26,54	17,07	4,987
7	570,3	564,9	548,8	548,1	548,9	27,84	22,13	27,2	17,79	5,01
8	574,1	568,4	555,1	554,2	551,7	28	22,35	27,29	15,87	4,895
9	577	571,3	562,2	558,9	554,8	27,23	21,76	27,21	15,33	4,876
10	581	575,3	568,7	563,7	559,1	26,01	20,45	25,1	16,91	4,885

где, AverageServTime «А» - среднее время нахождения на обслуживании «долгих» заявок; AverageServTime «В» - среднее время нахождения на обслуживании «быстрых» заявок.

Как видно с увеличением кванта время нахождения заявки на обслуживающем приборе уменьшается, исключением является длина кванта равная 4 единицам времени (для «быстрых» заявок), это связано с тем что время обработки распределено равномерно от 4 до 6 и при данной длине кванта заявка обрабатывается за два цикла.

Отсюда можно сделать вывод, что при использовании кругового алгоритма наблюдается снижение среднего времени ожидания заявок. Это отражает такой параметр системы как время отклика. В некоторых системах критерием является время отклика, оно должно быть меньше какого-либо заданного порога. Обычно это целесообразно использовать в системах, взаимодействующих с пользователем, где такой показатель наиболее важен. Время отклика показывает, сколько находился процесс в системе до первого получения серверного времени на выполнение.

4.2.2 Обработка результатов в пакете Statistica

В разработанной модели количество процессов выполненных за время моделирования в системе «А» и в системе «В» приблизительно равно. При помощи статистического анализа времени завершения каждого процесса можно исследовать параметры получаемых распределений.

Выдвинем гипотезу, что для «линейной» СМО дисперсия времени завершения процессов будет больше, чем у системы с беспriorитетной циклической системой обслуживания.

На рисунке 4.1 приведены гистограммы распределения времени завершения обработки процессов для беспriorитетной циклической системы обслуживания и для «линейной».

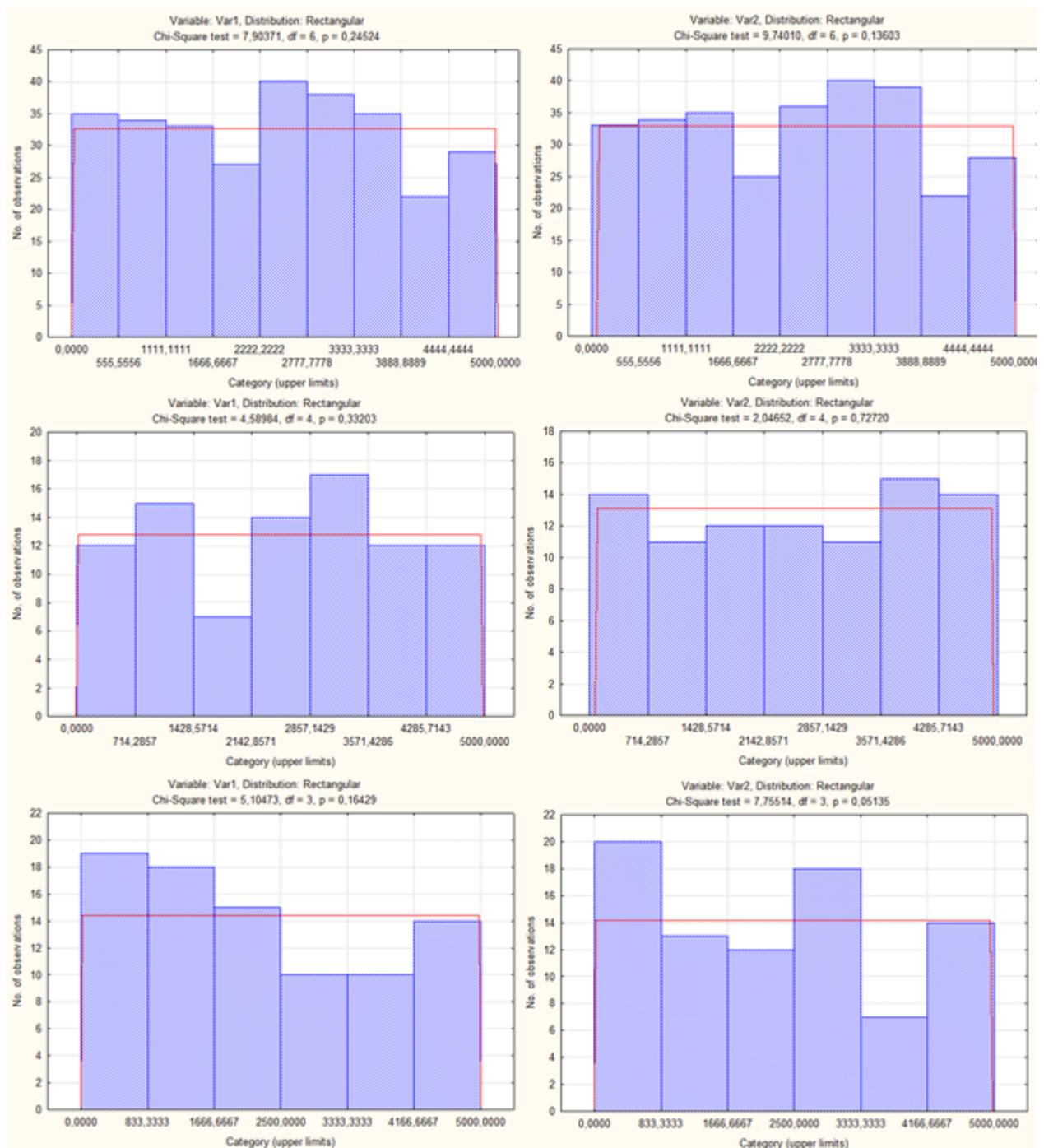


Рисунок 4.1 – Гистограммы распределения времени завершения обработки процессов(слева – бесприоритетная циклическая СМО; справа «линейная» СМО)

Исходя из рисунка 4.1 гистограммы, полученные в ходе опытов, соответствуют нормальному распределению при уровне значимости $\alpha=0.05$. Визуально дисперсии тоже равны, но проведем проверку при помощи процедуры t-test for independent samples из пакета Statistica.

Анализ результатов рис.4.2 свидетельствует, что при уровне значимости $\alpha=0.05$ дисперсии времени завершения обработки процессов для бесприоритетной циклической СМО (Var1) и для «линейной» СМО (Var2).

Group 1 vs. Group 2		T-test for Independent Samples (Spreadsheet3) Note: Variables were treated as independent samples									
	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 2	Variances	Variances
Var1 vs. Var2	2442,139	2461,538	-0,166311	583	0,867970	293	292	1415,029	1406,101	1,012740	0,914070
Group 1 vs. Group 2		T-test for Independent Samples (Spreadsheet3) Note: Variables were treated as independent samples									
	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 2	Variances	Variances
Var1 vs. Var2	2555,681	2530,158	0,118078	176	0,906141	89	89	1440,103	1443,815	1,005162	0,980788
Group 1 vs. Group 2		T-test for Independent Samples (Spreadsheet3) Note: Variables were treated as independent samples									
	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 2	Variances	Variances
Var1 vs. Var2	2189,053	2301,833	-0,486846	168	0,627002	86	84	1502,473	1517,854	1,020579	0,925160

Рисунок 4.2 – Результаты сравнения выборочных средних и выборочных дисперсий

Предполагаемая гипотеза об отличии дисперсий для различных СМО оказалась неверна. Построенные гистограммы оказались приблизительно равны, а проведение «t-test for independent samples» подтвердило, что при уровне значимости $\alpha=0.05$ средние значения выборок и дисперсию можно считать равными.

Можно оценить закон распределения интенсивности выхода из системы заявок, при использовании «линейной» СМО заявки выходят либо через количество времени равное времени обслуживания «долгих» заявок, либо через время обслуживания «быстрых» заявок.

Как видно из рисунка 4.3 при увеличении количества «долгих» заявок вид распределения меняется зеркально.

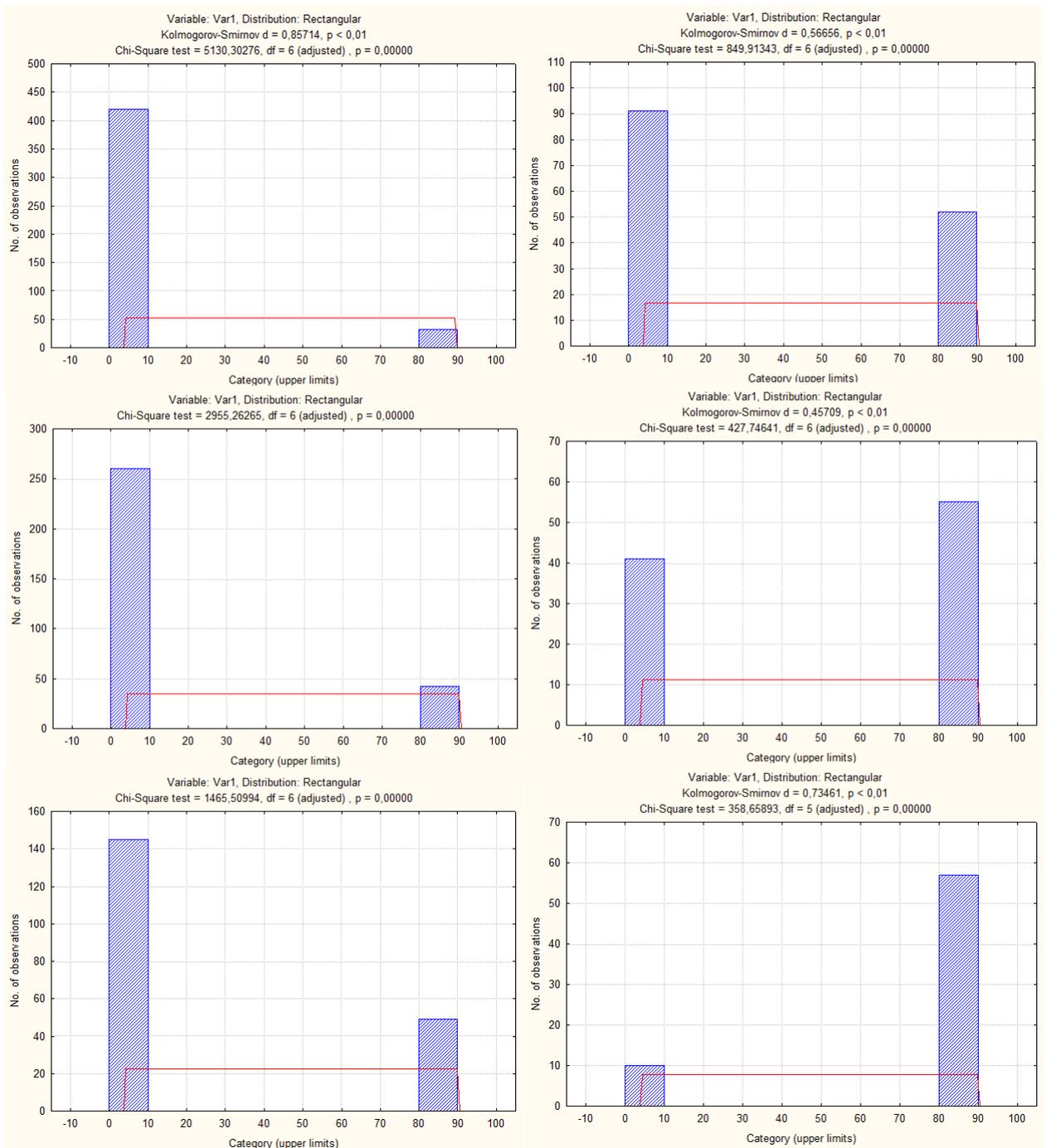


Рисунок 4.3 – Распределение интенсивности выхода заявок из «линейной» системы

При использовании беспriorитетного циклического закона обслуживания вид распределения интенсивности выхода заявок из системы изменяется (рис 4.4).

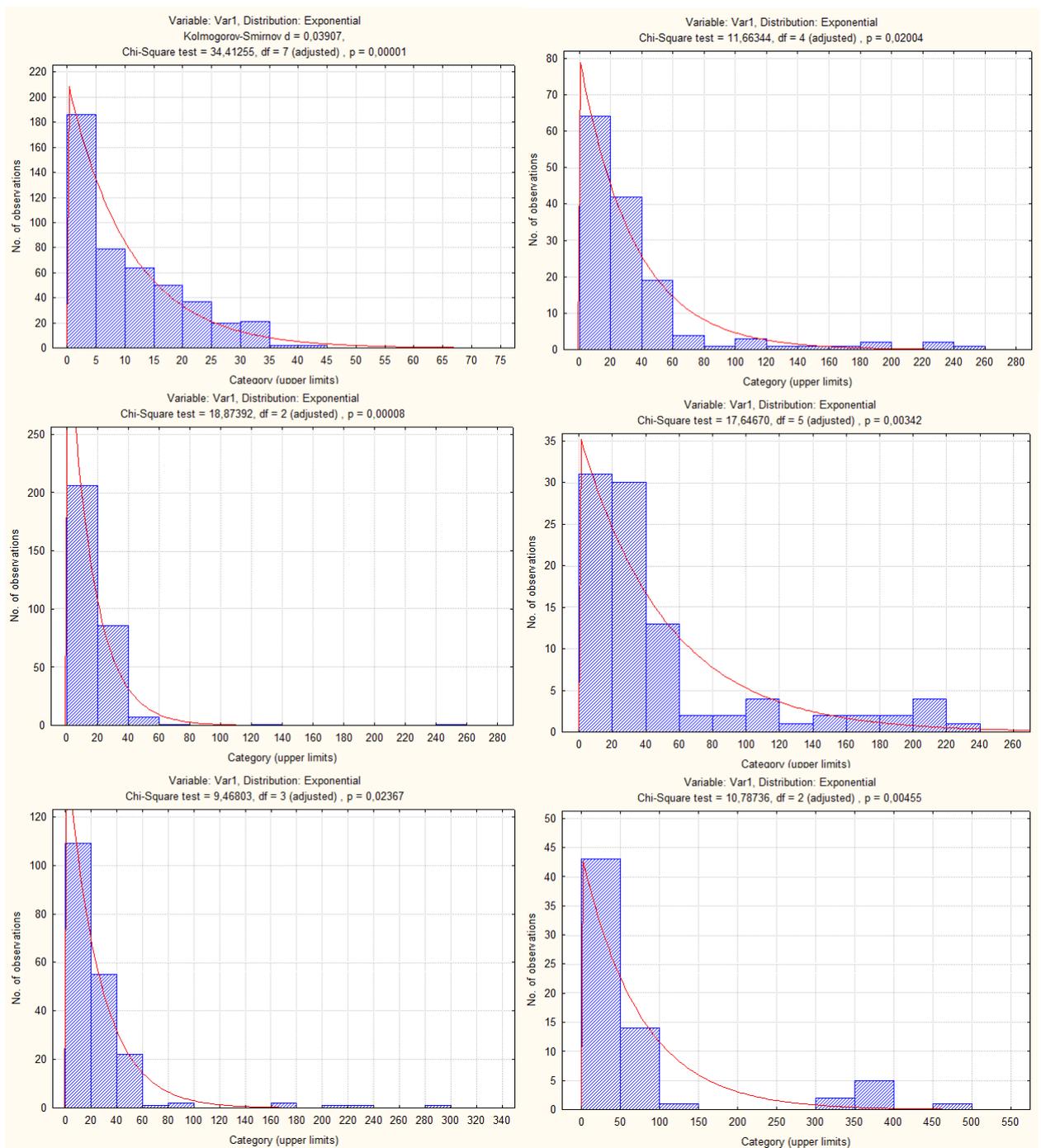


Рисунок 4.4 – Распределение интенсивности выхода заявок из системы с бесприоритетным циклическим законом обслуживания

Как видно из рисунка 4.4 при использовании СМО с бесприоритетным циклическим законом обслуживания распределение интенсивности выхода заявок из системы носит непрерывный характер, в отличие от гистограмм, полученных для «линейной» системы.

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ5А	Полянский Сергей Владимирович

Институт	кибернетики	Кафедра	Вычислительной техники
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Изучение информации представленной в различных материалах: – научных статьях; – научных публикация; – нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Предпроектный анализ, описание целей исследования и возможных направлений применения полученных результатов
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование трудоемкости работ, построение календарного плана, построение линейного графика, расчет бюджета.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5А	Полянский Сергей Владимирович		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Научно-исследовательская работа направлена на создание и исследование моделей СМО: с динамически изменяющимися приоритетами; использующее алгоритм Round Robin.

Разработка и исследование моделей СМО позволит в дальнейшем применить полученные параметры системы для создания моделей при конкретно поставленной задаче. Такими задачами могут быть решение задач по оптимизации систем управления, энергосбережения, эффективном использовании ресурсов и при проектировании сетей передачи информации.

При постановке необходимых условий и критериев существует возможность модификации и реструктуризации разработанных моделей СМО.

5.2 Организация и планирование работ

В данном разделе составляется список проводимых работ, определяются их исполнители и продолжительность. Так как число исполнителей не превышает двух, линейный график работ является наиболее удобным и компактным способом представления данных планирования.

График выполнения научно-исследовательской работы представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение технического задания	НР, С	НР – 90% С – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, С	НР – 10% С – 90%
Разработка календарного плана	НР, С	НР – 70% С – 30%
Реализация модели СМО с динамическими приоритетами	НР, С	НР – 10% С – 90%
Оптимизация модели СМО с динамическими приоритетами	НР, С	НР – 20% С – 80%
Реализация модели СМО с Round Robin	НР, С	НР – 10% С – 90%
Оптимизация модели СМО с Round Robin	НР, С	НР – 20% С – 80%
Анализ результатов	НР, С	НР – 30% С – 70%
Оформление пояснительной записки	С	С – 100%
Проверка работы	НР, С	НР – 60% С – 40%

Примечание к таблице 5.1: НР — научный руководитель; С — студент.

5.2.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться опытно-статистическим методом. Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяются две оценки: t_{min} и t_{max} (метод двух оценок).

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (5.1)$$

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 5.1 работ требуются специалисты: научный руководитель (НР) и студент (С).

Для построения линейного графика рассчитывается длительность этапов в рабочих днях, а затем осуществляется её перевод в календарные дни. Расчёт продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) выполняется 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 ($K_{ВН} = 1$);

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

Расчёт продолжительности этапа в календарных днях осуществляется по формуле:

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

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

$T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (5.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни, $T_{КАЛ} = 365$;

$T_{ВД}$ – выходные дни, $T_{ВД} = 52$;

$T_{ПД}$ – праздничные дни, $T_{ПД} = 10$.

Подставив значения в формулу 5.4, получим следующий результат:

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205. \quad (5.5)$$

В таблице 5.2 приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 5.2 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{рд}$		$T_{кд}$	
					НР	С	НР	С
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	3	2,4	2,88	0	3,47	0
2. Составление и утверждение технического задания	НР, С	2	3	2,4	2,59	0,29	3,12	0,34
3. Подбор и изучение материалов по тематике	НР, С	7	10	8,2	0,98	8,86	1,19	10,67
4. Разработка календарного плана	НР, С	2	3	2,4	2,02	0,86	2,42	1,041
5. Реализация модели СМО с динамическими приоритетами	НР, С	12	17	14	1,68	15,12	2,02	18,22
6. Оптимизация модели СМО с динамическими приоритетами	НР, С	10	15	12	2,88	11,52	3,47	13,88
7. Реализация модели СМО с Round Robin	НР, С	12	17	14	1,68	15,12	2,02	18,22
8. Оптимизация модели СМО с Round Robin	НР, С	10	15	12	2,88	11,52	3,47	13,88
9. Анализ результатов	НР, С	10	15	12	4,32	10,08	5,2	12,14
10. Оформление пояснительной записки	С	15	25	19	0	22,8	0	27,47
11. Проверка работы	НР, С	5	7	5,8	4,18	2,78	5,03	3,35
Итого:		87	130	104,2	26,09	98,95	31,44	119,24

Таблица 5.3 – Календарный план-график проведения работ

№Э	T _{кд} НР	T _{кд} С	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2,88	0	■														
2	2,59	0,29		■													
3	0,98	8,86			■												
4	2,02	0,86			■												
5	1,68	15,12			■	■	■										
6	2,88	11,52				■	■	■									
7	1,68	15,12						■	■	■							
8	2,88	11,52							■	■	■						
9	4,32	10,08									■	■	■				
10	0	22,8											■	■	■	■	
11	4,18	2,78														■	■

НР – ■ ; С – ■

5.2.2 Расчет накопления технической готовности

В данном разделе производится оценка текущих результатов работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Степень готовности определяется формулой:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}, \quad (5.5)$$

где $TP_{общ}$ – общая трудоемкость проекта;

TP_i (TP_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;

TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;

TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе.

Таблица 5.4 – Нарастание технической готовности работы

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	2,3	2,3
2. Составление и утверждение технического задания	2,3	4,6
3. Подбор и изучение материалов по тематике	7,87	12,47
4. Разработка календарного плана	2,3	14,78
5. Реализация модели СМО с динамическими приоритетами	13,44	28,21
6. Оптимизация модели СМО с динамическими приоритетами	11,52	39,73
7. Реализация модели СМО с Round Robin	13,44	53,16
8. Оптимизация модели СМО с Round Robin	11,52	64,68
9. Анализ результатов	11,52	76,19
10. Оформление пояснительной записки	18,24	94,43
11. Проверка работы	5,57	100

5.3 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта

Состав затрат на научно-исследовательскую работу состоит из всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данного исследования. Так как научно-исследовательская работа проводилась на домашнем компьютере, без аренды помещения и в программном обеспечении с бесплатной студенческой лицензией расчет сметной стоимости производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- оплата услуг связи;
- прочие (накладные расходы) расходы.

5.3.1 Расчёт затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость всех материалов, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ.

Таблица 5.5 – Расчёт затрат на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага формата А4 для принтера	Уп.	1	290	290
Картридж для принтера	Шт.	1	599	599
Итого				889

Транспортно-заготовительные расходы (ТРЗ) составляют 5% от отпускной цены материалов. Расходы на материалы с учётом ТРЗ:

$$C_{MAT} = 889 \cdot 1,05 = 933,45 \text{ руб.}$$

5.3.2 Расчёт заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и студента, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоёмкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Величина месячного оклада научного руководителя (МОНР) получена из открытых данных, размещенных на официальном сайте Национального исследовательского Томского политехнического университета. Величина месячного оклада инженеров (МОИ) берется как месячный оклад инженера кафедры.

Основной расчет фонда заработной платы выполняется по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО}/N, \quad (5.7)$$

где МО – месячный оклад, руб.;

N – количество рабочих дней в месяц, при шестидневной рабочей неделе – $N = 24,91$, а при пятидневной рабочей неделе – $N = 20,58$.

Среднедневная заработная плата научного руководителя равна:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{26\,300}{24,91} = 1\,055,8 \frac{\text{руб.}}{\text{раб. день}}$$

А среднедневная тарифная заработная плата инженеров равна

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{14874,45}{20,58} = 722,76 \frac{\text{руб.}}{\text{раб. день}}$$

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях взяты из таблицы 5.2. Для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо будет тарифную сумму заработка исполнителя, связанной с участием в проекте умножить на интегральный коэффициент. Интегральный коэффициент находится по формуле:

$$K_{\text{и}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп.ЗП}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (5.8)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент премий, $K_{\text{пр}} = 1,1$;

$K_{\text{доп.ЗП}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты, при шестидневной рабочей неделе $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$, а при пятидневной рабочей неделе $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент районной надбавки, $K_{\text{р}} = 1,3$.

Результаты вычислений представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	ЗП _{дн-т} , руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Кoeffи циент	Фонд з/платы, руб.
НР	26300	1055,8	27	1,699	48432,71
С	14874,45	722,76	99	1,59	113769,65
Итого:					162202,36

5.3.3 Расчет отчисления на социальные нужды

Взнос в социальные фонды установлен в размере 30,2% от заработной платы. Размер взноса рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0,302, \quad (5.9)$$

где $C_{\text{ЗП}}$ – размер заработной платы.

Подставив необходимые значения в формулу 5.10 получим:

$$C_{\text{соц}} = 162202,36 \cdot 0,302 = 48985,11 \text{ руб.}$$

5.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}, \quad (5.10)$$

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

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

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час. Для ТПУ, $\text{Ц}_{\text{э}} = 5,8$ руб./кВт·час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.3 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (5.11)$$

где K_t – коэффициент использования оборудования по времени, $K_t = 0,9$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_c, \quad (5.12)$$

где K_c – коэффициент загрузки;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт. Для технологического оборудования малой мощности $K_c = 1$.

Таблица 5.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер инженера	791,6	0,09	372,89
Итого:			372,89

5.3.5 Расчет амортизационных расходов

Для расчета амортизационных расходов используется формула:

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A \cdot \text{Ц}_{\text{об}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_d}, \quad (5.13)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$\text{Ц}_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, стоимость ПК инженера – 20 500 руб.;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, $t_{рф} = 98,95 \cdot 8 = 791,6$ часов;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, $F_{д} = 298 \cdot 8 = 2384$ часа.

N_A определяется по формуле:

$$N_A = \frac{1}{CA}, \quad (5.12)$$

где CA – срок амортизации, который можно получить из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы» Для электронно-вычислительной техники CA свыше 2 лет до 3 лет включительно. В данной работе примем $CA=2,5$ года. Тогда

$$N_A = \frac{1}{2,5} = 0,4.$$

Таким образом,

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 \cdot 20\,500 \cdot 791,6 \cdot 1}{2384} = 2722,78 \text{ руб}$$

Итого начислено амортизации 2722,78 руб.

5.3.6 Расчет расходов на услуги связи

Расходы на услуги связи определены наличием подключения к сети Интернет на компьютере, использованном в данной работе.

Ежемесячная оплата, согласно тарифу ТРUnet, составляет 350 рублей. В соответствии с таблицей 5.3, трудоемкость выполняемой задачи составляет четыре календарных месяца. Таким образом, сумма расходов на услуги связи составляет $4 \cdot 350 = 1750$ руб. Общая сумма расходов $C_{св} = 1400$

5.3.7 Расчет прочих расходов

Прочие расходы следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов. Они находятся по формуле:

$$C_{проч} = (C_{мат} + C_{ЗП} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{AM} + C_{св}) \cdot 0,1, \quad (5.13)$$

где $C_{мат}$ – расходы на материалы, руб.;

$C_{ЗП}$ – основная заработная плата, руб.;

$C_{соц}$ – расходы на единый социальный налог, руб.;

$C_{эл.об.}$ – расходы на электроэнергию, руб.;

$C_{АМ}$ – амортизационные расходы, руб.;

$C_{св}$ – расходы на услуги связи, руб.

Подставив полученные выше результаты, получим:

$$C_{проч} = (933,45 + 162202,36 + 48985,11 + 372,89 + 2722,98 + 1400) \cdot 0,1 = 21661,68 \text{ руб.}$$

5.3.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 5.8 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{мат}$	933,45
Основная заработная плата	$C_{ЗП}$	162202,36
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	48985,11
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.об.}$	372,89
Амортизационные отчисления	$C_{АМ}$	2722,98
Расходы на услуги связи	$C_{св}$	1400
Прочие расходы	$C_{проч}$	21661,68
Итого:		238278,47

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 238278,47$ руб

5.3.9 Расчёт прибыли

Прибыль следует принять в размере 20% от полной себестоимости разработки. Прибыль составляет:

$$238278,47 \cdot 0,2 = 47655,69 \text{ , руб.}$$

5.3.10 Расчёт НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли:

$$(238278,47 + 47655,69) \cdot 0,18 = 51468,14 \text{ , руб.}$$

5.3.11 Цена разработки НИР

Цена разработки научно-исследовательской работы равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$238278,47 + 47655,69 + 51468,14 = 337402,3 \text{ , руб.}$$

5.4 Оценка экономической эффективности

Выполнение научно-исследовательских работ оценивается уровнями достижения экономического, научного, научно-технического и социального эффектов.

Для итоговой оценки результатов проекта в зависимости от поставленных целей в качестве критерия эффективности принимается один из видов эффекта, а остальные используются в качестве дополнительных характеристик.

На данном этапе внедрение нет возможности оценить экономический эффект в количественных показателях. Так как данная разработка является моделью для дальнейшей модификации при решении конкретно поставленной модели. Следовательно, в дальнейшем необходимо рассчитывать данный показатель исходя из заявленных параметров и условий. Поэтому в качестве критерия эффективности проекта оценим научно-технический уровень НИР.

5.4.1 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенная оценка проводится по сумме баллов по всем показателям. На её основе делается вывод о целесообразности НИР.

Интегральный показатель научно технического уровня НИР определяется по формуле:

$$I_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (5.13)$$

где $I_{\text{НТУ}}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта,

в баллах.

Весовые коэффициенты признаков НТУ приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признаки научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИР	R_i
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	0,40
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритма)	0,10
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,50

Баллы для оценок уровня новизны, теоретического уровня и возможности реализации приведены в таблицах 5.10 – 5.12.

Таблица 5.10 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8–10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5–7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными	2–4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 5.11 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 5.12 – Возможность реализации результатов по времени

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

В таблице 5.13 указано соответствие качественных уровней НИР значениям показателя, рассчитываемого по формуле (5.11).

Таблица 5.13 – Оценка научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Новая	5	Облегчит разработку других структур
Теоретический уровень	0,1	Разработка способа	6	Описание принципа работы системы с заданными параметрами
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Быстрая разработка с помощью различных инструментальных средств

Интегральный показатель научно-технического уровня составляет:

$$I_{НТУ} = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 7,6 .$$

Таблица 5.14 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1–4
Средний	4–7
Высокий	8–10

Таким образом, научно-исследовательская работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

6 Социальная ответственность

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

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

Данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ5А	Полянский Сергей Владимирович

Институт	ИК	Кафедра	Информационных систем и технологий
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является модели СМО с установленными параметрами.</p> <p>Целью магистерской диссертации является разработка и исследование моделей СМО с различными законами управления применительно к дисциплинам ожидания и обслуживания.</p> <p>Теоретические результаты, полученные при моделировании СМО М/М/1 и М/Г/1 в критических условиях, имеют практическую направленность при оптимизации систем управления, энергосбережения, эффективном использовании ресурсов и при проектировании сетей передачи информации.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p>1.1 В качестве вредных факторов выделены:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточное освещение; – Нарушение параметров микроклимата. <p>1.2 В качестве опасных факторов выявлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Опасность возникновения пожара; – Опасность поражением электрическим током.
--	---

<p>2. Экологическая безопасность: 2.1 Анализ воздействия объекта на окружающую среду; 2.2 Разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>2.1. Влияние объекта исследования на окружающую среду: – Утилизация компьютерной техники; – Утилизация офисных принадлежностей. 2.2 Мероприятия по защите окружающей среды.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; 3.2 Выбор наиболее типичной ЧС; 3.3 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>3.1 Возможные ЧС: – Пожар 3.2 Выбор наиболее типичной ЧС – Пожар 3.3 Мероприятия по предотвращению пожара, согласно нормативным документам: НПБ 105-03 и ППБ 01–03.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 4.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p>	<p>4.1 Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ согласно трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.12.2015); 4.2 Влияние реализации и исследования моделей СМО на реальные системы</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акулов Петр Анатольевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5А	Полянский Сергей Владимирович		

6.1 Производственная безопасность

Научно-исследовательская работа выполнялась в помещении кафедры «Вычислительной техники» десятого корпуса ТПУ в 402 кабинете. Помещение оснащено персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ), компьютерными столами, стульями, столом для общей работы, огнетушителем, датчиками дыма, кондиционером и противопожарной сигнализацией.

Данное помещение относится к классу помещений без повышенной опасности, так как отсутствуют условия, создающие повышенную или особо повышенную опасность.

Для обеспечения безопасности в рабочей зоне необходимо проанализировать влияние вредных, опасных факторов, возникновение чрезвычайных ситуаций.

Вредный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию [23].

Опасный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Вредные и опасные факторы подразделяются на следующие группы:

- физические - движущиеся машины и механизмы, повышенные уровни шума и вибрации, электромагнитных и ионизирующих излучений, недостаточная освещенность, повышенный уровень статического электричества, повышенное значение напряжения в электрической цепи и др;
- химические - вещества и соединения, различные по агрегатному состоянию и обладающие токсическим, раздражающим, канцерогенным и мутагенным действиями на организм человека и влияющие на его репродуктивную функцию;
- биологические - патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты) и продукты их жизнедеятельности, а также животные и растения;

– психофизиологические - факторы трудового процесса. К ним относятся физические (статические и динамические перегрузки) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

В рамках данной работы целесообразно рассмотреть физические вредные и опасные факторы. Выявленные факторы представлены в таблице 6.1. Таблица 6.1 – Вредные и опасные производственные факторы при выполнении работ за ПЭВМ

Источник фактора, наименование работ	Вредные	Опасные	Нормативные документы
1. Работа за ПК	1. Недостаточное освещение 2. Нарушение параметров микроклимата	1. Опасность возникновения пожара 2. Опасность поражения электрическим током	1) СП 52.13330.2011 2) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 3) ГОСТ30494—2011 4) ГОСТ Р 12.1.019-2009 5) СНиП 21-01-97

6.1.1 Вредные производственные факторы

6.1.1.1 Недостаточное освещение

Недостаточное освещения рабочей зоны является вредным производственным фактором. Требования к освещению регламентируются СП 52.13330.2011.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света неба. С физиологической точки зрения естественное освещение наиболее

благоприятно для человека. Естественное освещение в течение дня меняется в достаточно широких пределах в зависимости от состояния атмосферы [24]. Различают боковое естественное освещение – через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы, расположенные в верхней части (крыше) здания (аэрационные и зенитные фонари и т.д.). Если используется оба вида освещения, то оно называется комбинированным.

Искусственное освещение осуществляется электрическими лампами или прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным. Общее предназначено для освещения всего производственного помещения. Местное при необходимости дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. Сочетание местного и общего освещения называют комбинированным.

Если в светлое время суток уровень естественного освещения не соответствует нормам, то его дополняют искусственным. Такой вид освещения называют совмещенным.

Разряд зрительных работ программиста и оператора ПЭВМ относится к разряду III и подразряду Г (работы высокой точности). В таблице 6.2 представлены нормативные показатели искусственного освещения при работах заданной точности [25].

Таблица 6.2 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий для операторов ПЭВМ

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

Для создания и поддержания благоприятных условий освещения для операторов ПЭВМ, их рабочие места должны соответствовать санитарно-эпидемиологическим правилам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Рабочее помещение должно иметь естественное и искусственное освещение, соответствующее показателям, представленным в таблице 6.2. Если нормы освещенной зоны не совпадают с нормативными следует добавить дополнительные источники света в рабочую зону. В качестве источников искусственного освещения должны быть использованы люминесцентные лампы, лампы накаливания – для местного освещения [26].

6.1.1.2 Нарушение параметров микроклимата

Микроклимат помещения - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха [27].

Повышенная температура поверхностей ПК и воздуха в рабочей зоне оказывает негативное влияние на нервную систему человека, психологическая атмосфера в помещении может дестабилизироваться и стать причиной возникновения конфликтов в коллективе. Высокая температура может

послужить причиной роста болезнетворных бактерий, которые влекут за собой риск возникновения разного рода заболеваний.

Влажность в помещении играет немаловажную роль в продуктивной работе сотрудников. При пониженной влажности воздуха происходит осушение слизистых оболочек человека. Такие условия могут привести к повышенному накоплению вредных бактерий и вирусов в дыхательных путях. Также неблагоприятными условиями является в повышенной влажности в офисном помещении, которая способствует размножению грибков, плесени, бактерий. Повышенное содержание таких микроорганизмов способствует возникновению у человека аллергических и хронических заболеваний дыхательных путей. Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, в офисе поддерживается температура равная 22 – 24 С°, при относительной влажности в 55 – 58 %. Для этого в помещении проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

В таблице 6.3 представлены оптимальные значения характеристик микроклимата для холодного и теплого периодов года.

Таблица 6.3 – Оптимальные значения характеристик микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая		
Холодный	22-24	20-22	21-25	19-23	40-60	0,1
Теплый	23-25	20-28	22-26	19-27	40-60	0,1

6.1.2 Опасные производственные факторы

6.1.2.1 Опасность возникновения пожара

Возникновение пожара является опасным производственным фактором, т.к. пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб, а также часто сопровождается травмами и несчастными случаями. Регулирование пожаробезопасности производится СНиП 21-01-97.

В помещениях с ПЭВМ повышен риск возникновения пожара из-за присутствия множества факторов: наличие большого количества электронных схем, устройств электропитания, устройств кондиционирования воздуха; возможные неисправности электрооборудования, освещения, или неправильная их эксплуатация может послужить причиной пожара [28].

Возможные виды источников воспламенения:

- неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

- электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

- обогрев офисов с помощью оборудования с открытыми нагревательными элементами. В помещениях с большим количеством справочной литературы и бумажных документов, которые являются легковоспламеняющимися предметами, использование таких обогревательных приборов небезопасно. Их исключение либо замена аналогами ликвидирует данную причину пожара.

- короткое замыкание. Необходимо скрыть электропроводку для уменьшения вероятности короткого замыкания.

Для профилактики пожара должны обеспечиваться регулярные проверки пожарной сигнализации, первичных средств пожаротушения; проводиться инструктаж и тренировки по действиям в случае пожара; не загромождаться и не блокироваться эвакуационные выходы; выполняться требования правил технической эксплуатации и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок; во всех служебных помещениях должен быть установлен «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотными огнетушителями типа ОУ-2 или ОУ-5; пожарной сигнализацией, а также, в некоторых случаях, автоматической установкой объемного газового пожаротушения. Также офис должен быть оснащен пожарной сигнализацией.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по технике безопасности [29].

6.1.2.2 Опасность поражения электрическим током

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку программист имеет дело с электрооборудованием, то вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться особое внимание. Нормы электробезопасности на рабочем месте регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, вопросы требований к защите от поражения электрическим током освещены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний характер. Проходя через тело человека, электрический ток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов.

Электролитическое — в разложении органической жидкости, в том числе крови, что вызывает нарушение ее состава, а также ткани в целом.

Механическое — в расслоении, разрыве тканей организма.

Биологическое — в раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биологических процессов. Например, взаимодействуя с биотоками организма, внешний ток может нарушить нормальный характер их воздействия на ткани и вызвать произвольные сокращения мышц.

Электробезопасность — система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного

воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасность поражения электрическим током усугубляется тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить напряжение дистанционно.

Помещение, где расположено рабочее место оператора ПЭВМ, относится к помещениям без повышенной опасности ввиду отсутствия следующих факторов: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Основным организационным мероприятием по обеспечению безопасности является инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе.

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 [26, 30].

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Влияния объекта исследования на окружающую среду

Под охраной окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями влияющие на следующие природные зоны:

- селитебная зона;
- атмосфера;
- гидросфера;
- литосфера.

В ходе выполнения магистерской диссертации и дальнейшем использовании полученных моделей отсутствуют выбросы каких-либо вредных веществ в атмосферу и гидросферу, следовательно, загрязнение воздуха и воды не происходит.

Люминесцентные лампы, применяющиеся для искусственного освещения рабочих мест, также требуют особой утилизации, т.к. в них присутствует от 10 до 70 мг ртути, которая относится к чрезвычайно-опасным химическим веществам и может стать причиной отравления живых существ, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Сроки службы таких ламп составляют около 5-ти лет, после чего их необходимо сдавать на переработку в специальных пунктах приема.

Во время разработки и написания ВКР образовывался мусор, такой как: канцелярские принадлежности, бумажные отходы, неисправные комплектующие персонального компьютера, люминесцентные лампы.

6.2.2 Мероприятия по защите окружающей среды

Для уменьшения вредного влияния на литосферу необходимо производить сортировку отходов и обращаться в службы по утилизации для дальнейшей переработки или захоронения [31].

В основном, организации, занимающиеся приёмом и утилизацией ртути содержащих отходов, принимают люминесцентные лампы в массовых количествах. Лампа состоит из электронного блока — выгодный компонент для

реставрации и утилизации; колба и цоколь также ценное сырье. По стране утилизацией «ртутных» ламп занимаются более 50 фирм, но единственное их условие — деньги, которые вы должны заплатить за вывоз.

Люминесцентные лампы нельзя выкидывать в мусоропровод или уличные контейнеры, а нужно отнести в свой районный ДЕЗ (Дирекция единичного заказчика) или РЭУ (Ремонтно-эксплуатационное управление), где есть специальные контейнеры. Там они принимаются бесплатно, основанием должна служить утилизация в соответствии с Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Томской области. Пункты приёма отработавших свой срок люминесцентных ламп по городам можно найти в интернете [32].

Переработка макулатуры представляет собой многоэтапный процесс, цель которого заключается в восстановлении бумажного волокна и, зачастую, других компонентов бумаги (таких как минеральные наполнители) и использование их в качестве сырья для производства новой бумаги.

В случае выхода из строя ПК или комплектующих ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Основные возможные чрезвычайные ситуации в офисном помещении

Чрезвычайная ситуация - обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [33].

Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биологические, социальные, военные и экологические) и по

масштабам (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные)

При работе в кабинете могут возникнуть следующие чрезвычайных ситуаций:

- преднамеренные/непреднамеренные;
- техногенные: взрывы, пожары, обрушение помещений, аварии на системах жизнеобеспечения/природные – связанные с проявлением стихийных сил природы.
 - экологические – это аномальные изменения состояния природной среды, такие как загрязнения биосферы, разрушение озонового слоя, кислотные дожди/ антропогенные – являются следствием ошибочных действий людей.
 - биологические – различные эпидемии, эпизоотии, эпифитотии;
 - социальные – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате опасного социального явления, которое повлекло в результате человеческие жертвы, ущерб здоровью, имуществу или окружающей среды;
- комбинированные.

6.3.2 Типичные чрезвычайные ситуации

6.3.2.1 Пожар

Пожар – это вышедший из-под контроля процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу жизни и здоровью людей. Основными опасными факторами пожара являются тепловое излучение, высокая температура, отравляющее действие дыма (продуктов сгорания: окиси углерода и др.) и снижение видимости при задымлении.

В помещениях с ПЭВМ повышен риск возникновения пожара. Причиной возникновения пожара может быть неисправность электрооборудования, освещения, неправильная их эксплуатация, наличие статического электричества неудовлетворительный надзор за пожарными устройствами и производственным оборудованием.

6.3.3 Действия в результате возникновения чрезвычайной ситуации и мер по ликвидации ее последствий

При работе компьютерной техники выделяется много тепла, что может привести к пожароопасной ситуации. Источниками зажигания так же могут служить приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционеры воздуха. Серьёзную опасность представляют различные электроизоляционные материалы, используемые для защиты от механических воздействий отдельных радиодеталей.

В связи с этим, участки, на которых используется компьютерная техника, по пожарной опасности относятся к категории пожароопасных «В».

Меры, соблюдение которых поможет исключить с большой вероятностью возможность возникновения пожара:

- для понижения воспламеняемости и способности распространять пламя кабели покрывают огнезащитным покрытием;
- при ремонтно-профилактических работах строго соблюдаются правила пожарной безопасности;
- помещения, в которых должны располагаться ПЭВМ проектируют I или II степени огнестойкости;
- каждое из помещений, где производится эксплуатация устройств ПЭВМ, должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения и обеспечено инструкциями по их применению. В качестве средств пожаротушения разрешается использование углекислотного огнетушителя типа ОУ-2, ОУ-5(описание ниже), а также порошковый тип. Применение пенных огнетушителей не допускается, так как жидкость пропускает ток;
- устройства ПЭВМ необходимо устанавливать вдали отопительных и нагревательных приборов (расстояние не менее 1 м и в местах, где не затруднена их вентиляция и нет прямых солнечных лучей);

– разрабатываются организационные меры по обучению персонала навыкам ликвидации пожара имеющимися в наличии средствами тушения пожара до прибытия пожарного подразделения [34].

При пожаре люди должны покинуть помещение в течение минимального времени.

В помещениях с компьютерной техникой, недопустимо применение воды и пены ввиду опасности повреждения или полного выхода из строя дорогостоящего электронного оборудования.

Для тушения пожаров необходимо применять углекислотные и порошковые огнетушители, которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем. Воду разрешено применять только во вспомогательных помещениях [35].

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ

Регулирование отношений между работником и работодателем, касающихся оплаты труда, трудового распорядка, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и проч., осуществляется законодательством РФ, а именно трудовым кодексом РФ.

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда.

Продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- для работников в возрасте от 15 до 16 лет – 5 часов, в возрасте от 16 до 18 лет – 7 часов;

- для учащихся общеобразовательных учреждений, образовательных учреждений начального и среднего профессионального образования, совмещающих в течение учебного года учебу с работой, в возрасте от 14 до 16 лет – 2,5 часа, в возрасте от 16 до 18 лет – 4 часов;

- для инвалидов – в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами российской федерации.

Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов;
- при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов.

Продолжительность работы (смены) в ночное время сокращается на один час без последующей отработки. К работе в ночное время не допускаются: беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет, за исключением лиц, участвующих в создании и (или) исполнении художественных произведений, и других категорий работников в соответствии с настоящим Кодексом и иными федеральными законами.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания. Время предоставления перерыва и его конкретная продолжительность устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка или по соглашению между работником и работодателем.

Всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых).

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы только в случаях, установленных ТК

РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещена дискриминация по любым признакам и принудительный труд [36].

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

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

Основными элементами рабочего места программиста являются: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура, мышь; вспомогательными - пюпитр, подставка для ног [37].

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования [38].

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.

При размещении ЭВМ на рабочем месте должно обеспечиваться пространство для пользователя величиной не менее 850 м. Для стоп должно быть предусмотрено пространство по глубине и высоте не менее 150 мм, по ширине – не менее 530 мм. Располагать ЭВМ на рабочем месте необходимо так, чтобы поверхность экрана находилась на расстоянии 400 – 700 мм от глаз пользователя. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и

т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

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

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

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

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

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

Рациональной рабочей позой может считаться такое расположение тела, при котором ступни работника расположены на плоскости пола или на подставке для ног, бедра сориентированы в горизонтальной плоскости, верхние части рук – вертикальный угол локтевого сустава колеблется в пределах 70 –

90, запястья согнуты под углом не более чем 20, наклон головы – в пределах 15 – 20, а также исключены частые ее повороты [37].

6.4.2 Влияние реализации и исследования моделей СМО на реальные системы

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

Имитационное моделирование позволяет проводить необходимые эксперименты с меньшими затратами, которые потребовались бы для производства экспериментальных образцов исследуемого объекта. Исследование моделей проводилось в различных режимах. Количественные данные полученные, полученные в результате исследования демонстрируют поведение системы в различных ситуациях.

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

Заключение

В настоящее время имитационное моделирование применяется в самых разных областях человеческой деятельности: в промышленности, на транспорте, в экономике, экологии, в сферах информационной безопасности и услуг, а также в сферах общественных, государственных и военных отношений. Применение имитационного моделирования 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 данной работе рассматривались СМО с динамически управляемыми приоритетами и с СМО с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания и «линейной» СМО.

Согласно установленным параметрам поступления заявок были проведены серии экспериментов для установления характеристик системы.

При использовании динамических приоритетов процент обслуженных беспriorитетных заявок достигал желаемого количества, но при этом снижалось количество обслуженных заявок относительного приоритета, это объясняется тем, что при повышении приоритета заявки время обслуживания оставалось неизменным и обслуживающий прибор тратил больше времени для обработки такой заявки.

При использовании кругового алгоритма увеличивается нахождение «долгих» заявок в системе, так как в «линейной» системе. Но при этом сокращается среднее время нахождения в системе «коротких» заявок, так как «долгий» процесс больше не занимает сервер единолично. Так же наблюдается снижение среднего времени ожидания процесса. Это отражает такой параметр системы как время отклика. Что является важным фактором для некоторых систем.

Данные модели могут быть использованы при решении конкретно поставленных производственных задач. При постановке необходимых условий и ограничений модели можно модифицировать и адаптировать под конкретную задачу.

В результате работы были разработаны модели СМО с различными законами управления и обслуживания, а так же были проведены серии экспериментов для определения основных характеристик системы.

Список публикаций студента

1 Полянский С.В. Управление моделью системы массового обслуживания с использованием динамических приоритетов Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г. – 2017 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2 – 90 - 91с.

2 S. V. Polyanskiy, Yu. Ya. Katsman. Application of dynamic priorities for controlling the characteristics of a queuing system. Journal of Physics: Conference Series (JPCS), vol.803. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012119/pdf>

Список использованных источников

1 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

2 С.А. Иванов. Моделирование группировок объектов с система массового обслуживания в SimEvents. / Вестник Чувашского университета. Информатика, вычислительная техника и управление. №3 – 2013. с. 267-270

3 Алехин А. Г., Тюленев С.Г. Моделирование производственных систем в пакете прикладных программ Matlab. / Известия ВолгГТУ. 2012. №100. с.98-99.

4 Постников С.А., Струнская-Зленко Л.В., Моделирование протокола управления доступом к среде передачи для сети с временным разделением каналов. / Т-Comm - телекоммуникации и транспорт. 2009. с.112-116.

5 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.

6 Власов С.С., Гасилов В. В. Применение системы массового обслуживания при определении оптимального количества пунктов сбора платы за проезд на платном участке дороги. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2006/mashin_2006_2/vlasov_prim.htm Дата обращения 30.03.2017.

7 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.

8 A. Raspopov, Y.Y. Katsman, "Resource Allocation Algorithm Modeling in Queuing System Based on Quantization". / Key Engineering Materials, Vol. 685, 2016, pp. 886-891

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

10 Климов Г.П. Теория массового обслуживания. / 2-е издание, переработанное. – М.: Издательство Московского университета. – 2011. – 312с.

11 Имитационное моделирование. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/use-of-simulation> Дата обращения: 5.04.2017

12 Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование. М.: МГТУ им. Баумана, 2008. 379 с.

13 Асафьев Г.К. Современные системы имитационного моделирования. Сборник трудов молодых ученых и сотрудников кафедры ВТ / Под ред. д.т.н., проф.– СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. с.50-54.

14 SimEvents [Электронный ресурс].– режим доступа: URL <http://matlab.ru/products/simevents>. Дата обращения – 11.05.2017

15 Stateflow [Электронный ресурс].– режим доступа: URL <http://matlab.ru/products/stateflow/>, Дата обращения – 11.05.2017

16 Описание пакета Statistica [Электронный ресурс] Режим доступа: http://old.exponenta.ru/soft/Statist/statistica5_5/index.asp Дата обращения: 10.05.2017.

17 Statistica: программа для начинающих и профессионалов [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.osp.ru/pcworld/1998/03/158779/> Дата обращения: 12.05.2017.

18 Katsman J.J., Apachidi X.N. Algorithm Simulation of Resource Allocation of the Queueing Systems, Based on the Priorities. Proceeding of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2014, pp 1- 6

19 Моделирование краткосрочного планирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/gutorov/index.asp>. Дата обращения 09.03.2017г.

20 Операционные системы и системы программирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kolasc.net.ru/cdo/programmes/os/25.htm>. Дата обращения 09.03.2017г.

21 Полянский С.В. Управление моделью системы массового обслуживания с использованием динамических приоритетов Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г. – 2017 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2 – 90 - 91с.

22 S. V. Polyanskiy, Yu. Ya. Katsman. Application of dynamic priorities for controlling the characteristics of a queuing system. Journal of Physics: Conference Series (JPCS), vol.803. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012119/pdf> Дата обращения 01.06.2017г.

23 Охрана труда. Основы безопасности жизнедеятельности. www.Grandars.ru. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/ohrana-truda.html> (дата обращения: 20.05.2017)

24 Экология и безопасность жизнедеятельности. Основные характеристики производственного освещения // <http://bibliotekar.ru> URL: <http://bibliotekar.ru/ecologia-5/90.htm> (дата обращения: 11.03.2017)

25 СП 52.13330.2011, Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

26 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

27 ГОСТ30494—2011, Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

28 Чрезвычайные ситуации при работе с ПЭВМ // Студопедия — Ваша школопедия. URL: http://studopedia.ru/8_107307_osveshchenie-pomeshcheniy-vichislitelnih-tsentrov.html

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

30 ГОСТ Р 12.1.019-2009, Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

31 Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 N 681 (ред. от 01.10.2013) "Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде // Консультант Плюс. 2015. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_104420/e1b31c36ed1083efeb6cd9c63ed12f99e2ca77ed/#dst100007 (дата обращения: 03.04.2017).

32 Как утилизировать люминесцентную лампу? <http://esob3.ru/lampalum.html> (дата обращения: 03.04.2017).

33 ГОСТ Р 22.0.02-94, Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1)

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

35 Чрезвычайные ситуации при работе с ПЭВМ // Студопедия — Ваша школопедия. URL: http://studopedia.ru/8_107307_osveshchenie-pomeshcheniy-vichislitelnih-tsentrov.html (дата обращения: 10.03.2017).

36 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 3.07.2016) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической

документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 11.03.2017).

37 ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200025975> (дата обращения: 11.03.2017).

38 ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012834> (дата обращения: 11.03.2017).

Приложение А

(Обязательное)

Раздел 2

Объект и методы исследования

Object and techniques of research

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ5А	Полянский Сергей Владимирович		

Консультант кафедры ВТ :

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

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Горбатова Т.Н.			

2 Object and techniques of research

2.2 Review of simulation software

Simulation modeling is one of the most common methods of investigating operations and control theory.

The simulation model is a computer program that describes the structure and reproduces the behavior of a real system. The simulation model allows to obtain detailed statistics on various aspects of the functioning of the system depending on the input data [11].

There are three types of simulation modeling: agent based modeling, system dynamics and discrete-event modeling [12].

Simulation modeling can be used in the following areas:

- business processes;
- population dynamics;
- IT infrastructure;
- logistics;
- production systems;
- street traffic;
- project management.

This section provides an overview of simulation software and their capabilities.

2.2.1 Rockwell Arena simulation package

The main areas where Rockwell Arena can be used are:

- production systems;
- logistics and storage facilities;
- medicine;
- armament and security[13].

Arena uses the SIMAN processor and simulation language. It provides convenient graphical interface with a set of templates of modeling constructions.

Arena supports hierarchical modeling. Each entity in Arena has a set of standard attributes, but in addition to standard attributes, you can assign your own attributes using the “Assign” construct.

Arena supports the Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) language. With it, you can link the model to Microsoft products. Arena provides the output of two-dimensional and three-dimensional (Arena 3DPlayer) animation of the modeling process. Various histograms and graphs are available for presenting the results.

There is no limit for the amount of random number streams in the Arena package. Moreover, the user has access to 12 standard theoretical probability distributions, as well as to empirical distributions.

The package allows you to perform functional and cost analysis using the ABC method, so you can consider additional and normal costs, and create temporary reports.

Rockwell Arena works only on Windows operating systems.

2.2.2 AnyLogic simulation package

AnyLogic - software for simulation of complex systems and processes, developed by the Russian company XJ Technologies[13].

AnyLogic was developed with Java and based on the Eclipse platform. Eclipse platform is the modern standard for business applications, so AnyLogic runs on all common operating systems (Windows, Mac, Linux, etc.).

Graphical environment AnyLogic is built on the same principle as in the Rockwell Arena. Modeling structures are located in the palettes (analog templates in Arena).

AnyLogic supports hierarchical modeling, as well as creating your own modeling constructs and merging them into libraries. The applications have the standard Entity type, however, it is possible to assign their own types (Java classes) with the non-standard set of attributes. In the AnyLogic, 29 standard theoretical distributions are available to the user. It is possible to fix a set of random numbers and conduct an absolutely identical experiment.

To create reports, AnyLogic has a special "Statistics" palette, which contains structures for collecting data while model works. There are various diagrams, graphs and histograms in this palette.

2.2.3 Ptolemy II

Ptolemy II is a project of the University of Berkeley. Ptolemy II is a collection of Java packages designed to create models, simulate and design real-time systems and embedded systems. Ptolemy can work on all common operating systems.

Ptolemy II has an interactive graphical interface with support for hierarchical modeling. The ability to assign different sets of attributes to entities makes this package more flexible. In Ptolemy, 20 standard theoretical distributions are available.

The user is provided with various means of visualizing information in the form of graphs, histograms and various monitoring tools. The visualization capabilities of the modeling process are enclosed in the GR library, which allows you to display various three-dimensional objects.

2.2.4 SimEvents and Stateflow

SimEvents is a Simulink library for modeling discrete state systems, which using queuing theory[14].

SimEvents allows to create simulation models for the passage of an object through networks and queues, provides simulation of systems that depend not on time, but on discrete states. It allows analyzing such characteristics of the model's performance as the intensity of the flow, the loss of packets, and so on.

SimEvents can also be used to build models such as the production process in order to calculate the necessary resources and identify bottlenecks. Libraries of ready-made blocks, such as queues, servers and switches allow you to depict the system as an interactive flowchart.

Main features of SimEvents are as follows:

- the core of the discrete-event simulation for modeling multidisciplinary complex systems in Simulink;

- predefined library blocks, including queues, servers, generators, routing and blocks for combining / separating entities;
- entities with custom attributes for flexible package representation, component tasks;
- built-in statistics collection to obtain delays, throughput, average queue length and other metrics;
- library blocks for specifying specific structures - such as communication channels, message passing protocols and a conveyor belt;
- animation within the model to visualize the work of the model and debug.

Stateflow is the environment for modeling and simulating combinatorial and sequential decision logic based on state machines and flowcharts[15]. Stateflow allows you to combine graphical and tabular representations, including state transition diagrams, flowcharts, state transition tables and truth tables, in order to simulate the response of the system to events, conditions in time, and external input signals.

With the help of Stateflow, you can develop the logic of dispatching control, task scheduling and error response systems. Stateflow includes animation of the state diagram, as well as static and dynamic checks.

Main features of Stateflow are as follows:

- modeling environment, graphical components and the simulation core for complex logic modeling and simulating;
- deterministic execution semantics with hierarchy, concurrency, temporal operators and events;
- state diagrams, state transition tables and state transition matrices representing finite automata;
- flow charts, MATLAB functions and truth tables for representing algorithms;

- animation of the state diagram, record of activity of the state, data recording and built-in debugger for analysis of design and detection of run-time errors;
- static and dynamic checks of conflicting transitions, looping problems, state mismatches, data range violations and overflows;
- Mealy and Moore machines.

After reviewing the simulation systems, it was decided to use the SimEvents and Stateflow libraries to build the required models, because they contain all the necessary components, they have detailed documentation, including in Russian, and have basic models examples for learning and understanding the principle of the functioning of models.

2.3 Description of the components of the SimEvents library

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

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

Priority queue. Store entities are sorted out in a sequence for undetermined length of time. This block stores up to N entities simultaneously in a sorted sequence, where N is the Capacity parameter value. The queue sorts entities according to the values of an attribute, in either ascending or descending order. Sorting attribute name and Sorting direction parameters determine the sorting behavior. The block accepts real numbers, Inf, and -Inf as valid values of the sorting attribute. The block attempts to output an entity through the OUT port but retains the entity if the OUT port is blocked. If an entity in this block is scheduled to time out, then it might depart prematurely via the

optional TO port. The length of time that an entity stays in this block cannot be determined in advance. The IN port is unavailable whenever this block stores exactly N entities. In this case, the queue is said to be full.

Single Server. This block serves one entity for a period of time, and then attempts to output the entity through the OUT port. If the OUT port is blocked, then the entity stays in this block until the port becomes unblocked.

If an entity in this block is scheduled to time out, then it might depart prematurely via the optional TO port.

When the block does not permit preemption, the IN port is unavailable whenever this block stores an entity.

Table 2.1 – Output ports of "single server" block

Notation	Description
OUT	Port for departing entities that have completed their service time, have not timed out while in this block, and have not been preempted.
P	Port for entities that have been preempted by an arriving entity. This port must not be blocked at the time of preemption.
TO	Port for entities that time out while in this block. You see this port only if you select Enable TO port for timed-out entities. This port must not be blocked when an entity attempts to depart here.

Path Combiner. This block accepts entities through any entity input port and outputs them through a single entity output port.

Input Switch. This block selects exactly one entity input port for potential arrivals. The selected entity input port can change during the simulation. When one entity input port becomes selected, all others become unavailable.

Output Switch. This block receives entities, which depart through one of multiple entity output ports. When one entity output port becomes selected, all others become unavailable.

Set Attribute. This block accepts an entity, assigns data to it, and then outputs it. Assigned data is stored in entity attributes. Each attribute has a name and a value that you specify. You can specify up to 32 attributes in the block.

Get Attribute. This block outputs signals using data from entity attributes.

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

Cancel timeout. This block cancels a named timeout event for the arriving entity. Timeout events enable you to limit the time that an entity spends on designated entity paths during the simulation. Topologically, this block designates an end of an entity path that is relevant to the time limit. The ability to cancel timeout events before they occur lets you apply the time limit to an entity path that does not end with a sink block.

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

This block works with the Read Timer block. To read the value of the timer named in this block, reference the timer name in the Read Timer block.

Read timer. This block reads the value of a timer that the Start Timer block previously associated with the arriving entity.

Entity Sink. This block provides a way to terminate an entity path

2.4 Statistica

The software package for statistical data analysis called Statistica was used to analyze the obtained data.

STATISTICA is a universal integrated system designed for statistical analysis and visualization of data, database management and development of user

applications, containing a wide range of analysis procedures for application in scientific research, technology, business, and special methods of data mining[16].

Statistica has the following capabilities:

- The program can work with large data sets (tables with the number of variables up to 32000 are supported);
- high precision of mathematical operations;
- rapid visualization (calculation and construction of graphs) [17].

Statistica contains a fairly wide range of analysis methods. There are main modules of Statistica:

- Quick Basic Statistics - this module allows you to quickly analyze the most commonly used methods;
- Basic Statistics/Tables (basic statistical methods and tables) – this module allows you get descriptive statistics methods, frequency and correlation tables, regressions and other basic statistical methods;
- Nonparametrics/Distribution – this module consist of intragroup and intergroup nonparametric tests, comparison of various discrete and continuous theoretical distributions with the distribution of observed values;
- ANCOVA/MANCOVA – this module allows you get single-factor and multi-factor variance and covariance analysis;
- Multiple Regression – this module consist of various methods of multiple linear and fixed nonlinear regression (in particular, polynomial, exponential, logarithmic, etc.);
- Nonlinear Estimation - this module contains methods of fitting non-linear data dependencies of various functions, including those specified by the user;
- Cluster Analysis - this module is made up of various methods of cluster analysis and classification;
- Factor Analysis is used for highlighting the most significant factors of a complex object using the main component methods, minimum residuals, maximum likelihood;

- Canonical Analysis – this module includes the method of canonical correlation analysis between two groups of variables;
- Multidimensional Scaling – this module represents the method of multidimensional scaling.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(Обязательное)

Модель системы массового обслуживания с динамически управляемыми приоритетами

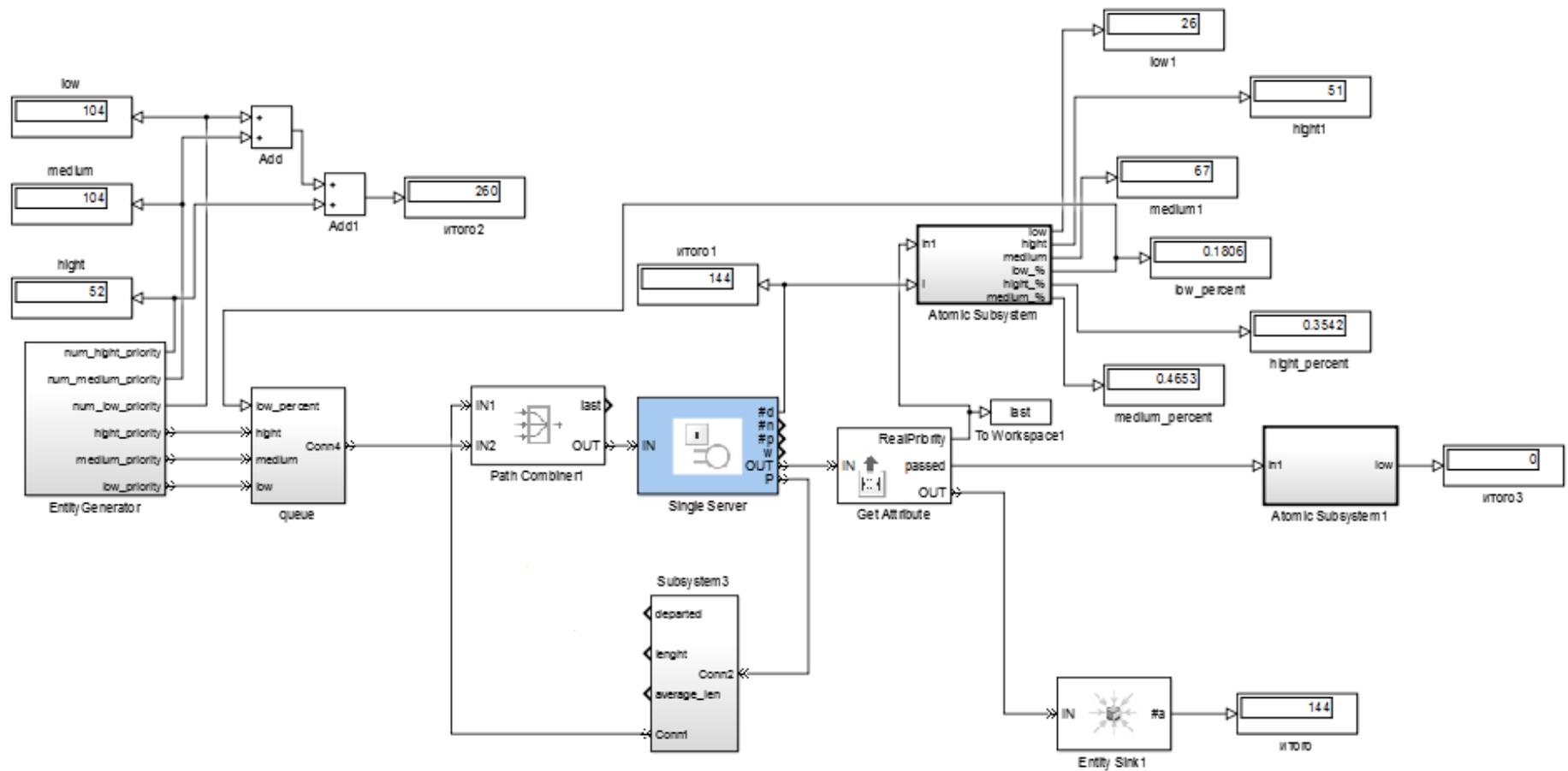


Рисунок Б.1 - Модель системы массового обслуживания

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(Обязательное)
Модель очереди

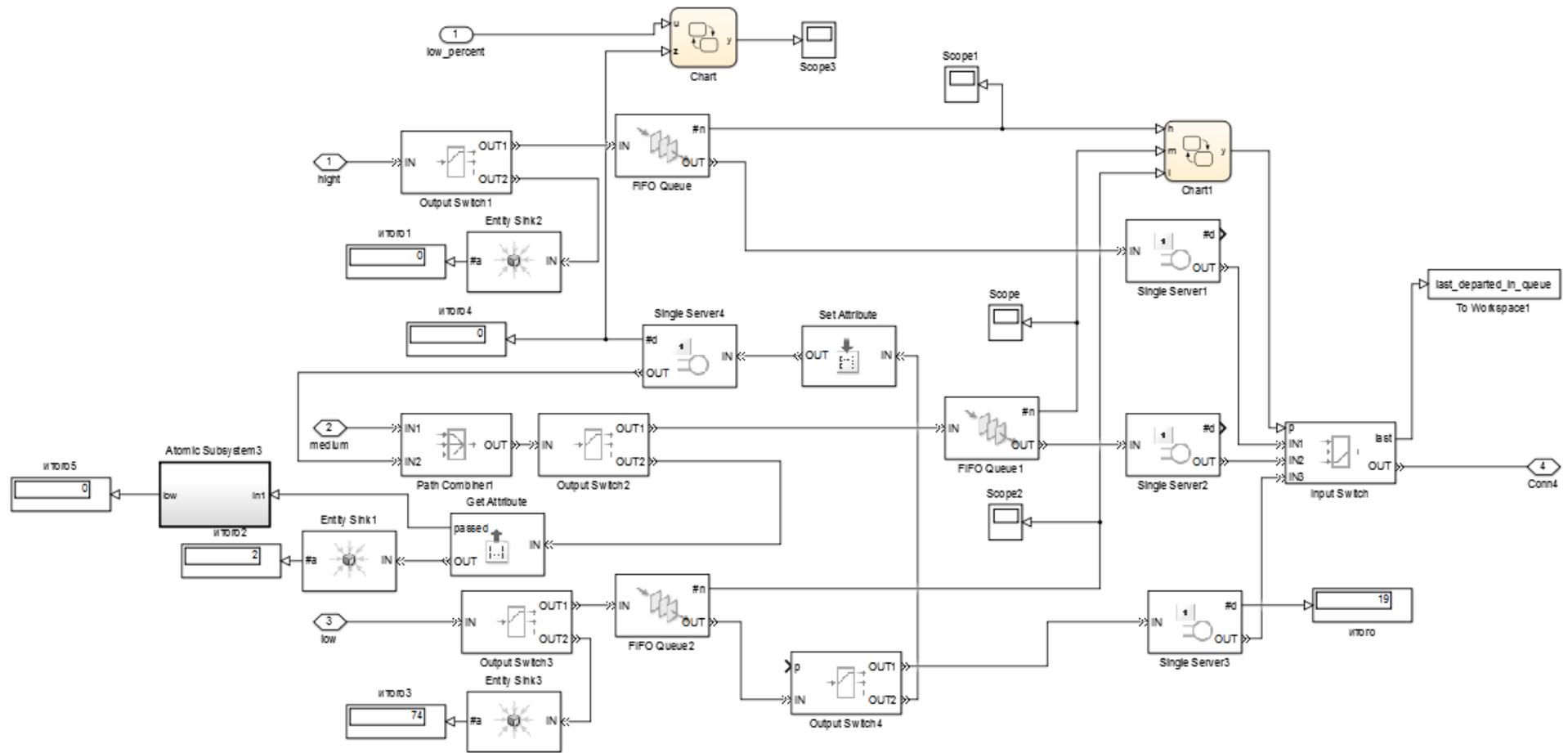


Рисунок В.1 - Модель очереди