

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Отделение информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка и исследование модели СМО с различными законами управления (приоритеты + RR)

УДК 004.94-047.84:519.872

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Юрченко Виктор Юрьевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Сосковец Л.И.	д.и.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Атепаева Н.А.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Савельев А.О.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы в форме:
Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ71	Юрченко Виктор Юрьевичу

Тема работы:

Разработка и исследование модели СМО с различными законами управления (приоритеты + RR)
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Требуется разработать модель системы массового обслуживания с различными законами управления, провести эксперименты, получить числовые характеристики модели, провести их анализ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Изучение теоретического материала на тему «Алгоритм планирования Round Robin». Разработка и исследование модели СМО. Исследование изменения характеристик системы в зависимости от выбора времени квантования Изменение системы приоритетов, т.е. реализация дополнительного приоритета коротким заявкам. Анализирование характеристик однозадачной СМО и многозадачной СМО Анализирование характеристик многозадачной СМО без приоритетов у заявок и СМО с приоритетами у коротких заявок Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

	Социальная ответственность.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Объект и методы исследования (Object and methods of research)	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Юрченко Виктор Юрьевич		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Отделение информационных технологий
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2019	Раздел «Обзор литературы»	5
08.03.2019	Раздел «Объект и методы исследования»	10
17.11.2017	Раздел «Расчеты и аналитика»	10
29.12.2017	Построение моделей СМО	30
09.03.2018	Проведение экспериментов с моделями. Анализ полученных результатов.	25
13.04.2018	Раздел «Результаты проведенного исследования»	10
04.05.2019	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
25.05.2019	Раздел «Социальная ответственность»	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
		.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 124 страницы, 12 рисунков, 33 таблицы, 32 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: математическая модель, имитационная модель, система массового обслуживания, циклический алгоритм планирования, Round Robin, MatLab, Simulink, SimEvents.

Объектом исследования данной работы является разработка, модификация и исследование имитационной модели системы массового обслуживания с различными законами управления.

Цель данной работы заключается в разработке и изучении модели СМО с различными законами управления, модификации и разработке дополнительных подсистем применительно к дисциплинам ожидания и обслуживания.

В результате исследования были разработаны модели СМО с различными дисциплинами планирования, такими как Round Robin (RR) и First-Come, First-Served (FCFS). В работе реализовано присваивание приоритетов коротким заявкам. Было проведено исследование характеристик системы в зависимости от выбора периода квантования. Произведен сравнительный анализ однозадачной СМО с алгоритмом планирования FCFS и многозадачной СМО с алгоритмом планирования RR.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе использованы следующие определения и сокращения:

система массового обслуживания (СМО) – это математическая модель, описывающая проектируемую или существующую систему, работу которой можно представить в виде последовательного взаимодействия некоторых дискретных объектов с элементами системы;

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

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

Содержание

Введение.....	11
1 Обзор литературы	12
2 Объект и методы исследования	14
2.1 Система массового обслуживания	14
2.2 Алгоритм распределения нагрузки Round Robin.....	17
2.3 Обзор систем имитационного моделирования	18
2.3.1 GPSS World	19
2.3.2 Rockwell Arena.....	20
2.3.3 ExtendSim	21
2.3.4 MatLab	22
2.3.4.1 Библиотека Simulink	22
2.3.4.2 Описание компонентов библиотеки SimEvents	24
2.3.5 Statistica	29
3 Расчеты и аналитика	32
3.1 Структура схемы с алгоритмом планирования FCFS	32
3.2 Структура схемы с алгоритмом планирования RR	34
3.4 Параметры СМО.....	38
4 Результаты проведенного исследования	40
4.1 Поступление заявок в систему.....	40
4.2 Исследование характеристик системы в зависимости от выбора периода квантования.....	41
4.3 Результаты проведенного исследования для однозадачной СМО с алгоритмом планирования FCFS и многозадачной RR.....	43

4.4 Результаты проведенного исследования для многозадачных СМО с алгоритмом планирования RR с приоритетом у коротких заявок и без приоритета	45
4.5 Обработка результатов в пакете Statistica	48
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	51
5.1 Предпроектный анализ	51
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ рынка	51
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	52
5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	56
5.1.4 SWOT-анализ.....	58
5.1.5 Диаграмма FAST	62
5.2. Инициация проекта	66
5.2.1 Устав проекта	66
5.2.2 Ограничения и допущения проекта.....	66
5.2.3 Организация и планирование работ	67
5.2.4 Продолжительность этапов работ	68
5.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	71
5.4 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ.....	77
6 Социальная ответственность	84
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
6.2 Производственная безопасность.....	87
6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	88
6.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	88
6.2.1.2 Повышенный уровень шума	90
6.2.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	91

6.2.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны	92
6.2.1.5 Нервно-психические перегрузки	94
6.3 Экологическая безопасность.....	95
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
6.4.1 Мероприятия по предотвращению ЧС.....	97
Выводы по разделу.....	98
Заключение	100
Список публикаций студента.....	101
Список использованных источников	102
Приложение А	106
Приложение Б.....	123
Приложение В.....	124

Введение

Развитие и совершенствование – это неотъемлемая часть мира науки и техники. В настоящее время все большее развитие и распространение получает имитационное моделирование. Это обусловлено возросшей необходимостью исследования сложных систем, а имитационное моделирование небезосновательно считают одним из наиболее эффективных методов исследования таких систем. Моделирование является обязательной частью исследований и разработок, поскольку сложность любого материального объекта и окружающего его мира бесконечна вследствие неисчерпаемости материи и форм её взаимодействия, – как внутри себя, так и с внешней средой [1].

Цель данной работы заключается в изучении модели СМО с различными законами управления, модификации и разработке дополнительных подсистем применительно к дисциплинам ожидания и обслуживания. Объект исследования – исследование модели и разработка различных подсистем управления для модификации СМО с динамическими приоритетами с целью улучшения ее показателей.

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

Результаты работы были представлены на конференции и опубликованы в сборнике трудов молодежь и современные информационные технологии.

1 Обзор литературы

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

В данной работе моделирование применяется для решения задачи изучения различных законов управления системы массового обслуживания.

Система массового обслуживания – это система, которая выполняет обслуживание поступающих в неё требований, требования также называются заявками или сущностями.

Имитационное моделирование – это распространенная разновидность аналогового моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих компьютерных программ и технологий программирования [1].

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

В работе [2] рассматривается новый алгоритм распределения нагрузки FPGA, основанный на алгоритме Round Robin. Также подробно описывается работа алгоритма Round Robin.

В работе [3] рассматривается новый алгоритм, основанный на алгоритме Round Robin, названный Optimum Multilevel Dynamic Round Robin Scheduling (OMDRRS) (Оптимальное многоуровневое циклическое планирование). Данный алгоритм автоматически вычисляет время квантования после каждого раунда выполнения.

В работе [4] описывается подход к описанию и изучению выходных потоков, возникающих в системе с циклическим обслуживанием и переналадками. В статье строится вероятностная модель выходных потоков и анализируются их свойства. С использованием имитационного моделирования осуществляется статистический анализ характеристик системы и возникающих в ней выходных потоков.

В работе [5] рассматривается применение имитационного моделирования на основе систем массового обслуживания для оценки эффективности управления производственным процессом.

В работе [6] предлагается имитационная модель серверного комплекса распределения вычислительной нагрузки с помощью сервера-балансера. Описывается модель, созданная в среде MatLab/Simulink/SimEvents, которая позволяет учитывать случайный характер моментов возникновения заявок и переменную длительность задержки поступления задач.

В работе [7] описываются алгоритмы балансировки для внешних сервисов с неспециализированными клиентами, используемых в промышленных центрах обработки данных.

В работе [8] описывается, разработанная математическая модель нелинейного программирования для определения оптимального значения кванта времени, позволяющая минимизировать среднее время ожидания процессов.

В работе [9] рассматривается разработка и модификации имитационной модели системы массового обслуживания, использующая заявки трех типов: с абсолютным приоритетом, относительным приоритетом без приоритета.

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

2 Объект и методы исследования

2.1 Система массового обслуживания

Объектом исследования данной работы является разработка, модификация и исследование имитационной модели системы массового обслуживания с различными законами управления.

Система массового обслуживания (СМО) представляет собой математическую модель, описывающую только проектируемую или уже существующую систему. Описание модели заключается в: описании входящего потока дискретных элементов, которые в определенной последовательности взаимодействуют с элементами системы, по описанным в математической модели дисциплинам обслуживания. Другими словами, СМО – это система, которая производит обслуживание потока дискретных элементов, средствами элементов системы [10].

Основными элементами системы массового обслуживания, без которых она не может существовать являются: дискретные элементы; поток дискретных элементов; элементы системы, взаимодействующие с потоком дискретных элементов; дисциплины обслуживания.

Обслуживанием дискретных объектов называется взаимодействие данных объектов с элементами системы в течении определённого периода времени. Элементы системы, с которыми взаимодействуют дискретные объекты называются приборами или серверами. Правила взаимодействия дискретных объектов с элементами системы называется дисциплиной обслуживания, которая включает в себя правила обработки заявки сервером, порядок поступления заявок в систему, порядок обслуживания, поступивших заявок, а также порядок выхода заявок из системы.

Обычно заявки поступают в систему случайно по какому-либо закону распределения. Каждый закон распределения – это некоторая функция, полностью описывающая случайную величину с вероятностной точки зрения. Получаемая случайная величина описывает время поступления следующей

заявки, то есть заявки поступают в систему через разные интервалы времени, описываемые законом распределения. Обслуживание сущностей так же происходит за различные интервалы времени, получаемые по закону распределения. Все это может привести к тому, что система окажется перегруженной, когда интервалы поступления заявок будут короче интервалов их обслуживания прибором. Либо наоборот система может простаивать, когда заявки будут обрабатываться прибором, за меньший интервал времени, чем их поступление.

Теория массового обслуживания представляет собой построение математических моделей, описывающих параметры работы СМО (количество элементов СМО, связь элементов между собой, их производительность, дисциплину обслуживания, характер потока заявок и т.п.) с показателями эффективности работы СМО, характеризующие ее способность справляться с потоком входящих заявок [11].

Как правило все системы массового обслуживания подразделяются на три класса:

- СМО с ожиданием (бесконечная очередь);
- СМО с накоплением конечной емкости (конечная очередь);
- СМО с потерями.

В СМО с ожиданием, поступающий поток заявок, при отсутствии свободного прибора, попадает в очередь бесконечной длины.

В СМО с накоплением конечной емкости, поступающий поток заявок, попадает в очередь, длина которой не может превышать емкость накопителя. Если при поступлении заявки, в очереди отсутствуют место для нее, то заявка теряется.

В СМО с потерями, если при поступлении заявки все обслуживающие приборы заняты, заявка покидает систему (теряется) и в дальнейшем не участвует в процессе моделирования.

Обработка всех заявок системами массового обслуживания осуществляется с помощью так называемой дисциплины обслуживания.

Дисциплина обслуживания – это алгоритм планирования обслуживания заявок в СМО, определяющий какая заявка будет находится на обслуживании прибором следующая. Примерами дисциплин обслуживания являются такие дисциплины обслуживания как:

- First-Come, First-Served (FCFS) – простейший алгоритм планирования, при котором следующая заявка на обслуживание берется из начала очереди, то есть заявка поступившая раньше, раньше попадет и на обслуживание прибором. Данный алгоритм легок в реализации, что является его преимуществом, но он также имеет много недостатков.

- Last-Come, First-Served (LCFS) – алгоритм планирования, при котором следующая на обработку прибором заявка берется из конца очереди, то есть заявка поступившая последней, будет обслужена первой.

- Round Robin (RR) – алгоритм, представляющий собой циклической планирование, который реализован в режиме вытесняющего планирования. Готовые к обслуживанию заявки, циклически вращаются на некой карусели так, что заявка находится на обслуживании прибором небольшой фиксированный квант времени.

Кроме того, выбор следующей заявки на обслуживание может осуществляться в соответствии с их приоритетами. Различают три вида приоритета [11]:

- относительный;
- абсолютный;
- динамический.

Заявки с абсолютным приоритетом, поступившие в систему, прерывают обработку прибором любой другой заявки с более низким приоритетом.

Заявки с относительным приоритетом, не могут прервать уже находящиеся на обслуживании заявки, но в случае конкурирования с другими заявками на обслуживание, будет иметь приоритет, то есть попадет на обслуживание раньше заявок, с более низким приоритетом.

Заявки с динамическим приоритетом имеют такой приоритет, который может изменяться в ходе процесса моделирования

2.2 Алгоритм распределения нагрузки Round Robin

Алгоритм распределения нагрузки Round Robin (RR) — это алгоритм планирования, распределяющий нагрузку вычислительной системы, путем упорядочивания процессов по круговому циклу. Алгоритм RR является одним из наиболее широко используемых алгоритмов планирования, разработанный специально для систем, использующих распределение времени.

При использовании данного алгоритма, заявки, направленные на выполнение, попадают в конец ограниченной очереди, если в ней имеется свободное место. Далее, первой на выход заявке выделяется небольшая единица времени, называемая квантом времени, и она отправляется на обработку прибором. Если по истечению кванта времени, заявка не была обработана до конца, обработка заявки прерывается, и она отправляется в конец циклической очереди. Если заявка обработана до завершения кванта, то она прерывает квант и освобождает прибор. В прибор поступает следующая заявка из циклической очереди. Обработанная заявка покидает систему, а на освободившееся место поступает новая заявка, если такова имеется [12].

Наиболее важной проблемой при использовании алгоритма RR, является определение величины времени кванта:

- слишком короткий квант создает частое переключение контекста и снижает производительность системы;
- слишком длинный квант, когда прибор успевает обслуживать заявку до прерывания по времени, алгоритм round-robin принимает все свойства алгоритма FCFS (First-Come, First-Served).

Фактически значение квантового параметра выбирается в диапазоне 10-100 миллисекунд [13].

Алгоритм Round-robin применяется для:

- распределения нагрузки между серверами;
- повышения отказоустойчивости;
- защиты от некоторых видов атак.

Основной задачей данного алгоритма является распределение времени обслуживания прибора среди готовых заявок таким образом, чтобы был достигнут хотя бы один из, перечисленных ниже, критериев: [13].

- увеличение нагрузки на обслуживающий прибор;
- уменьшение времени обработки заявки;
- увеличение пропускной способности СМО;
- уменьшение времени обработки заявки;
- увеличение использования других системных ресурсов.

Некоторые из вышеперечисленных критериев связаны друг с другом и изменение одного из них затронет другой критерий. Кроме того, эти изменения не всегда направлены в лучшую сторону. То есть, оптимизация одного из них, может привести к худшим значениям другого [14].

2.3 Обзор систем имитационного моделирования

Имитационное моделирование является одним из самых распространённых методов исследования операций и теории управления. Данный метод представляет собой подход, когда изучаемая модель, в силу каких-либо причин, заменяются на математическую модель, достаточно точно описывающую реальную систему, с целью дальнейшего проведения над ней экспериментов (имитацией) и получения информации об этой системе [15].

Моделирование включает в себя проектирование модели системы и проведение экспериментов над ней во времени. Модели позволяют увидеть, как будет работать реальная система при различных условиях для проверки различных гипотез.

Экспериментирование с моделью называется имитацией, что является постижением сути явления, без прибегания к экспериментам над реальным объектом.

Имитационное моделирование применяется когда:

- проведение экспериментов над реально существующей системой нецелесообразно, в связи с дороговизной;
- проведение экспериментов над реально существующей системой невозможно, в связи с какими-либо причинами, например, система только разрабатывается;
- построение аналитической модели невозможно, в связи с тем, что в системе используется время, причинные связи, последствия нелинейности, стохастические переменные.

Имитационное моделирование может быть использовано в таких областях как:

- бизнес-процессы;
- бизнес-симуляция;
- динамика населения;
- дорожное движение;
- ИТ-инфраструктура;
- логистика;
- управление проектами;
- информационная безопасность.

В текущем разделе рассматриваются системы имитационного моделирования.

2.3.1 GPSS World

GPSS — является универсальной системой моделирования общего назначения, которая предназначена для проведения имитационного

моделирования дискретных систем, где время моделирования изменяется дискретными шагами. Данная система, по мере поступления заявок в систему, отправляет их от одного элемента системы к другому.

В данной среде используется язык имитационного моделирования, собственной разработки, который основан на транзакционном методе организации.

Имитационная модель в среде GPSS описывается последовательностью текстовых строк, которые задают правила для транзактов.

Для построения математических моделей, используемых в дальнейшем для имитации, в GPSS используется стандартная библиотека, содержащая готовые элементы, такие как заявки, приборы, очереди и д.р.

Одним из главных недостатков данной среды является сложность представления процессов обработки данных на уровне алгоритмов используемого языка GPSS. Помимо этого, математическая модель не имеет графического представления, так как является программной, что усложняет процесс разработки модели и снижает ее понимание в целом [16].

2.3.2 Rockwell Arena

Программный продукт Rockwell Arena позволяет применять моделирующие конструкции, называемые модулями для построения математических моделей. Каждый модуль имеет свои соответствующие параметры и настройки. Модули реализованы в виде блоков, отображаемых в окне рабочей области. Данный продукт поддерживает язык Visual Basic for Applications (VBA) компании Microsoft, который дает возможность производить импорт данных из различных источников и экспорт данных в другие приложения.

Основными областями применения пакета Rockwell Arena являются:

- логистика и складское хозяйство;
- медицина;

- вооружение и безопасность;
- производство.

В Arena используется язык моделирования SIMAN, с помощью которого можно изменять блоки или создавать новые. Также пользователю предоставлен удобный графический интерфейс с набором шаблонов моделирующих конструкций.

Заявки в Arena обладают набором стандартных атрибутов, которые задаются с помощью конструкции Assign. Помимо стандартных атрибутов к заявкам так же можно задать и свои собственные атрибуты.

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 выполнить функционально-стоимостной анализ при использовании ABC-метода, благодаря чему можно учитывать дополнительные и обычные затраты, а также создавать временные отчеты [17].

2.3.3 ExtendSim

Программный продукт ExtendSim является графической средой моделирования, где различные схемы конфигурации строятся с помощью программных блоков, настройка или создание которых осуществляется на языке ModL.

Данный продукт поддерживает при создании моделей возможность реализации иерархии и наследования.

ExtendSim поддерживает такие методы моделирование как: дискретно-событийное, системная динамика и агентное моделирование.

Модели создаются путем перетаскивания блоков из библиотеки на рабочую область модели. Блоки соединятся между собой для создания логического потока модели.

Данные для модели хранятся в параметрах блоков и в собственной базе данных. Новые блоки могут быть созданы путем объединения существующих блоков в единый иерархический блок или путем программирования блока на языке ModL, основанном на языке C.

Программный продукт применяется для логистики пищевых продуктов; проектирования производственных объектов, коммуникационных системах.

2.3.4 MatLab

MatLab представляет собой интерактивную среду для программирования на высокоуровневом языке численных расчетов, а также визуализации результатов [12]. Данная среда позволяет разрабатывать алгоритмы, производить анализ данных, создавать модели и приложения. Стандартные математические функции, инструменты и язык MatLab позволяют применять различные методы и получать результат быстрее, чем использование традиционных языков программирования (Java, Pascal, C/C++) или электронных таблиц [19].

2.3.4.1 Библиотека Simulink

Библиотека Simulink интерактивной среды MatLab представляет собой среду с графическим интерфейсом для построения математических моделей для проведения моделирования. Построение математических моделей осуществляется с помощью стандартных блоков, которые также можно изменять или создавать новые, используя такие языки программирования как C, C++, Ada или Fortran.

Данная среда позволяет строить динамические модели, состоящие из непрерывных, дискретных и гибридных, разрывных и нелинейных систем. Simulink позволяет создавать дискретные модели с применением модельно-ориентированного принципа разработки.

Работа со средой не ограничивает пользователя работой только со встроенными блоками, так как в ней реализована возможность создания своего уникального блока.

Дополнительные пакеты библиотеки Simulink дают возможность для решения всех типов задач от разработки концепции модели до генерации кода, проверки, тестирования и аппаратной реализации. Интеграция среды в MatLab расширяет возможности разработчика за счет доступа ко всем встроенным математическим алгоритмам, средствам обработки данных и научной графике.

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

Для Simulink характерны следующие отличительные черты:

- возможность добавления собственных блоков;
- настройка параметров сложных моделей и навигация по ним;
- построение моделей в интерактивной графической среде;
- построение многоуровневых иерархических многокомпонентных моделей;
- отладка и анализ моделей с использованием встроенных средств;
- возможность интеграции готовых алгоритмов в модель, написанных на таких языках как C/C++, MatLab, Ada. А также взаимодействие с внешними программами для моделирования;
- наличие средств для решения дифференциальных уравнений для непрерывных, дискретных, линейных и нелинейных объектов;
- интерактивное визуализирование выходных данных;
- настройка и задание входных действий;

– полная интеграция со средой MatLab, включая численные методы, анализ данных, визуализацию и графические интерфейсы [19].

2.3.4.2 Описание компонентов библиотеки SimEvents

Event-Based Random Number – блок генерирует случайные числа на основе событий (рис. 2.1а).

Output Switch – блок принимает объекты и отправляет на выход на один из портов объекта. Выходной порт может изменяться во время моделирования. Прибывший объект в этот блок, покидает его через не заблокированный выходной порт (рис. 2.1б).

Input Switch – блок получает объекты ровно через один порт входной порт. Выбранный входной порт объекта может изменяться во время моделирования. Если выбран входной порт сущности, все остальные становятся недоступными.

Outport – представляет выходной порт для подсистемы или модели. Имеет параметры «выход при подключении» и «исходный выход», которые применимы только к условно исполняемым подсистемам. При отключении условно исполняемой подсистемы выход либо удерживается в последнем значении, либо устанавливается на «исходный выход».

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 хранится 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 (рис. 2.1в).

У блока имеются сигнальные порты, перечисленные ниже:

– #d – Количество объектов, которые покинули этот блок через порт OUT с момента моделирования;

- #n – Количество объектов, которые хранятся в очереди в данный момент;
- w – Среднее время ожидания объектов, независимо через какой порт они вышли;
- #to – Количество объектов покинувших блок при истечении времени ожидания.

Single Server – блок обслуживает одну сущность в течении определенного периода времени, а затем пытается вывести ее через порт OUT. Если порт OUT заблокирован, то объект остается в блоке до тех пор, пока порт не будет разблокирован. С помощью параметру, атрибута или сигнала можно указать время обслуживания сущности, т.е. продолжительность обслуживания (рис. 3.5г).

Опция Permit preemption based on attribute позволяет использовать приоритетное прерывание обслуживания. Если в данный момент блоком обслуживается заявка, то она немедленно покидает блок через порт P. Если в элементе отсутствует опция приоритетного прерывания обслуживания, то порт IN недоступен всякий раз, когда в блоке находится объект. Порт IN становится доступным только в момент освобождения блока.

Прибывающие объекты поступают в блок через входной порт IN. Входным сигнальным портом t задается время обслуживания в секундах для новых прибывших объектов, сигнал должен быть событийно-зависимым. Этот порт активирован в том случае, если выбрана опция Service time from to Signal port t.

Сигнальные выходные порты блока перечислены ниже:

- #d — Количество объектов, которые покинули блок через порт OUT с момента начала моделирования;
- #n — Количество объектов находящихся в блоке, содержит значение 0 или 1;
- #p – Количество объектов, которые были вытеснены с момента моделирования;

– Pe – Значение 1 показывает, что в блоке содержится один объект, который пытается покинуть блок. В этом случае объект будет находиться в режиме ожидания. Значение 0 указывает на то, что в блок не содержит ожидающих объектов;

– W – Среднее время ожидания для всех объектов в блоке, которые покинули его через порты OUT или TO. Время ожидания объекта может быть превышено вследствие блокирования порта OUT в момент завершения обработки;

– Util – Утилизация сервера, то есть доля времени моделирования, использованная на хранение объекта. При $T = 0$, использование равно 0 или 1 в зависимости от того, содержит ли сервер объект;

– #to – Количество объектов, которые покинули этот блок с начала моделирования.

Time-Based Entity Generator – блок генерирует сущности в моменты времени, определяемые входным сигналом или статистическим распределением (рис. 3.5д).

Параметром Generate entities upon задается порядок генерации объектов, значение которого можно выбрать из двух: Intergeneration time from dialog и Intergeneration time from port t.

Для блока характерно наличие следующих выходных сигнальных портов:

– w — Средний временной интервал между отправкой объектов в секундах для всех удачно отправленных объектов из этого блока. Сигнал имеет значение 0 перед отправкой следующего объекта;

– #d — Общее число объектов, которые покинули данный блок с момента начала моделирования;

– pe — Значение 1 соответствует тому, что блок содержит объект, находящийся в ожидании. Значение 0 соответствует тому, что блок не содержит каких-либо объектов в ожидании.

Entity Departure Counter – блок генерирующий управляющие сигналы для «Function-Call Subsystem» (рис. 3.5е).

Set Attribute – блок устанавливает значения атрибутов для каждой принимаемой сущности. Атрибут – это числовые данные, прикрепленные к сущности. Каждый атрибут имеет уникальное имя. Одна сущность может иметь до 32 атрибутов одновременно.

Get Attribute – блок считывает атрибут из сущности и формирует соответствующий сигнал (рис. 3.5з).

Start Timer – блок самостоятельно ассоциирует установленный таймер для каждой сущности 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 (рис. 3.5и).

Read Timer – блок позволяет получить статистические данные с установленного таймера, связанного с пребывающими сущностями. Этот блок считывает значение таймера, которые установлены в блоке «Start Timer», связанным с ранее пребывающей сущностью (рис. 3.5к).

Path Combiner – блок, позволяющий объединять, принятые со входного порта, объекты и выводить их через единый выходной порт.

Параметр входного порта указывает, каким образом блок определяет, какой входной порт объекта изменяется с заблокированного на разблокированный (рис. 3.5л).

Entity Sink – блок используется для прерывания пути заявки (рис. 3.5м):

- Если выбран Input port available for entity arrivals, то блок всегда принимает прибывшие объекты.

- Если не выбран Input port available for entity arrivals, то блок никогда не примет объекты. Процесс моделирования выдает сообщение об ошибке, если объект пытается зайти в блок.

Для приема сущностей имеется входной порт IN. Выходной сигнальный порт #a хранит количество объектов принятых в блок и обновляется всегда после поступления объекта в блок [20].

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

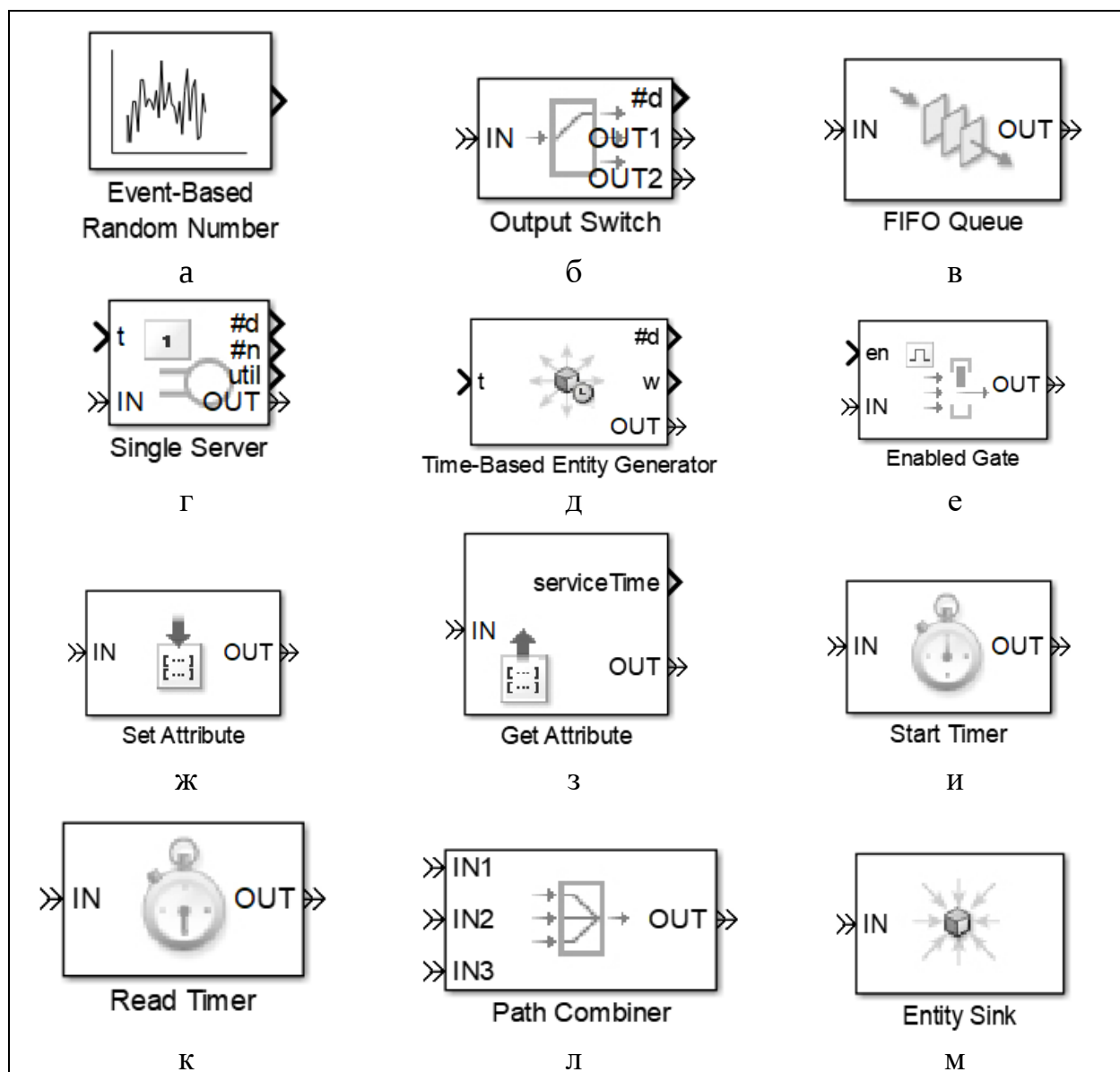


Рисунок 2.1 – Используемые компоненты библиотеки SimEvents

2.3.5 Statistica

Анализ полученных данных при имитационном моделировании производится при помощи программного продукта Statistica.

Программный продукт Statistica предназначен для статистического анализа. Представляет собой набор методов анализа данных, управления данными, визуализации данных и процедур анализа, а также различные методы прогнозирования, классификации и исследования. Дополнительные методы доступны благодаря интеграции со свободной, открытой исходной средой программирования R.

Statistica включает в себя аналитические и исследовательские графики, позволяющие выводить информацию в удобном представлении, которые можно настраивать.

Statistica поддерживает такие графики как:

- научные;
- деловые;
- трехмерные и двумерные в различных системах координат;
- специализированные статистические графики – гистограммы;
- матричные графики;
- категоризированные графики.

Работа программного обеспечения обычно включает в себя загрузку таблицы данных и применение статистических функций из выпадающих меню или (в версиях, начинающихся с 9.0) с ленточной планки. Затем в меню появляется запрос на включение переменных и тип требуемого анализа. Вводить командные подсказки необязательно. Каждый анализ может включать графический или табличный вывод и храниться в отдельной рабочей книге [21].

2.5 Сравнение систем имитационного моделирования

Для учета всех особенностей разработки имитационной модели и проведения над ней экспериментов в процессе анализа пакетов имитационного моделирования необходимо сравнить их качество по заданным критериям.

Для оценки качества данных систем были выбраны такие качества как: идеографический режим; работа с кодом; работа со структурой; процесс отладки; скорость работы; проведения экспериментов; построение отчетов. Все данные качества оцениваются в режиме разработки и в режиме проведения экспериментов (табл. 2.1)

Таблица 2.1 – Сравнение систем имитационного моделирования

Признаки качества	GPSS WORLD	Rockwell Arena	ExtendSim	Matlab+ Simulink+ SimEvents
Идеографический режим:				
в процессе разработки	0	2	1	2
в процессе экспериментов	0	2	1	2
Работа с кодом:				
в процессе разработки	2	1	1	1
в процессе экспериментов	2	1	1	1
Работа со структурой:				
с атрибутами и	2	2	2	2
переменными	1	1	1	2
с математическими	0	0	0	2
выражениями:				
с моделирующими				
конструкциями				

Процесс отладки:				
общие сведения о моделях	1	1	2	2
значения переменных	1	1	1	2
значения атрибутов объектов	1	2	1	2
местонахождение объектов	1	1	1	1
Скорость работы	2	1	1	1
Проведение экспериментов	2	1	2	2
Построение отчетов	1	1	1	2
Итого	16	17	16	24

По результатам сравнения имитационным систем моделирования, наиболее оптимальной по сравнению с другими системами является система Matlab с использованием библиотеки Simulink с ядром для дискретно-событийного моделирования SimEvents. В результате чего было принято решение использовать данную среду для дальнейшей разработки.

3 Расчеты и аналитика

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы магистра были разработаны концептуальные схемы СМО, реализующие различные законы управления. Разработанные модели схем систем массового обслуживания, будут описаны далее.

3.1 Структура схемы с алгоритмом планирования FCFS

Изначально для проведения дальнейших экспериментов и сравнительного анализа, была разработана концептуальная схема, реализующая простейший алгоритм First-Come, First-Served (FCFS).

Разработанная концептуальная схема, реализующая алгоритм планирования FCFS, представлена на рисунке 3.1.

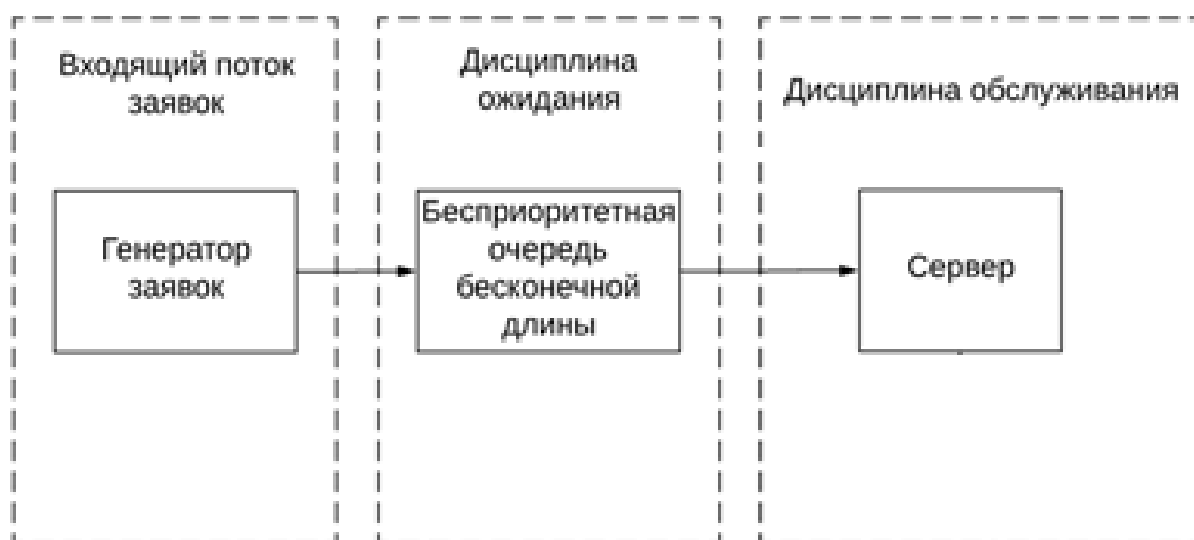


Рисунок 3.1 – Концептуальная схема СМО FCFS

Концептуальная схема СМО состоит из: генератора заявок, бесприоритетной очереди бесконечной длины, сервера (прибора).

Генератор заявок по закону случайного распределения создает заявки двух типов: длинные и короткие, которые различаются временем их обработки прибором. Генерация заявок происходит по экспоненциальному закону распределения. Время обработки коротких заявок задается по закону непрерывного равномерного распределения и составляет: 4-6 ед. системного

времени обработки для коротких заявок и 80-90 системного времени обработки для длинных заявок.

После того как были сгенерированы новые заявки, они попадают в конец беспriorитетной очереди бесконечной длины, где находятся до тех пор, пока они не окажутся в начале очереди и сервер не освободится. После освобождения сервера, заявки из бесконечной очереди, попадают на обработку в сервер, где находятся до тех пор, пока не обработаются. После того как заявка будет обработана, она покидает систему.

На основе концептуальной схемы, была построена схема СМО, реализующей алгоритм планирования FCFS, в среде MatLab с использованием библиотеки SimEvents (рис. 3.2).

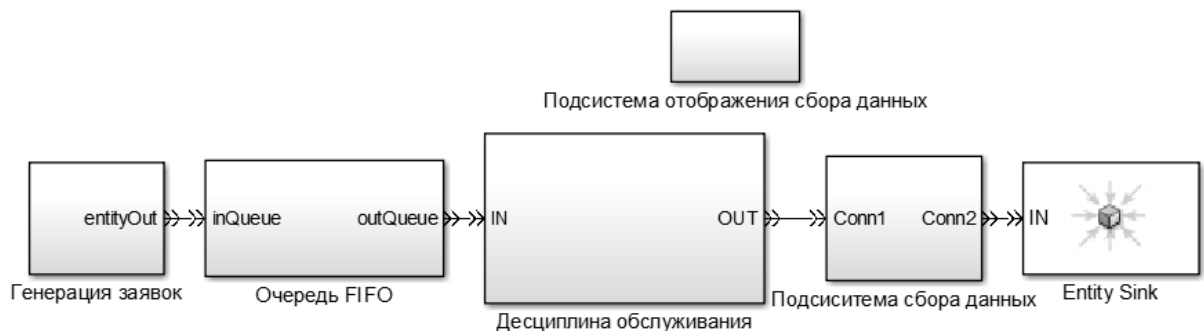


Рисунок 3.2 – Общая схема, реализующая алгоритм планирования FCFS

Подсистема «Входящий поток заявок» содержит два источника, генерирующих заявки по экспоненциальному закону распределения (прил. Б). Также в этой подсистеме находятся блоки «Set Attributes» устанавливающие заявкам атрибуты их типа, а также для каждого типа заявок, данные блоки устанавливают атрибуты времени обслуживания заявок, определенные блоками «Event-Based Random Number» по закону случайного распределения (Приложение Б).

Подсистема «Очередь FIFO» содержит блок «FIFO Queue» представляющий собой бесконечную беспriorитетную очередь.

Подсистема «Дисциплина обслуживания» содержит блок «Single Server», представляющий собой прибор, обрабатывающий заявки.

Подсистема сбора данных содержит блоки, собирающие статистические данные, необходимые для дальнейшего анализа.

Подсистема отображения данных содержит блоки выводящие данные работы СМО.

3.2 Структура схемы с алгоритмом планирования RR

После того как была разработана концептуальная схема, реализующая простейший алгоритм First-Come, First-Served (FCFS), а также была реализована в среде MatLab с использованием библиотеки Simulink+SimEvents, путем ее модификации была разработана концептуальная схема СМО, реализующая алгоритм планирования RoundRobin.

Концептуальная схема СМО, реализующей алгоритм планирования Round Robin, состоит из входящего потока заявок, дисциплины ожидания и дисциплины обслуживания (рис. 3.2).

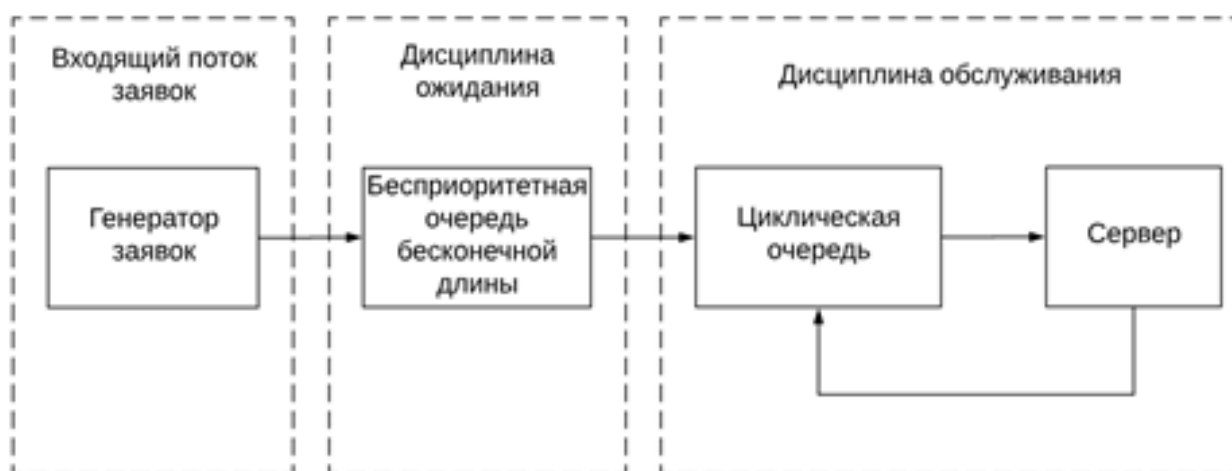


Рисунок 3.2 – Концептуальная схема СМО

Во входящем потоке генерируются заявки двух типов: короткие и длинные, различающиеся по системному времени обработки заявок прибором. Далее, сгенерированные заявки, попадают в бесприоритетную очередь бесконечной длины и сразу же покидают ее и уходят в циклическую очередь, если там имеется свободное место. При отсутствии свободных мест в циклической очереди, заявки занимают места в конце бесприоритетной очереди

бесконечной длины. Заявка покидает дисциплину ожидания и отправляется в дисциплину обслуживания, сразу же как только появляется свободное место в циклической очереди, которая находится в дисциплине обслуживания. Заявка попадает в циклическую очередь, в тот момент времени, когда освободившееся место в очереди будет находится рядом с прибором, таким образом, чтобы попавшая заявка в циклическую очередь, сразу же попала на обработку, тем самым уменьшается время обработки заявки. Если по истечению кванта времени, заявка не была обработана до конца, обработка заявки прерывается, и она отправляется в конец циклической очереди. Если заявка обработана до завершения кванта, то она прерывает квант и освобождает прибор. В прибор поступает следующая заявка из циклической очереди. Обработанная заявка покидает систему, а на освободившееся место поступает новая заявка, если такова имеется.

На основе концептуальной схемы, были построены схема СМО, реализующей алгоритм планирования FCFS, в среде MatLab с использованием библиотеки SimEvents. Разработанная математическая модель СМО, основанная на алгоритме планирования RR, работает в режиме деления ресурсов одного прибора между несколькими заявками, а в данном случае разделяется время обслуживания заявок прибором.

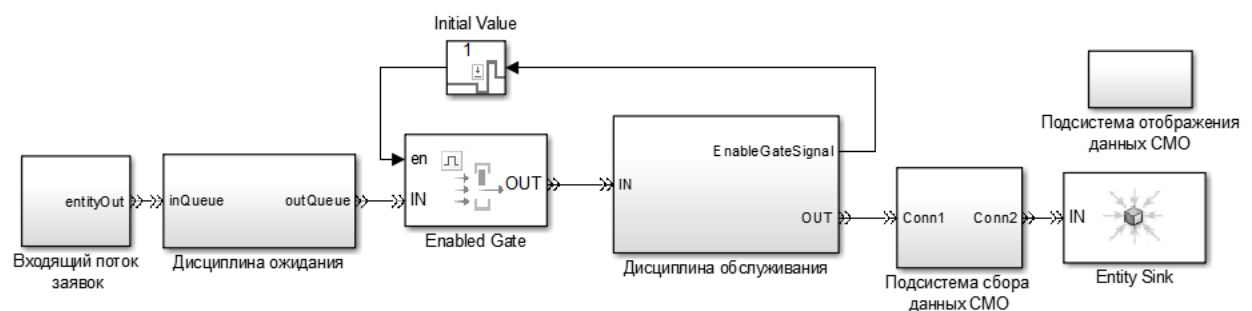


Рисунок 3.3 – Общая схема, реализующая алгоритм планирования RR

Подсистема «Входящий поток заявок» содержит два источника, генерирующих заявки по экспоненциальному закону распределения (прил. N). Также в этой подсистеме находятся блоки «Set Attributes» устанавливающие заявкам атрибуты их типа, а также для каждого типа заявок, данные блоки

устанавливают атрибуты времени обслуживания заявок, определенные блоками «Event-Based Random Number» по закону случайного распределения.

Подсистема «Дисциплина ожидания» содержит беспriorитетную очередь бесконечной длины.

Блок «Initial Value» отправляет значение «1» на блок «Enable Gate» тогда, когда в циклической очереди имеется свободное место, иначе отправляет значение равное «-1», означающее, что в циклической очереди не имеется свободных мест для новых заявок.

Блок «Enable Gate» пропускает одну новую заявку в циклическую очередь, находящуюся в блоке «Дисциплина обслуживания», только тогда, получает сигнал с блока «Initial Value», означающей, что в циклической очереди есть свободные места.

Подсистема «Дисциплина обслуживания» (Приложение В) содержит обслуживающий прибор, циклическую очередь, а также блоки для сбора статистики и блоки таймеров для каждого типа заявок, регистрирующие время нахождения каждой заявки на обслуживании в приборе, включая время нахождения в циклической очереди. Новая заявка пропускается на обслуживание только при наличии свободных мест в циклической очереди. Для каждой заявки прибор выделяет квант времени.

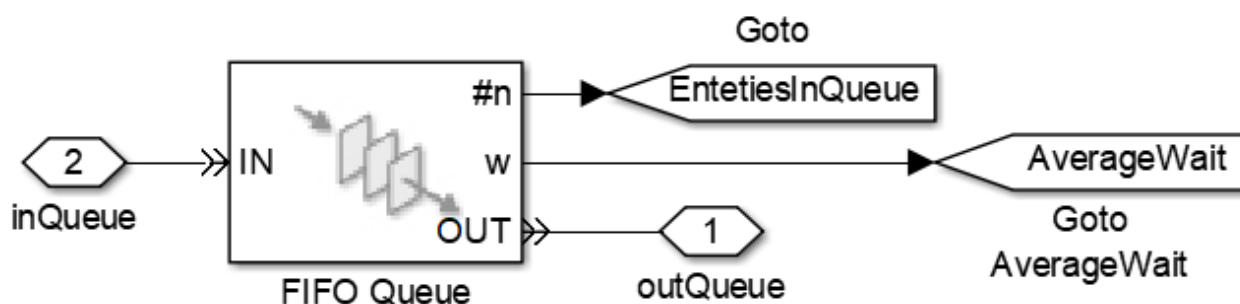


Рисунок 3.4 – подсистема «Дисциплина ожидания»

Подсистема «Сбор данных СМО» содержит блоки, собирающие различные статистические данные, для дальнейшего их анализа. В данном блоке находятся блоки таймеров для получения времени среднего времени нахождения

заявок в системе, а также блоки для получения данных по успешно завершенным заявкам.

Подсистема «Отображение данных СМО» содержит блоки выводющие характеристики работы, математической модели СМО, такие как количество поступивших заявок в систему каждого типа, количество обслуженных заявок каждого типа, среднее время обслуживания заявок каждого типа, среднее время нахождения заявок в системе каждого вида, среднее время ожидания обслуживания и другие.

3.3 Структура схемы с алгоритмом планирования RR с приоритетами у коротких заявок

Структура схемы модели СМО с алгоритмом планирования RR и с приоритетом у коротких заявок, в большей части аналогична структуре схемы модели СМО с алгоритмом планирования RR без приоритетов у коротких заявок, за исключением подсистемы «Дисциплина ожидания» (рис. 3.5)

Для реализации применения приоритетов коротким заявкам, была модифицирована подсистема «Дисциплина ожидания», путем изменения логики хранения в блоке заявок и их выпуска из блока. Была изменена организация очереди, таким образом, что заявки каждого типа попадают в свою очередь: короткие заявки попадают в очередь, только для коротких заявок, а длинные заявки попадают в очередь, только для длинных заявок.

Заявки, находящиеся в очереди для длинных заявок, могут покинуть очередь только в том случае, если в очередь для коротких заявок является пустой. Таким образом была реализована функция присваивания коротким заявкам приоритета.

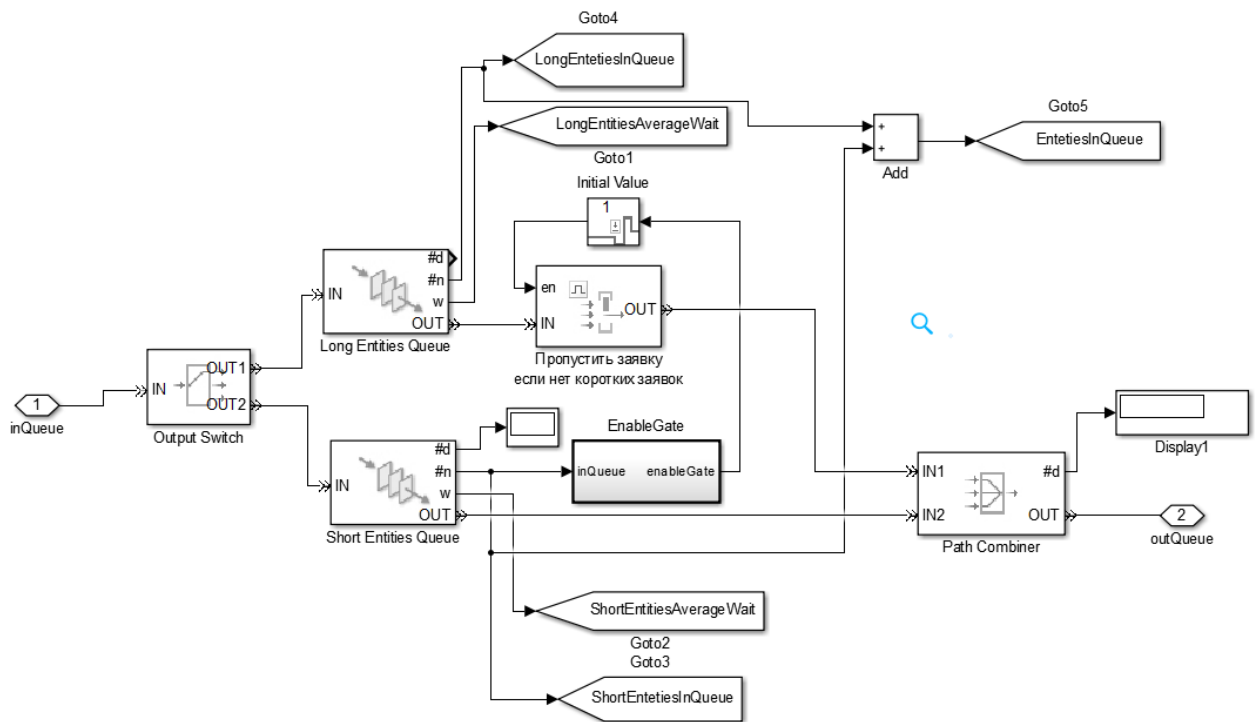


Рисунок 3.5 – Подсистема «Дисциплина ожидания» с приоритетом у коротких заявок

Подсистема содержит такие блоки как «Output Switch», разделяющий поток заявок на два: короткие заявки и длинные заявки. Два блока «FIFO Queue», представляющие собой бесконечные беспriorитетные очереди. Однако благодаря блоку «Enabled Gate», длинные заявки могут покинуть очередь, только в том случае, если очередь с короткими заявками является пустой, а также в циклической очереди имеются свободные места. Таким образом, достигается установка приоритета коротким заявкам.

3.4 Параметры СМО

СМО содержит два источника поступления заявок: заявки с быстрым временем обслуживания (короткие) и заявки с длительным временем обслуживания (длинные).

Поступления заявок распределено по экспоненциальному закону распределения $\text{Exp}(\lambda)$.

Для проведения всех экспериментов использовалась система с одним обслуживающим прибором. Обслуживающий прибор одновременно может обслуживать ровно одну заявку. Используемый в системе прибор является абсолютно надежным, то есть вероятность его поломки равна нулю.

Обслуживание заявок производится по экспоненциальному закону распределения.

Для заявок каждого типа установлены соответствующее среднее время обслуживания по закону непрерывного равномерного распределения $U(a, b)$:

- короткие заявки – $U(4; 6)$;
- длинные заявки – $U(80; 90)$.

4 Результаты проведенного исследования

4.1 Поступление заявок в систему

Во время проведения экспериментов СМО во всех опытах была перегружена, время моделирования составляло 5000 ед. В систему по экспоненциальному закону поступали заявки двух типов, обсуживающихся по равномерному закону: «длинные» $A - \Delta t = [80:90]$; «короткие» $B - \Delta t = [4:6]$.

Для проведения экспериментов было предложено 9 входных потоков, во всех входящих потоках имеются и короткие и длинные заявки. В первом входящем потоке содержится 90% коротких заявок и 10% длинных. Для каждого нового потока доля коротких заявок уменьшалась, а доля длинных заявок увеличивалась. Таким образом в девятом входящем потоке уже было около 10% коротких заявок и соответственно доля длинных заявок составляла около 90%. Данные о законах поступления заявок в систему массового обслуживания, о законах времени обслуживания в системе, также количество сгенерированных заявок каждого типа и процент заявок с коротким временем обработки представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристики проведенных экспериментов

№	Длинные заявки (L)	Короткие заявки (S)	t(L)	t(S)	N(L)	N(S)	N	%(S)
1	$\lambda(90)$	$\lambda(10)$	[80:90]	[4:6]	57	518	575	90,08696
2	$\lambda(80)$	$\lambda(20)$	[80:90]	[4:6]	66	265	331	80,06042
3	$\lambda(70)$	$\lambda(30)$	[80:90]	[4:6]	74	177	251	70,51793
4	$\lambda(60)$	$\lambda(40)$	[80:90]	[4:6]	83	134	217	61,75115
5	$\lambda(50)$	$\lambda(50)$	[80:90]	[4:6]	95	99	194	51,03093
6	$\lambda(40)$	$\lambda(60)$	[80:90]	[4:6]	117	83	200	41,5
7	$\lambda(30)$	$\lambda(70)$	[80:90]	[4:6]	167	76	243	31,27572
8	$\lambda(20)$	$\lambda(80)$	[80:90]	[4:6]	256	72	328	21,95122
9	$\lambda(10)$	$\lambda(90)$	[80:90]	[4:6]	496	66	562	11,74377

λ – обратный коэффициент масштаба; $t()$ – время обработки заявок; $N()$ – количество сгенерированных заявок; L – «длинные заявки»; S – «короткие» заявки; $\%(S)$ – процент коротких заявок, поступивших в систему.

4.2 Исследование характеристик системы в зависимости от выбора периода квантования

Наиболее важной проблемой при использовании алгоритма RR, является определение величины времени кванта. Величина этого параметра существенно влияет на значение времени ожидания, времени обработки и количества переключателей контекста. Каждое значение кванта приведет к определенной производительности и повлияет на эффективность алгоритма за счет изменения времени ожидания заявок. Если время квантования будет слишком большим, то прибор будет успевать обслужить каждую заявку за один раз, таким образом алгоритм Round Robin переродится в простейший алгоритм планирования FCFS.

Было проведено по 6 экспериментов для каждого входного потока многозадачной СМО (табл. 4.2). Периоды квантования были равны: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 единиц.

Результаты обработок заявок для многозадачной модели СМО приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Количество обработанных заявок

№	Обработано (L)						Обработано (S)						Обработано (S+L)					
	Квант времени (1-6)						Квант времени (1-6)						Квант времени (1-6)					
1	35	35	35	35	35	35	349	349	349	349	349	349	383	384	384	384	384	384
2	43	43	43	43	43	43	222	222	222	222	222	222	265	265	265	265	265	265
3	48	48	48	49	49	48	133	134	134	133	132	133	181	182	182	182	181	181
4	50	50	50	50	50	51	81	81	81	81	81	81	131	131	131	131	131	132
5	50	51	50	51	51	52	66	66	66	66	66	66	116	117	116	117	117	118
6	54	54	54	54	54	54	49	49	50	49	50	50	103	103	104	103	104	104
7	54	54	54	54	54	54	30	30	30	30	30	30	84	84	84	84	84	84
8	56	56	56	56	56	56	20	20	20	19	19	20	76	76	76	75	75	76
9	56	56	56	56	56	56	11	11	10	11	11	11	67	67	66	67	67	67

Как видно из таблицы, количество обработанных заявок как «длинных», так и «коротких» практически не изменяется от продолжительности кванта времени. Разница в 1 одну заявку объясняется тем, что в последний момент

времени заявка осталась в обслуживающем приборе, так как не успела дообслужиться. Однако данные, полученные при моделировании, будут не совсем точными по сравнению с реальной системой, поскольку в реальной системе при переключении контекста тратятся ресурсы системы и при слишком частом переключении контекста, производительность системы будет снижаться.

Временные характеристики, такие как среднее нахождение заявок в СМО, для многозадачной СМО при различных значениях кванта представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Среднее время нахождения заявок в СМО

№	Длинные (L)						Короткие (S)					
	Квант времени (1-6)						Квант времени (1-6)					
1	1139	1126	1124	1086	1096	1119	664,6	670,6	667,7	690,9	682,9	659,9
2	932,1	924,4	921,5	899,4	905,2	915,8	498,7	502,2	500,7	518,3	508,3	492,4
3	986,6	981,5	979,2	975,8	977,6	972,6	506,4	516,3	514,2	528,3	510,5	502
4	1155	1151	1150	1141	1142	1157	582,5	586,3	583,1	601,7	588,2	574,4
5	1341	1358	1336	1349	1349	1370	847,5	849,4	847	861,6	855,3	841,3
6	1638	1635	1633	1628	1629	1627	1133	1134	1163	1148	1171	1157
7	1866	1863	1861	1858	1857	1855	1283	1285	1283	1292	1289	1276
8	2177	2175	2173	2171	2170	2167	1485	1485	1485	1366	1359	1474
9	2434	2433	2430	2433	2428	2425	1714	1715	1711	1715	1714	1701

Из таблицы 4.3 видно, что с изменением величины времени квантования среднее время нахождения заявок в системе практически одинаково, то есть не зависит от кванта. Однако прослеживается зависимость от доли коротких заявок во входящем потоке, чем доля коротких заявок больше, тем меньше времени заявки проводят в системе.

Влияние интервала квантования на время обслуживания представлено в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Среднее время обслуживания заявок

№	Длинные (L)						Короткие (S)					
	Квант времени (1-6)						Квант времени (1-6)					
1	570	549,3	544,2	488,3	498,5	530,8	30,62	27,06	21,52	24,62	17,23	5,008
2	571,4	556	550,1	512	517,9	534,2	30,36	27,06	21,55	25,46	17,31	4,994

Продолжение таблицы 4.4

3	573,1	561,7	555,8	530,8	530,6	538,7	30,4	27,21	21,6	26,11	17,72	4,979
4	576,8	567,3	562	543,6	541,8	544,9	30,18	27,24	21,72	26,31	17,32	4,999
5	578,6	569,1	563,9	546,4	546,1	547,7	30,23	27,57	21,85	26,91	17,53	5,01
6	581,1	573,3	567,5	554,6	552,8	550,9	30,32	27,59	21,66	26,53	16,69	4,963
7	583,5	576,4	570,8	560	557,1	554,3	30,26	27,58	21,82	27,05	17,23	4,9666
8	586,2	579,7	573,9	565,9	562,6	557,8	29,51	26,79	21,34	26,49	14,94	4,857
9	588,9	582,8	577,3	582,8	566,2	561,1	28,79	25,59	20,44	25,59	15,78	4,885

Как видно из таблицы 4.4, влияние периода квантования на короткие заявки и длинные заявки различно:

- с увеличением кванта времени, время выполнения длинных заявок уменьшается, когда длинных заявок меньше, чем коротких.

- при увеличении доли длинных заявок во входящем потоке, среднее время обработки длинных заявок увеличивается;

- для коротких заявок время обслуживания практически не зависит от типа эксперимента, но уменьшается при увеличении кванта времени за счет сокращения количества циклов обслуживания;

- при времени квантования равным 6, короткая заявка обрабатывается за один цикл, однако, в отличие от FCFS в системе RR короткая заявка, поступившая позже, может быть обслужена раньше.

4.3 Результаты проведенного исследования для однозадачной СМО с алгоритмом планирования FCFS и многозадачной RR

Эксперименты проводились для однозадачной (FCFS) системы и многозадачной (RR) системы с периодом квантования равным шести.

В табл. 4.5 представлено количество обработанных заявок двумя системами, однозадачной СМО FCFS и многозадачной СМО RR.

Таблица 4.5 – Количество обработанных заявок

№	FCFS				RR (6 квант)			
	Обсл. (L)	Обсл. (S)	Обсл. (L+S)	(L+S)/N ×100%	Обсл. (L)	Обсл. (S)	Обсл. (L+S)	(L+S)/N ×100%
1	38	341	379	65,91	35	349	384	66,78
2	45	216	261	78,85	43	222	265	80,06
3	49	131	180	71,71	48	133	181	72,11
4	52	79	131	60,37	51	81	132	60,83
5	53	66	119	61,34	52	66	118	60,82
6	54	48	102	51	54	50	104	52
7	56	30	86	35,39	54	30	84	34,57
8	57	19	76	23,17	56	20	76	23,17
9	57	11	68	12,1	56	11	67	11,92

Временные характеристики, такие как среднее время нахождения заявки в СМО и среднее время обработки представлены в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Временные характеристики

№	Система FCFS				Система RR			
	Ср. время нахождения в системе		Ср. время обслуживания		Ср. время нахождения в системе		Ср. время обслуживания	
	L	S	L	S	L	S	L	S
1	868,6	786,7	85,45	5,01	1119	659,9	530,8	5
2	653,1	650,9	85,19	4,99	915,8	492,4	534,2	4,99
3	740,5	680,7	85,24	4,98	972,6	502	538,7	4,98
4	943,4	750,4	85,14	5,02	1157	574,4	544,9	4,99
5	1152	1057	85,14	5,01	1370	841,3	547,7	5,01
6	1399	1306	85,22	4,97	1627	1157	550,9	4,96
7	1691	1376	85,21	4,91	1855	1276	554,3	4,97
8	1954	1555	85,21	4,84	2167	1474	557,8	4,86
9	2254	1930	85,23	4,885	2425	1701	561,1	4,88

Сравнение двух дисциплин обслуживания (табл. 2, 3 и 4) показывает:

– В RR-системе количество обслуженных заявок больше, чем в однозадачной за счет коротких заявок, за исключением, когда длинных заявок существенно больше, чем коротких. Однако в этих случаях, меньшее количество обработанных заявок в системе, использующей алгоритм Round Robin, объясняется тем, что в циклической очереди, осталось пять недообслуженных заявок.

– Для алгоритма RR увеличивается время нахождения длинных заявок в системе, однако из-за параллельного выполнения нескольких заявок уменьшается среднее время нахождения в системе коротких заявок.

4.4 Результаты проведенного исследования для многозадачных СМО с алгоритмом планирования RR с приоритетом у коротких заявок и без приоритета

Для дальнейших экспериментов была изменена схема, таким образом, что все короткие заявки получают приоритет. Входящий поток заявок делится на две очереди: очередь с длинными заявками и очередь с короткими заявками. С длинной очереди заявки выходят, только если очередь с короткими заявками пустая.

Количество обработанных заявок в девяти экспериментах для многозадачных систем без приоритетов у заявок и с приоритетами у коротких заявок с временем квантования равным 1, представлено в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Количество обработанных заявок

№	СМО RR без приоритета у заявок			СМО RR с приоритетами у коротких заявок		
	Обр-но N(L)	Обр-но N(S)	Обр-но N(L+S)	Обр-но N(L)	Обр-но N(S)	Обр-но N(L+S)
1	35	349	384	28	493	521
2	43	222	265	42	262	304
3	48	133	181	48	175	223

№	СМО RR без приоритета у заявок			СМО RR с приоритетами у коротких заявок		
	Обр-но N(L)	Обр-но N(S)	Обр-но N(L+S)	Обр-но N(L)	Обр-но N(S)	Обр-но N(L+S)
4	51	131	182	48	125	173
5	50	81	131	48	95	143
6	50	66	116	48	78	126
7	54	49	103	48	73	121
8	54	30	84	54	72	126
9	56	20	76	49	61	110

Как видно из таблицы система с приоритетами у коротких заявок значительно превосходит систему без приоритетов, как и по количеству обработанных коротких заявок, так и по общему количеству обработанных заявок.

В таблице 4.8 приведены временные характеристики среднего нахождения заявок для многозадачных систем без приоритетов у заявок и с приоритетами у коротких заявок

Таблица 4.8 – Среднее время нахождения заявок в системе

№	СМО RR без приоритета у заявок		СМО RR с приоритетами у коротких заявок	
	Long	Short	Long	Short
1	1139	664,6	1262	214,2
2	932,1	498,7	1032	134,4
3	986,6	506,4	1058	158,7
4	1155	582,5	1187	153,5
5	1341	847,5	1378	124,5
6	1638	1133	1580	208,6
7	1866	1283	1796	222,3

8	2177	1485	2333	164,9
9	2243	1714	2275	316,5

Как видно из таблицы СМО без приоритетов во всем параметрам хуже СМО с приоритетами. Уменьшение времени нахождения длинных заявок объясняется тем, что на карусели находятся в основном короткие заявки, которые в отличии от длинных заявок, обрабатываются за гораздо меньшее число циклов и тем самым быстрее освобождая прибор.

Таблица 4.9 – Среднее время ожидания обработки

№	СМО RR без приоритета у заявок		СМО RR с приоритетами у коротких заявок	
	Long	Short	Long	Short
1	664,2	634,4	912,8	179,7
2	403,4	465,6	521,3	99,6
3	481,9	477,1	572,5	123,6
4	664,3	561,1	729,5	118,9
5	899,3	812,5	942,7	89,46
6	1204	1130	1172	173,7
7	1481	1248	1422	187,1
8	1882	1451	1895	129,3
9	2108	1681	1965	282,6

Как видно из таблицы, во всех случаях среднее время ожидания коротких заявок в СМО с приоритетами меньше, чем в СМО без приоритетов, а также и среднее время ожидания обработки длинных заявок меньше, если их доля превышает 50%.

Это отражает такой параметр как время отклика. В некоторых системах это является важным параметром, который должен 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.

4.5 Обработка результатов в пакете Statistica

В ходе исследования двух разработанных моделей СМО, реализующих алгоритмы планирования First-Come, First-Served (FCFS) и Round Robin (RR) было выявлено, что количество обработанных заявок в двух системах приблизительно равно. Поэтому было решено провести статистический анализ времени обработки заявок прибором. Выдвинем гипотезу, что дисперсия обработки заявок в системе, использующей алгоритм FCFS, будет выше, чем в системе использующей, алгоритм Round Robin.

На рисунке 4.1-4.2 приведены гистограммы распределения времени завершения обработки процессов для беспriorитетной циклической системы обслуживания и для линейной.

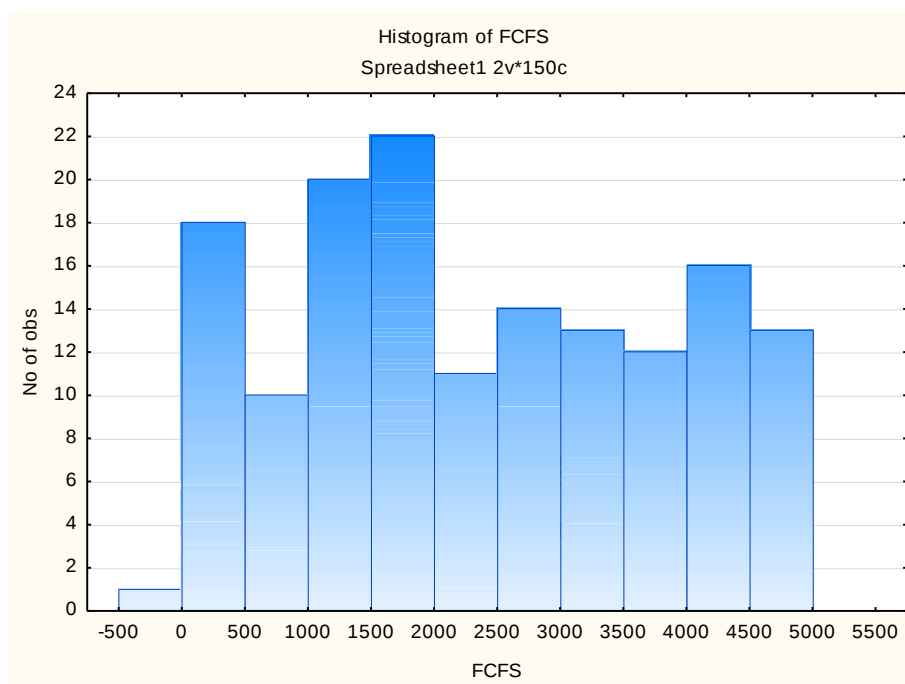


Рисунок 4.1 – Гистограмма распределения времени завершения обработки процессов для беспriorитетной линейной СМО

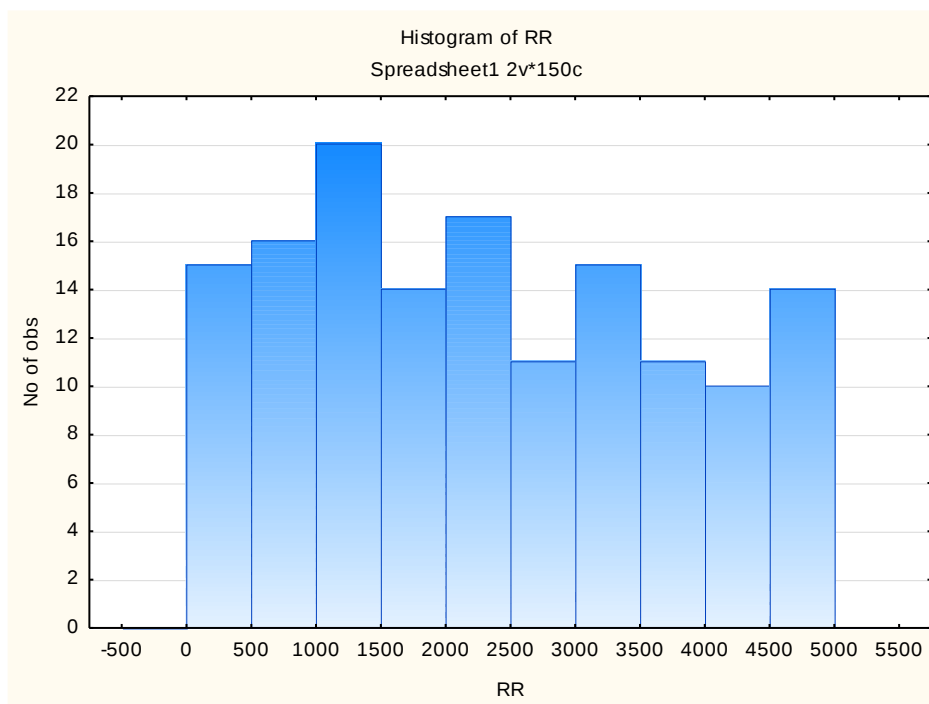


Рисунок 4.2 – Гистограмма распределения времени завершения обработки процессов для бесприоритетной линейной СМО

Исходя из рисунков 4.1-4.2, гистограммы, полученные в ходе опытов, соответствуют нормальному распределению. Визуально дисперсии равны, но для того, чтобы окончательно убедиться в этом, проведем проверку с помощью 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 (var 1) и для линейной СМО (var 2).

T-test for Independent Samples (Spreadsheet1)											
Note: Variables were treated as independent samples											
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
RR vs. FCFS	2329,590	2358,892	-0,174389	291	0,861681	143	150	1414,507	1459,408	1,064494	0,707859

Рисунок 4.2 – Результаты сравнения выборочных средних и 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.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ71	Юрченко Виктор Юрьевич

Институт		Кафедра	
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и техника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 26300 руб. Оклад студента - 14874,45 руб. Стоимость материальных ресурсов определяется на основе открытых прайсов.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	–
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Предпроектный анализ	Определение потенциальных потребителей, анализ конкурентных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также оценка коммерциализации.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цели и ожидаемые результаты исследования. Трудозатраты и основные функции исполнителей проекта.
3. Планирование научно-исследовательских работ	Составление перечня этапов и работ, составление расчета по отдельным статьям затрат на необходимы ресурсы.
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя эффективности НИР, за счёт определения финансовой и ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. 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	01.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Сосковец Любовь Ивановна	д.и.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Юрченко Виктор Юрьевич		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ рынка

Моделирование применяется для решения задач различного спектра в таких областях, как бизнес, строительство, машиностроение, информационные и системные технологии, производство, добыча природных ресурсов, военная отрасль, научные исследования и т.д.

Данная выпускная квалификационная работа магистра направлена на разработку и исследование модели СМО с различными законами управления с целью выявления преимуществ и недостатков различных законов управления дисциплин обслуживания при разных изначальных условиях.

Разработка и исследование модели СМО в дальнейшем позволит применять полученные параметры системы для исследования и анализа алгоритмов решения конкретно поставленных задач. Таковыми могут быть задачи по оптимизации систем управления, энергосбережения, эффективного использования ресурсов при проектировании сетей передачи информации.

Таким образом, основными потребителями представляемого продукта могут быть ИТ-компании и компании по разработке программного обеспечения.

Согласно исследованиям консалтинговой компании «J'son & Partners Consulting», доля ИТ-услуг в общем объеме российского рынка составляет 20.7%. За последние годы наша страна быстрыми темпами набирает обороты в данной индустрии. По рейтингам Всемирного экономического форума о развитии информационных технологий РФ в 2010 году занимала 80 место, в 2015 же году поднялась на 41 строчку рейтинга. Лидирующие позиции в этой области занимают Сингапур, Финляндия, Швеция, Голландия, Норвегия, Швейцария, США, Великобритания, Люксембург, Япония.

Информационные технологии стремительно развиваются, возрастает количество задач решаемых с помощью ПК, мобильных устройств, а также

электронных систем управления, следовательно, растет потребность в грамотном автоматизированном управлении выполнения этих задач и данный сектор имеет огромный потенциал развития.

ИТ-отрасль подразделяется на несколько сегментов:

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

Данное исследование относится к сегменту разработки программного обеспечения, так как позволяет исследовать и анализировать алгоритмы обслуживания задач.

Таким образом, портрет будущего потребителя такой: ИТ-компания ведущих стран этой индустрии, сегмент – разработка программного обеспечения для мобильных устройств, персональных компьютеров, а также автоматизированных систем управления.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Подобный анализ позволяет оценить разработку со стороны ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В качестве конкурентной разработки выбрана схожая модель СМО, на базе которой построена рассматриваемая система. С помощью данного анализа появляется возможность оценить преимущества и недостатки обеих моделей.

Кроме того, для сравнения выбрана модель, находящаяся в свободном доступе на просторах сети «Интернет».

В качестве основных конкурентных технических решений были выбраны следующие модели:

- модель СМО, используемая в роли базовой;
- модель СМО «N».

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.1, подбирались, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы		Конкуренто-способность	
		Б ₁	Б ₂	К ₁	К ₂
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Сложность структуры	0.1	3	4	0.3	0.4
2. Функциональная мощность	0.2	4	5	0.8	1.0
3. Кроссплатформенность	0.1	4	4	0.4	0.4

Продолжение таблицы 5.1

4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3

Продолжение таблицы 5.1

13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	45	47

Необходимо проанализировать позицию данной разработки по сравнению с конкурентами. Сравнение разрабатываемого проекта с конкурентами представлено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Анализ технических решений текущего проекта

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

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

ситуации. Кроме того, наличие подсистем для изучения многих числовых характеристик и анализ полученных данных также дает преимущество этой разработке. Конкурентными преимуществами работы могут стать:

- широкий функционал;
- подробный анализ.

5.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка, следует оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). По нашему проекту такая оценка представлена в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3

Продолжение таблицы 5.3

7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	5
ИТОГО БАЛЛОВ		45	47

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставилась оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 – означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме

теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (5.2)$$

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

Таким образом, в ходе анализа получены сведения, подтверждающие, что разработка данного проекта достаточно перспективна (перспективность разработки выше среднего), и, стало быть, исследование следует продолжать. Для получения большей результативности необходимо привлечение специалистов и экспертов.

5.1.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ - это очень распространенный метод, который оценивает в совокупности внешние и внутренние факторы, которые влияют на развитие компании (в нашем случае, на разработку). Данный метод представляет собой анализ слабых и сильных сторон проекта, а также угроз со стороны внешней окружающей среды и возможностей. Слабые и сильные стороны относятся к внутреннему состоянию компании, а угрозы и возможности к внешнему окружению компании

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

Таблица 5.4 – Матрица SWOT первого этапа

	Сильные стороны проекта: С1: Квалифицированный разработчик. С2: Наличие подсистем, которых нет у аналогов. С3: Возможность задавать любые собственные условия. С4: Ясность и доступность для специалистов данного профиля. С5: Актуальность. С6: Возможность доработки. С7: Модификация существующей системы.	Слабые стороны проекта: Сл1: Отсутствие финансирования. Сл2: Работа только при наличии специального ПО. Сл3: Отсутствие большой команды по осуществлению проекта. Сл4: Сложность структуры. Сл5: Отсутствие аналогов в общем доступе.
Возможности: В1: Выход на более крупный рынок. В2: Масштабируемость и возможность расширения функционала В3: Создание команды, состоящей из опытных кадров. В4: Разработка уникального метода, решающего все проблемы существующих технологий. В5: Внедрение в сложную систему (применение на практике).		

Угрозы: У1: Рост сложности проекта. У2: Появление достойных конкурентов. У3: Рост расходов. У4: Задержка выхода продукта на рынок. У5: Появление радикально новых технологий, исключающих применение разработки		
---	--	--

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

На данном этапе была построена интерактивная матрица проекта, которая помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечался либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-» (табл. 5.5-5.6).

Таблица 5.5 – Сильные стороны и возможности\угрозы.

Сильные стороны проекта								
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	B1	+	+	+	+	0	+	+
	B2	+	+	0	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+	+	+
	B4	-	-	+	+	+	+	-
	B5	+	+	+	0	0	+	+
Угрозы	У1	+	+	+	-	+	+	+
	У2	+	+	0	+	+	-	-
	У3	0	-	-	-	-	+	+
	У4	+	-	-	-	-	+	+
	У5	-	-	-	-	+	0	-

Таблица 5.6 – Слабые стороны и возможности\угрозы.

Слабые стороны проекта						
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	+	+	-
	У2	-	+	0	+	-
	У3	-	+	-	+	0
	У4	-	0	-	+	0
	У5	-	+	-	0	-
Возможности	В1	-	+	-	+	-
	В2	0	0	0	0	-
	В3	-	0	-	+	0
	В4	+	0	+	+	+
	В5	0	0	0	0	0

Третий этап. На третьем этапе была составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл. 5.7).

Таблица 5.7 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Возможности:	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1С2С3С4С6С7; В2С1(С4-С7); В3(С1-С7); В4(С3-С6); В5(С1-С3)С6С7.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В1Сл2Сл4; В3Сл4; В4Сл1Сл3Сл4Сл5;
Угрозы:	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У1С1С2С3С5С6С7; У2С1С2С4С5; У3С6С7; У4С1С6С7; У5С5.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: У1(Сл2-Сл4); У2Сл2Сл4; У3Сл2Сл4; У4Сл4; У5Сл2.

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

5.1.5 Диаграмма FAST

FAST-анализ является синонимом функционально-стоимостного анализа.

Данный метод предполагает шесть стадий:

1. Выбор объекта FAST;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Покажем, как нами выполнялся FAST-анализ

Стадия 1. Выбор объекта FAST. В рамках магистерской работы в качестве объекта FAST-анализа выступает объект исследования.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

На данной стадии был выполнен анализ объекта с позиции функционального устройства. Так, на данной стадии были выделены и описаны следующие функции объекта, которые представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименования детали (узла, процесса)	Количес тво деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Глав.	Осн.	Вспомо г.
Циклическая очередь	1	Хранит заявки, находящиеся на обслуживании в данный момент	х		
Система «Генерация заявок»	1	Генерирует заявки двух типов на обслуживание (короткие и длинные)			х

Бесприоритетная очередь бесконечной длины	1	Хранит заявки до начала обслуживания		x	
Обслуживающий прибор	1	Обрабатывает заявки		x	
Подсистема расчетов	1	Рассчитывает числовые характеристики			x

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для того, чтобы оценить значимость функций, был применен метод расстановки приоритетов. Основа данного метода – расчетно-экспертное определение значимости каждой функции. На первом этапе была построена матрица смежности функций (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Матрица смежности функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5
Функция 1	=	>	>	>	>
Функция 2	<	=	<	=	=
Функция 3	<	>	=	>	>
Функция 4	<	<	<	=	=
Функция 5	<	<	<	=	=

* «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Преобразование матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций представлено в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Итого
Функция 1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	7
Функция 2	0.5	1	0.5	1	1	4
Функция 3	0.5	1.5	1	1.5	1.5	6
Функция 4	0.5	0.5	0.5	1	1	3.5
Функция 5	0.5	0.5	0.5	1	1	3.5
Итого						24

В рамках третьего этапа осуществлялось определение значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям, получаем значимость функций:

- Функция 1 = $7/24 = 0.29$;
- Функция 2 = $4/24 = 0.16$;
- Функция 3 = $6.5/24 = 0.27$;
- Функция 4 = $3.5/24 = 0.14$;
- Функция 5 = $3.5/24 = 0.14$.

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

На данной стадии производилась оценка уровня затрат на выполнение каждой функции. Осуществить это можно было при помощи нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименования детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Себестоимость.
Циклическая очередь	—	Хранит заявки, находящиеся на обслуживании в данный момент	0.4
Система «Генерация заявок»	—	Генерирует заявки двух типов на обслуживание (короткие и длинные)	0.2
Бесприоритетная очередь бесконечной длины	—	Хранит заявки до начала обслуживания	0.2
Обслуживающий прибор	—	Обрабатывает заявки	0.1
Подсистема расчетов	—	Рассчитывает числовые характеристики	0.1

В работе основной статьей расходов является заработная плата разработчиков, в проекте не принимали участие сторонние исполнители, поэтому для расчета относительной стоимости функций принимались в расчет только трудозатраты на разработку этих функций. Полученные данные перечислены в таблице 5.11.

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ. На этой стадии необходимо было обобщить полученные данные в виде функционально-стоимостной диаграммы (Рисунок 5.1).

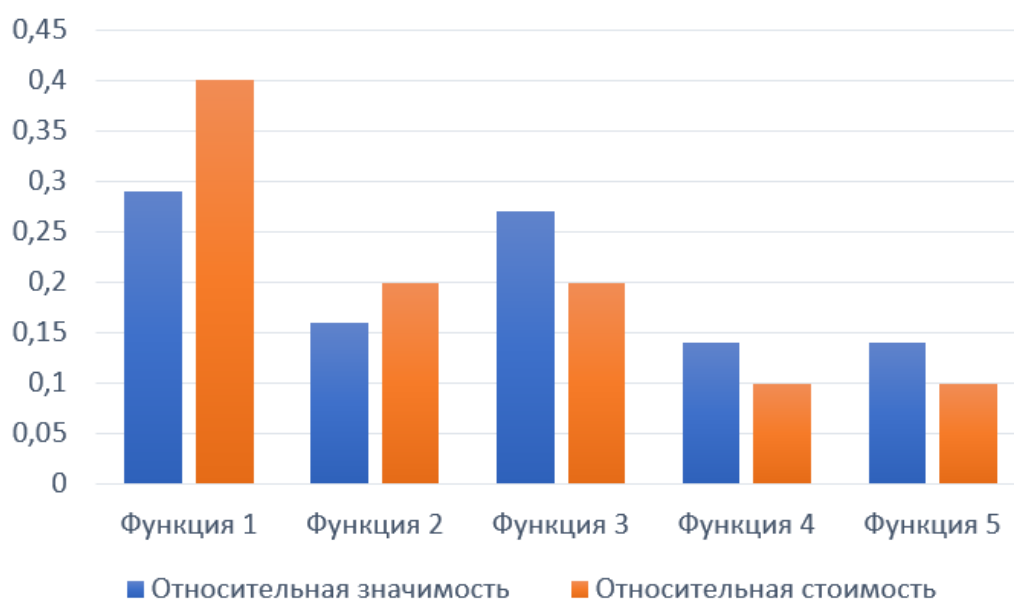


Рисунок 5.1 – Функционально-стоимостная диаграмма

Полученная диаграмма указывает на несоответствие стоимости некоторых функций и их значимости. Такая диспропорция объясняется тем, что, несмотря на важность 3-ей функции, ее реализация достаточно проста по сравнению с другими функциями. Что касается 4 и 5 функций, то ситуация аналогична, сложность работ по сравнению с основными функциями меньше, но в то же время отсутствие данных подсистем невозможно в силу их необходимости.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В силу того, что выполнение проекта не требовало никаких финансовых затрат, их снижение не представляется возможным. Кроме того, дальнейшее развитие данного проекта предполагает привлечение новых специалистов и

увеличение сложности проекта. Таким образом, в проекте отсутствуют какие-либо лишние функции, которые требуют дополнительных затрат.

5.2. Инициация проекта

5.2.1 Устав проекта

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

Устав научного проекта должен иметь следующую структуру:

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

Таблица 5.12 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Разработка и исследование имитационной модели СМО с различными законами управления.
Ожидаемые результаты проекта	Модель системы массового обслуживания с различными законами управления.
Критерии приемки результата проекта	Надежность, точность получаемых результатов, функциональность.
Требования к результату проекта	Основным требованием к модели является реализация приоритетной дисциплины обслуживания заявок, а также реализация циклической очереди обслуживания

5.2.2 Ограничения и допущения проекта

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

Таблица 5.13 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	Согласно расчетам, бюджет проекта составляет около 250 тыс. р.
Источники финансирования	Краудфандинговые платформы, собственные средства
Сроки проекта	3 месяца
Дата утверждения плана управления проектом	Март 2018г
Дата завершения проекта	1 июня 2018г
Прочие ограничения и допущения	Отсутствие финансирования на начальном этапе

5.2.3 Организация и планирование работ

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

Этот этап служил для составления списка проводимых работ, определения исполнителей для данных работ, а также определения продолжительности работ по времени. 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 5.14

НР – научный руководитель, И – исполнитель.

Таблица 5.14 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузки исполнителей
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
2. Составление и утверждение технического задания	НР, И	НР – 90% И – 10%
3. Подбор и изучение теоретического материала по тематике	НР, И	НР – 10% И – 90%
4. Разработка календарного плана	НР, И	НР – 80% И – 20%
5. Обсуждение решений и доработок	НР, И	НР – 50% И – 50%
6. Реализация	НР, И	И – 100%
7. Анализ результатов	НР, И	НР – 50% И – 50%
8. Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
9. Подведение итогов	НР, И	НР – 50% И – 50%

5.2.4 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может быть осуществлен двумя способами: технико-экономическим или опытно-статическим. В данном случае выбран был опытно-статический метод, который реализуется при помощи следующих способов: аналоговый или вероятностный.

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

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (5.3)$$

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

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

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

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (5.4)$$

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

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

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

Расчет продолжительности в календарных днях рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (5.5)$$

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

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

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле (5):

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (5.6)$$

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

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 365$),

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

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

Таблица 5.15 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этапы	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
					T_{PD}		T_{KD}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{OЖ}$	НР	И	НР	И
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2.00	4.00	2.80	3.36	0.00	4.09	0.00
2. Составление и утверждение технического задания	НР, С	2.00	3.00	2.4	2.59	0.29	3.16	0.35
3. Подбор и изучение теоретического материала	НР, И	7.00	10.00	8.20	0.98	8.86	1.20	10.80
4. Разработка календарного плана	НР, И	2.00	3.00	2.40	2.30	0.58	2.8	0.71
5. Обсуждение решений и доработок	НР, И	5.00	7.00	5.80	3.48	3.48	4.25	4.24
6. Реализация	НР, И	30.00	40.00	34.00	0.00	40.8	0.00	49.78
7. Обсуждение результатов	НР, И	7.00	10.00	8.20	4.92	4.92	6.00	6.00

Продолжение таблицы 5.15

8. Оформление пояснительной записки	И	5.00	7.00	5.80	0.00	6.96	0.00	8.49
9. Подведение итогов	НР, И	3.00	5.00	3.80	2.28	2.28	2.78	2.78
10. Итого:		63.0 0	89.0 0	73.4 0	19.9 1	68,1 7	24,28	83,15

Полученные значения этапов трудоемкости по исполнителям $T_{\text{КД}}$ позволили построить линейный график осуществления данного проекта (рисунок 5.2).

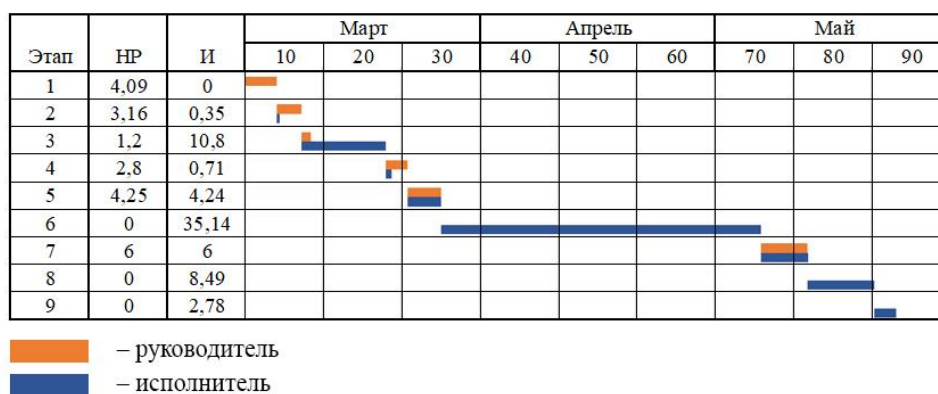


Рисунок 5.2 – График проведения работ

5.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

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

- Заработная плата;
- Материалы и покупные изделия;
- Налог на социальное страхование;
- Расходы на электроэнергию (без освещения);
- Отчисления за амортизацию;

- Оплата услуг связи;
- Арендная плата за используемое имущество;
- Прочие услуги (от сторонних организаций);
- Прочие, накладные расходы.

5.3.1 Расчет затрат на материалы

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

5.3.2 Расчет заработной платы

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

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{D_{\text{раб}}} \quad (5.7)$$

где $МО$ – месячный оклад,

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

В таблице 5.16 приведен расчет затрат на полную заработную плату. При данном расчете учитывается, что рабочих дней в году – 299, при 6-дневной рабочей неделе, в месяце всего 24,92 рабочих дня. Затраты на выполнение данной работы по каждому исполнителю берутся из таблицы по трудозатратам.

Чтобы рассчитать в составе заработной платы таких пунктов как премия, дополнительная дополнительная зарплаты и районной надбавки, используются следующие коэффициенты: $K_{\text{пр}} = 1,1$, коэффициент дополнительной заработной платы $K_{\text{доп}} = 1,188$ для шестидневной ($K_{\text{ДОП}} = 1,113$) рабочей недели и районный коэффициент $K_{\text{РК}} = 1,3$. Формула расчета:

$$K = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{РК}} \cdot K_{\text{доп}}. \quad (5.8)$$

Таблица 5.16 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	К	Фонд з/платы, руб.
НР	26300	1055,38	20	1,699	35861,81
С	14874,45	596,89	68	1,59	64535,75
Итого:					100397,56

5.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Данная статья расходов отвечает за отчисления по единому социальному налогу (ЕСН), который включает в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование.

Отчисления рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{соц}} = K_{\text{соц}} \cdot C_{\text{осн}}, \quad (5.9)$$

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

Далее вычислим социальные отчисления для полученных данных:

$$C_{\text{соц}} = 0,30 \cdot 100397,56 = 30119,27 \text{ руб}$$

5.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

В этот вид расходов включается электроэнергия, потраченная на работу используемого для проекта оборудования, расчет производится по формуле:

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

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

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

$\Pi_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт*час.

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

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

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

Мощность определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} \cdot K_C, \quad (5.11)$$

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

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

Для $\Pi_э = 5,8$ руб./кВт*час (с НДС) заполним таблицу 5.17.

Таблица 5.17 – затраты на электроэнергию.

Наименование оборудования	Время работы оборудования, $t_{об} = T_{пД} \cdot K_t$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{об}$, руб.
ПК	68,17*8*0,7	0,3	664,25
Итого:			664,25

5.3.5 Расчет амортизированных расходов

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

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot \Pi_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (5.12)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

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

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, данная величина берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году;

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

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

$$C_{AM} = \frac{0,4 * 55000 * 381,75 * 1}{299 * 8} = 3511,08 \text{ р.}$$

5.3.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

В ходе выполнения проекта не было совершено никаких командировок, не были привлечены сторонние организации, не арендовались никакие помещения, следовательно, данную статью расходов можно приравнять к нулю.

$$C_{НП} = 0 \text{ руб.}$$

5.3.7 Расчет прочих расходов

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

$$C_{пр} = (C_{mat} + C_{зн} + C_{соц} + C_{эл.об} + C_{ам} + C_{нп}) \cdot 0,1 \quad (5.13)$$

Для данного проекта:

$$C_{пр} = (3511,08 + 664,25 + 30119,27 + 100397,56) * 0,1 = 13469,22 \text{ руб}$$

5.3.8 Расчет общей себестоимости разработки

Определим общую себестоимость, объединив все затраты в таблицу 5.18.

Таблица 5.18 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	0
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	100397,56
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	30119,27
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	664,25
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3511,08
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	13469,22
Итого:		148161,38

Таким образом, затраты на разработку проекта составили $C = 148161,38$ руб.

5.3.9 Расчет прибыли

Прибыль должна составлять 20% от расходов на разработку. Поэтому, прибыль получается равной $148161,38 * 0,2 = 29632,28$ руб.

5.3.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку, а также полученной прибыли. Таким образом, НДС составляет $(148161,38 + 29632,28) * 0,20 = 35558,73$ руб.

5.3.11 Цена разработки

Данный показатель равен сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.
Следовательно $C_{\text{НИР(КР)}} 148161,38 + 29632,28 + 35558,73 = 213352,39$ руб.

5.4 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

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

Формула интегрального финансового показателя разработки:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.14)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Так как данная разработка имеет одно исполнение, то

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i * b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i * b_i^p \quad (5.15)$$

Где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки;

n – число параметров сравнения.

Таблица 5.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

В итоге: $I_{\text{тп}} = 3.80$.

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле: (18)

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} \quad (5.16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволила определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта (20):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}, \quad (5.17)$$

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

Таблица 5.20 – Сравнительная эффективность проекта

№ п/п	Показатели	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1.000
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	3.800
3	Интегральный показатель эффективности	0.263
4	Сравнительная эффективность исполнения	—

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, какой вариант решения является максимально эффективным с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Но данная задача не имеет особо различающихся по бюджету вариантов.

5.5 Потенциальные риски

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

Риски, которые могут возникнуть при реализации проекта, приведены в таблице 5.21.

Таблица 5.21 – Риски проекта

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

5.6 Выводы по разделу

В ходе выполнения предпроектного анализа было выявлено, что данное исследование относится к сегменту разработки программного обеспечения, потребителем которого является ИТ компания ведущих стран в индустрии сегмента разработки программного обеспечения для мобильных устройств, персональных компьютеров, а также автоматизированных систем управления.

Конкурентными преимуществами работы могут стать: широкий функционал, подробный анализ.

Оценка готовности проекта к коммерциализации показала, что перспективность разработки данного проекта выше среднего, а следовательно исследование необходимо продолжать.

SWOT-анализ показал, что ключевой проблемой проекта является сложность структуры модели, но, в то же время, это качество может стать причиной серьезного развития и перейти в разряд возможностей. Еще одной стороной проекта является, то, что работа должна выполняться при наличии специализированного программного обеспечения.

В ходе расчета продолжительности выполнения проекта было выявлено, что на выполнение всех работ уйдет 68 рабочих дней со стороны студента и 20

дней со стороны научного руководителя, и 83 и 25 календарных дней соответственно.

В ходе расчета сметы затрат на выполнение проекта была выявлена цена разработки проекта, которая равна 213352,39 руб.

Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ показала, что задача не имеет особо различающихся вариантов решения по бюджету.

Вероятность наступления рисков ниже среднего, однако данные риски имеют высокое влияние на проект.

Таким образом было выявлено, что разработка данного проекта является достаточно перспективной.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ71	Юрченко Виктору Юрьевичу

Школа	ИШИТР	Отделение	Отделение информационных технологий
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта
исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования является исследование, разработка и модификация имитационной модели системы массового обслуживания с динамически управляемыми приоритетами.

Цель работы – разработка и исследование моделей СМО с различными законами управления применительно к дисциплинам ожидания и обслуживания.

Рассматриваемый объект дает возможность решить поставленные задачи при использовании конкретных ограничений и установке определенных параметров для системы.

Работа производится в помещении, оборудованном персональным компьютером.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
- ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
- ГОСТ 12.1.005-88 с изм. №1 от 2000 г., СанПиН 2.2.4.548-96. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

2. Производственная безопасность

2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов
2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия

2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов:

- Отклонение показателей микроклимата;
- Повышенный уровень шума;
- Повышенный уровень электромагнитных излучений;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- Нервно-психические перегрузки

2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия:

Соблюдение норм и техник безопасности

3. Экологическая безопасность

- Свалки токсичного сырья;
- Парниковые газы;
- Канцерогенные соединения;
- Люминесцентные лампы.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Выбор типичной ЧС – пожар. – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Юрченко Виктор Юрьевич		

6 Социальная ответственность

В рамках данной выпускной квалификационной работы магистра выполнялась разработка и исследование моделей СМО с различными законами управления с целью выявления преимуществ и недостатков различных законов управления дисциплин обслуживания при разных изначальных условиях. Теоретические результаты, полученные при моделировании СМО, имеют практическую направленность при оптимизации систем управления, энергосбережения, эффективном использовании ресурсов и при проектировании сетей передачи информации.

Все работы выполнялись с использованием персональной электронно-вычислительной машины (ПВЭМ) в 402 аудитории 10 корпуса ТПУ. При работе с использованием ПВЭМ существует ряд различных вредных факторов, которые неблагоприятно влияют на человека и могут приводить как к снижению производительности труда, так и к проблемам со здоровьем.

Данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

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

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 [22].

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

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

Основные элементы рабочего места оператора ЭВМ: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура, мышь; вспомогательные – пюпитр, подставка для ног [23].

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования [24].

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

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

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

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

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

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

Рациональной рабочей позой может считаться такое расположение тела, при котором ступни работника расположены на плоскости пола или на подставке для ног, бедра сориентированы в горизонтальной плоскости, верхние части рук – вертикальный угол локтевого сустава колеблется в пределах 70 – 90, запястья согнуты под углом не более чем 20, наклон головы – в пределах 15 – 20, а также исключены частые ее повороты [25].

6.2 Производственная безопасность

Выпускная квалификационная работа магистра выполнена в 402 аудитории помещении отделения «Информационные системы и технологии» десятого корпуса ТПУ в 402 кабинете. В аудитории находятся персональные электронно-вычислительные машины, компьютерные столы, стулья, огнетушитель, датчики дыма, кондиционер и противопожарная сигнализация.

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 и опасных факторов, возникновение чрезвычайных ситуаций для обеспечения безопасности в рабочей зоне.

В рамках данной работы целесообразно рассмотреть физические вредные и опасные факторы. Выявленные возможные опасные и вредные физические факторы приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата;	-	-	-	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Повышенный уровень шума;	-	-	-	ГОСТ 12.1.029-80. Средства и методы защиты от шума

3. Повышенный уровень электромагнитных излучений;	-	-	-	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	-	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
5. Нервно-психические перегрузки	+	-	-	СанПин 2.2.4.3359-16. Санитарно–эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат помещения – состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха [26].

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

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

В меру влажный воздух (40-60%) создаст комфортные условия работы. Зимой он способствует укреплению иммунитета, не позволяет слизистой

становиться уязвимой для вирусов. Летом – легче переносить жару, поддерживать здоровое состояние кожи.

Скорость движения воздуха – так же фактор микроклимата. При температуре до 33-35 °С скорость в 0,15 м/с комфортна и воздух оказывает освежающий эффект. Если температура выше 35 °С, то эффект будет обратным.

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

Производительность труда сотрудника целиком зависит от условий на рабочем месте. Условия труда излагаются в документе «СанПин 2.2.4.548-96», который регулирует гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест. В документе четко прописаны требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий [27]. В таблице 1.2 приведены оптимальные значения характеристик микроклимата для холодного и теплого периодов года.

Таблица 1.2 – Оптимальные значения характеристик микроклимата

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

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

6.2.1.2 Повышенный уровень шума

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

Мероприятия по защите от шума:

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

Уровень шума нормируется правилами СанПин 2.2.4.3359-16.

Производственные помещения, в которых для работы используются ПЭВМ, не должны граничить с помещениями, в которых уровень шума и вибрации превышают нормируемые значения. При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, осуществляющего эксплуатацию ЭВМ при разных значениях частот.

Один компьютер издает шум в пределах 30дБ, в процессе работы в помещении одновременно работало не более 5 ПК, в большинстве случаев – 2, следовательно, уровень шума был в пределах 60-150 дБ. По субъективным ощущениям шумовая обстановка на рабочем месте соответствует норме.

Уменьшение шума в источнике достигается улучшением конструкции машин и применением малошумных материалов в этих конструкциях, вибродемпфированием источника шума, использованием специального укрытия для проведения работ.

Снижение шума на пути его распространения возможно следующими способами:

- удаление приемника от источника на большие расстояния;
- изменение направленности источника шума;
- уменьшение ревербирующего звукового поля при помощи звукопоглощающего материала.

6.2.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

К физико-химическим загрязнениям относят электромагнитные (неионизирующие) и радиоактивные (ионизирующие) излучения. Результат их воздействия проявляется на химическом уровне организма несвойственными химическими реакциями, изменениями, нарушающими естественные процессы.

Влияние электромагнитного поля нарушает гомеостаз на атомно-молекулярном уровне, изменения выражаются на клеточном, системном, организменном уровнях. Страдают нервная и сердечно-сосудистая системы, что проявляется увеличением или уменьшением артериального давления, замедлением пульса, болью в сердце, выпадении волос.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:

В диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 2,5 В/м. В диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м. Плотность магнитного потока должна быть не более: В диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 25 нТл.

В диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл. Возможные способы защиты от ЭМП:

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

- Применение экранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, прошедших испытание в аккредитованных лабораториях и имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

К коллективным средствам защиты относятся:

- Дистанционный контроль (в специально оборудованных помещениях) по производству;
- Организационные методы защиты (проведение систематических медицинских осмотров, применение дозиметрического контроля на производстве и в жилых помещениях).

Индивидуальные средства защиты:

- Применение элементов индивидуальной защиты (халаты, специальные костюмы, перчатки, очки) при работе с источниками излучения.
- Уменьшение контакта с источниками излучения.

В итоге, влияние данного фактора не было замечено, так как показатели в норме, не нуждаются в корректировке, а сотрудник – в какой-либо защите.

6.2.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и сонливость, способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности [29]. Требования к освещению регламентируются СП 52.13330.2016.

Рабочее помещение должно соответствовать правилам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 для поддержания благоприятных условий работы. Если

освещение не соответствует нормативам, требуется использовать дополнительные источники (лампы накаливания или люминесцентные лампы).

Влияние освещения на здоровье человека нельзя недооценить: некачественный свет негативно воздействует на зрительный аппарат, вызывает переутомление, дискомфорт, мигрени, бессонницу, снижает работоспособность. Свет имеет еще одно важнейшее свойство – воздействовать на наши биоритмы. Известно, что при естественном освещении активность человека выше, нежели при искусственном свете. В солнечную погоду люди отмечают более высокую работоспособность, чем в пасмурный день. Зимой, когда световой день короче, мы менее продуктивны, чем летом. Воздействие света на человека вызывает реакцию особого светочувствительного фотопигмента в глазу, что, в свою очередь, может оказывать влияние на наши циркадные циклы.

В производственном помещении используется искусственное и естественное освещение. Естественное освещение – боковое, осуществляемое через световые проемы в боковых наружных стенах. Искусственное освещение – общее равномерное (световой поток равномерно распределяется по помещению без учета расположения оборудования),

По СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» для лабораторий научно-исследовательских учреждений норма освещенности составляет 400лк. Наблюдение за процессом экструзии является зрительной работой малой точности (V) и норма освещенности составляет 200 лк.

Для обеспечения нормативной освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, при котором естественное дополняется искусственным.

В данном случае рабочий кабинет полностью соответствует нормативам, для комфортной работы достаточно естественного освещения, в случае нехватки дополнительно использовалось искусственное освещение.

6.2.1.5 Нервно-психические перегрузки

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на ПК – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. Уменьшение плотности рабочего времени, наличие простоев на протяжении рабочего дня не только не отдалают наступление и развитие утомления, но могут ускорить и углубить его.

Перерывы различаются по своему значению и продолжительности. В середине рабочего дня назначается обеденный перерыв, продолжительность которого должна составлять 1 час. Расположение дополнительных перерывов на протяжении рабочего дня их количество и продолжительность определяется на основании физиологического и психологического изучения динамики работоспособности.

В соответствии с утвержденной инструкцией по охране труда рекомендуется 30 минутный перерыв после каждых двух часов работы или 15 минутный перерыв на каждый час. Доказано что частые паузы до развития утомления намного ценнее длительных, но менее частых перерывов, начинающихся уже после снижения уровня работоспособности.

Так же для предотвращения психофизиологических факторов рабочее место должно удовлетворять следующим нормативам:

- Освещение;
- Уровень шума;
- Температура и влажность воздуха в помещении;
- Приём пищи на рабочем месте.

Главным направлением работы по коренному улучшению условий труда должны быть профилактические меры технического характера, поскольку они направлены на устранение причин, порождающих неблагоприятные условия труда. Поэтому, прежде всего, предусматривается проведение мероприятий по внедрению новейших технологий, технологий,

отвечающих эргономическим (гигиеническим, психофизиологическим, эстетическим и др.) Требованиям, по реконструкции зданий и сооружений, модернизации действующего оборудования, совершенствованию организации труда и производства.

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

- Соответствие освещенности уровню санитарных норм;
- Рациональная организация рабочего места. Рабочая мебель, соответствующая специфике трудового процесса.
- Комфортная обстановка без однообразия (окраска, озеленение) [30].

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

6.3 Экологическая безопасность

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

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

Поливинилхлорид (ПВХ) – пластик для оболочки кабелей, которыми соединяются устройства. ПВХ – причина возникновения гормонального

дисбаланса, проблем в репродуктивной сфере и рака. При его сгорании образуется канцерогенный диоксин. Свалки и захоронения загрязняют источники воды, наиболее строгим из существующих мировых стандартов экологичности для компьютерной техники является стандарт ТСО- 99.

Недостаток эксплуатации люминесцентных ламп – ртуть в составе.

Одним из вариантов решения данных проблем является вторичное использование устройств. Единственный способ правильной утилизации – отправка в центр опасных отходов. Люминесцентные лампы необходимо утилизировать в специальных пунктах приёма [31].

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные группы источников воспламенения:

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

Меры предостережения возгорания следующие:

- огнезащитное покрытие кабелей и проводов;
- строгое соблюдение правил пожарной безопасности при ремонтно-профилактических работах;
- расположение ПЭВМ в помещениях I или II степени огнестойкости, все работы были произведены в помещении I степени огнестойкости;
- помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения и обеспечено инструкциями по их применению. В

качестве средств пожаротушения разрешается использование углекислотного огнетушителя типа ОУ-2, ОУ-5, а также порошковый тип. Применение пенных огнетушителей не допускается, так как жидкость пропускает ток;

- регулярные проверки первичных средств пожаротушения и защиты, сигнализации, инструктаж и тренировки действий;
- эвакуационные выходы должны быть свободны;
- оснащение помещений «Планами эвакуации людей при пожаре»;
- установка ПЭВМ вдали отопительных и нагревательных приборов (расстояние не менее 1 м и в местах, где не затруднена их вентиляция и нет прямых солнечных лучей);
- разработка организационных мер по обучению персонала навыкам ликвидации пожара до прибытия пожарного подразделения [31].

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, оповестить инженера по технике безопасности [33]. Люди должны покинуть помещение в течение минимального времени.

6.4.1 Мероприятия по предотвращению ЧС

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

На каждом этаже здания, на видном месте вывешен план эвакуации с этажа (здания). На плане эвакуации кроме путей выхода (стрелками), указываются места размещения средств пожаротушения, телефонов.

Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

а) исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);

б) применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов.

Необходимо в офисе проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

1) Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

2) Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

3) Технические мероприятия:

– соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В помещении аудитории имеется порошковый огнетушитель типа ОУ-5, установлен рубильник, обесточивающий все помещение, на двери аудитории приведен план эвакуации в случае пожара, и на досягаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители или порошковые;

- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

Выводы по разделу

Таким образом, в ходе работы над магистерской диссертацией одним из вредных производственных факторов было недостаточное освещение,

требования к которому регламентируются СП 52.13330.2016. Еще один важный фактор – микроклимат, условия труда излагаются в СанПин 2.2.4.548-96. Кроме того, для работ с ПЭВМ характерно излучение, нормирование осуществляется по правилам СанПин 2.6.1.2523-09.

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

К опасным производственным факторам данной работы относятся опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, а также статическое электричество. Рабочее помещение соответствует нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

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

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией может быть пожар. Рабочий кабинет соответствует нормам пожаробезопасности [31].

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

Заключение

В настоящее время имитационное моделирование применяется в самых разных областях человеческой деятельности: в промышленности, на транспорте, в экономике, экологии, в сферах информационной безопасности, информационных 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.

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

При использовании алгоритма планирования Round Robin увеличивается нахождение длинных заявок в многозадачной системе, по сравнению с однозадачной системой FCFS, но при этом сокращается среднее время нахождения в системе коротких заявок, так как они могут обрабатываться параллельно с длинными заявками, не ожидая завершения их обработки. Таким образом короткая заявка, поступившая в систему позже длинной, может быть обработана раньше. Выбор величины периода квантования мало влияет на общее количество обработанных заявок, но существенно влияет на характеристики СМО.

В результате работы были разработаны модели СМО с различными законами управления и обслуживания, которые могут быть использованы при решении конкретно поставленных производственных задач. При постановке необходимых условий и ограничений модели можно модифицировать и адаптировать под конкретную задачу.

Результаты работы были представлены на конференции и опубликованы в сборнике трудов молодежь и современные информационные технологии.

Список публикаций студента

1 Юрченко В.Ю. Сравнение характеристик однозадачной модели FCFS с характеристиками многозадачной модели Round Robin // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 3–7 декабря 2018г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 514 с.

Список использованных источников

- 1 Г.Л. Нохрина. Математическое и имитационное моделирование: Методические указания по выполнению лабораторно-практического цикла работ для студентов направления подготовки 230700.62 (прикладная информатика) – Екатеринбург, 2012. – 28 с.
- 2 Sun Huajin. Design Fast Round Robin Scheduler in FPGA // IEEE 2002 International Conference on Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions, 29 June-1 July 2002 – Chengdu, China, 2002. –1257-1261.
- 3 Neetu Goel, R.B. Garg. Simulation of an Optimum Multilevel Dynamic Round Robin Scheduling Algorithm // International Journal of Computer Applications (0975-8887). Volume 76–No.7, August 2013.
- 4 Е.В. Пройдакова, М.А. Федоткин. Управление выходными потоками в системе с циклическим обслуживанием и переналадками // Автоматика и телемеханика, №6, 2008 – Москва, 2008. – С. 96-106.
- 5 А.Ф. Галиуллина, С.В. Сильнова, Л.Р. Черняховская. Оценка эффективности управления производственным процессом с применением имитационного моделирования на основе систем массового обслуживания // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2015. Т. 19. № 1 (67). С. 184-191.
- 6 Викулов Е.О., Денисов О.В., Рудгальский М.А. Моделирование распределения нагрузки между серверными станциями // В сборнике: Информационные технологии и автоматизация управления Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, работников образования и промышленности. – Омск, 2016. –С. 38-43.
- 7 Айдаров К.А., Балакаева Г.Т. Исследование алгоритмов и методов балансировки нагрузки и построение моделей для сетей массового обслуживания // Марчуковские научные чтения - 2017 Труды Международной научной конференции. Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2017. С. 17-21.

8 Shahram Saeidi, Hkimeh Alemi Bakatash. Determining the optimum time quantum value in Round Robin process scheduling method // I.J. Information Technology and Computer Science, 2012, 10, 67-73.

9 Polyanskiy S.V., Katsman Yu. Ya. Application of dynamic priorities for controlling the characteristics of queuing system // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. — Vol. 803: Information Technologies in Business and Industry (ITBI2016) : International Conference, 21–26 September 2016, Tomsk, Russian Federation : [proceedings]. — [012119, 6 p.].

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

11 Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания. – Учебное пособие для вузов.: – М. Высшая школа, 1982. – 256 с.

12 Garg R.B. Simulation of an optimum multilevel dynamic round robin scheduling algorithm. // International Journal of Computer Applications. – 2013. –V. 10. P. 42 – 46.

13 M. Fahimi, Operating Systems, vol. 1, 1st Edition, Tehran: Jelve Publishing, 1992.

14 W. Stallings, Operating Systems: Internals and Design Principles. 6th Edition, Prentice Hall, 2008

15 Имитационное моделирование. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://anylogic.ru/use-of-simulation>. Дата обращение: 20.03.2019г.

16 Имитационное моделирование систем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gpss.ru>. Дата обращения: 06.04.2019г.

17 Arena Simulation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.arenasimulation.com>. Дата обращения: 06.04.2019г.

18 ExtendSim Simulation Software. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://extendsim.com>. Дата обращения: 08.04.2019г.

- 19 Дьяконов В.П. Matlab 6.5/7.0 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. Библиотека профессионала. – М.: «СОЛОН-Пресс», 2005.–576 с.
- 20 Черных И.В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/>. Дата обращения: 08.04.2019г.
- 21 Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. – М: Горячая линия-Телеком, 2013. – 288с.
- 22 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/901807664>. Дата обращения: 04.05.2019.
- 23 ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/1200025975>. Дата обращения: 06.05.2018.
- 24 ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/1200012834>. Дата обращения: 06.05.2018.
- 25 ГОСТ30494—2011, Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
- 26 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 27 СанПиН 2.2.4.3359-16. Шум. Вибрация. Инфразвук. Ультразвук
- 28 Большая энциклопедия нефти и газа. Недостаточное освещение – рабочее место. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://www.ngpedia.ru/id221294p1.html>. Дата обращения: 05.05.2018.

- 29 ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 30 СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления»
- 31 Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1984 г. – 824 с.
- 32 Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утв. постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390)

Приложение А

(Обязательное)

Раздел 2

Объект и методы исследования

Object and methods of research

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Юрченко Виктор Юрьевич		

Консультант ОИТ ИШИТР:

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

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сидоренко Т.В..	к.п.н		

2 OBJECT AND METHODS OF RESEARCH

2.1 Queueing theory

The object of the research of this work is the development, modification and research of the simulation model of the mass service system with different management laws.

A mass-service system (MSS) is a mathematical model describing only the system being designed or already in existence. The description of the model consists in: the description of an incoming stream of discrete elements which in certain sequence co-operate with elements of system, on the disciplines of service described in mathematical model. In other words, MSS is a system that performs servicing of the flow of discrete elements by means of system elements.

The main elements of the system of mass service, without which it cannot exist are: discrete elements, the flow of discrete elements, elements of the system, interacting with the flow of discrete elements, service disciplines.

Servicing of discrete objects is the interaction of these objects with the elements of the system during a certain period of time. System elements with which discrete objects interact are called devices or servers. Rules of interaction of discrete objects with system elements are called the discipline of service, which includes the rules of processing the request by the server, the order of receipt of requests in the system, the order of service, received requests, as well as the order of exit of requests from the system.

Typically, applications are submitted to the system by accident under a distribution law. Each distribution law is a function that fully describes a random value from a probability point of view. The resulting random value describes the time of receipt of the next application, i.e. the applications are received at different time intervals described by the distribution law. Servicing of entities also takes place at different time intervals according to the distribution law. All of this can lead to the system being overwhelmed when the application intervals are longer than the

instrument's service intervals. Or, on the contrary, the system may be idle when requests are processed by the instrument in a shorter time interval than their receipt.

The theory of mass service is a construction of mathematical models describing the parameters of MSS operation (the number of MSS elements, the connection of elements between each other, their performance, the discipline of service, the nature of the flow of requests, etc.) with indicators of the efficiency of MSS operation, characterizing its ability to cope with the flow of incoming requests.

As a rule, all mass service systems are divided into two classes:

- MSS with waiting (endless queue);
- MSS with accumulation of final capacity (final queue);
- MSS with losses.

In a MSS with expectation, the incoming request flow gets into the queue of infinite length in the absence of a free device.

In a MSS with accumulation of the final capacity, the incoming request flow gets into the queue, the length of which cannot exceed the storage capacity. If there is no space in the queue when a request is received, the request is lost.

In a lost MSS, if all service devices are busy with the request, the request leaves the system (is lost) and does not participate in the modeling process in the future.

Processing of all entities by mass service systems is carried out with the help of so-called service discipline. Service discipline is an algorithm for planning the service requests in the MSS, which determines which request will be serviced by the device as follows. Examples of service disciplines are such service disciplines as:

- First-Come, First-Served (FCFS) - the simplest planning algorithm, in which the next service request is taken from the beginning of the queue, that is, the request received earlier, will also be received earlier by the device service. This algorithm is easy to implement, which is its advantage, but it also has many drawbacks.

- Last-Come, First-Served (LCFS) - the planning algorithm, when the next order for processing by the control panel is taken from the end of the queue, i.e. the order received last, will be serviced first.
- Round Robin (RR) - an algorithm representing cyclic planning, which is implemented in the displacement planning mode. Ready to service requests are cyclically rotated on a certain carousel so that the request is serviced by the device a small fixed time quantum.

In addition, the choice of the next service request can be made according to their priorities. There are three types of priorities:

- relative;
- absolute;
- dynamic.

Absolute priority entities entering the system interrupt the processing of any other lower priority application by the instrument.

Relative priority applications cannot interrupt already serviced applications, but in case of competition with other service requests, they will have priority, i.e. will be serviced earlier, with lower priority.

Dynamic priority applications have priority that may change during the modelling process.

2.2 Round Robin load balancing algorithm

The Round Robin (RR) load balancing algorithm is a planning algorithm that distributes the load of the computer system by organizing the processes by a circular cycle. The RR algorithm is one of the most widely used planning algorithms developed specifically for systems that use time allocation.

When using this algorithm, requests aimed at execution are placed at the end of a limited queue, if there is free space in it. Then, a small time unit called the time quantum is allocated for the first time at the request output and it is sent for processing by the device. If after the time quantum has elapsed, the order has not been processed

to the end, processing of the order is interrupted and it is sent to the end of the cyclic queue. If the order is processed before the quantum is completed, it interrupts the quantum and releases the instrument. The instrument receives the next order from the cyclic queue. The processed order leaves the system and a new order, if any, is received for the vacated space.

The most important problem when using the RR algorithm is to determine the quantum time value:

- a quantum that is too short creates a frequent context switching and reduces system performance;
- too long a quantum, when the device has time to serve the request before interrupting the time, the round-robin algorithm takes all the properties of the FCFS algorithm (First-Come, First-Served).

Actually the value of the quantum parameter is selected in the range of 10-100 milliseconds.

The Round-robin algorithm is used for:

- load distribution between servers;
- increase fault tolerance;
- protection against some types of attacks.

The main task of this algorithm is to distribute the time of instrument maintenance among the ready applications in such a way that at least one of the following criteria is achieved:

- increasing the load on the maintenance device;
- reducing the processing time of the application;
- increasing the capacity of the MSS;
- reducing the processing time of the application;
- increased use of other system resources.

Some of the above criteria are related to each other and changing one of them will affect the other criterion. In addition, these changes are not always for the better. That is, the optimization of one of them can lead to the worst values of the other.

2.3 Overview of simulation systems

Simulation modeling is one of the most common methods of operation research and control theory. This method is an approach where the model under study is replaced by a mathematical model that accurately describes a real system in order to conduct further experiments on it (imitation) and obtain information about it.

A simulation model is a computer program that describes the structure of a real system and reproduces its real behavior over time.

Experimenting with the model is called imitation, which is an understanding of the essence of the phenomenon, without resorting to experiments on a real object.

Simulation modeling is applied when:

- experiments on a real-world system are inexpedient due to the high cost;
- it is not possible to conduct experiments on a real system due to some reasons, for example, the system is only being developed;
- it is impossible to build an analytical model due to the fact that the system uses time, causal relations, nonlinearity consequences, and stochastic variables.

Simulation modeling can be used in such areas as:

- business processes;
- business simulation;
- population dynamics;
- road traffic;
- IT infrastructure;
- logistics;
- project management;
- information security.

The current section discusses simulation systems.

2.3.1 GPSS World

GPSS is a universal general purpose simulation system that is designed for simulation of discrete systems where the simulation time is changed by discrete steps. This system sends requests to the system from one element of the system to another as they are received.

In this development environment, the simulation language, a proprietary development language based on the transactional method of the organization, is used.

The simulation model in a GPSS environment is described by a sequence of text strings that define rules for transactions.

To build the mathematical models used in the future for simulation, GPSS uses a standard library containing ready-made elements, such as applications, devices, queues, etc.

One of the main drawbacks of this environment is the difficulty of representing data processing processes at the level of algorithms of the used GPSS language. In addition, the mathematical model does not have a graphical representation, as it is a software model, which complicates the process of model development and reduces its understanding in general [16].

2.3.2 Rockwell Arena

Rockwell Arena's software product allows the use of modeling constructs called mathematical modeling modules. Each module has its own parameters and settings. Modules are implemented in the form of blocks displayed in the workspace window. This product supports Microsoft's Visual Basic for Applications (VBA) language, which allows you to import data from various sources and export data to other applications.

The main applications of Rockwell Arena are::

- logistics and warehousing;

- medicine;
- weapons and security;
- manufacturing.

Arena uses the SIMAN modelling language, which can be used to modify blocks or create new ones. Also, the user is provided with a convenient graphical interface with a set of templates of modeling constructions.

Applications to Arena have a set of standard attributes, which are set with the help of Assign design. In addition to the standard attributes to the requests you can also specify your own attributes.

The number of streams of random numbers in the Arena package is not limited. Moreover, the user has access to 12 standard theoretical probability distributions as well as to empirical distributions.

This package allows you to perform functional cost-benefit analysis using the ABC method, which allows you to take into account additional and normal costs, as well as create time reports [17].

2.3.3 ExtendSim

The ExtendSim software product is a graphical modeling environment, where various configuration schemes are built with the help of software blocks, which are configured or created in ModL.

This product supports the possibility of implementing hierarchy and inheritance when creating models.

ExtendSim supports simulation methods such as discrete event, system dynamics and agent-based simulation.

Models are created by dragging and dropping blocks from the library to the model workspace. Blocks will be connected to each other to create a logical model flow.

Data for the model is stored in the side parameters and in its own database. New blocks can be created by combining existing blocks into a single hierarchical block or by programming a block in ModL, based on the C language.

The software product is used for foodstuff logistics; design of production facilities, communication systems.

2.3.6 MatLab

MatLab is an interactive environment for programming in a high-level language of numerical calculations, as well as their visualization of the results. This environment allows you to develop algorithms, analyze data, create models and applications. Standard mathematical functions, tools and language MatLab allow to apply various methods and to receive result faster, than use of traditional programming languages (Java, Pascal, C/C++) or spreadsheets.

2.3.6.1 Simulink

The Simulink library of MatLab interactive environment is a graphical environment used for simulation, which allows you to use block diagrams to build dynamic models that include continuous, discrete and hybrid, discontinuous and non-linear systems. The use of the environment allows to build discrete models with the help of ready-made blocks, to apply the model-oriented principle of development of control systems, real-time devices and digital communication means. Work with the environment does not limit the user to work only with built-in units, as it is implemented the possibility of creating a unique unit.

Additional Simulink library packages provide an opportunity to solve all types of tasks from model concept development to code generation, verification, testing and hardware implementation. Integration of the environment into MatLab extends the developer's capabilities by providing access to all built-in mathematical algorithms, data processing tools and scientific graphics.

Simulink interactive environment simulates the dynamic properties of the system, the results can be viewed from the very beginning of the simulation. The library offers ODE-solvers with variable and fixed pitch, a subroutine for estimating the time of execution of individual model functions and a graphical debugger to guarantee a given simulation speed and accuracy.

Simulink is characterised by these features:

- the ability to add your own blocks;
 - configure and navigate through complex models;
 - build models in an interactive graphical environment;
 - building multi-level hierarchical multi-component washes;
 - debugging and analysis of models using built-in tools;
 - possibility to integrate ready-made algorithms into the model written in such languages as C/C++, MatLab, Ada. And also interaction with external programs for modeling;
- availability of means for solving differential equations for continuous, discrete, linear and nonlinear objects;
 - interactive visualization of output data;
 - configuration and setting of input actions;
 - full integration with MatLab environment, including numerical methods, data analysis, visualization and graphical interfaces.

2.3.6.2 Description of SimEvents library components

Event-Based Random Number - the block generates random numbers based on events (Fig. 2.1a).

Output Switch - the block receives objects and sends them out to one of the object ports. The output port can be changed during the simulation. Arriving object in this block leaves it through not blocked output port (Fig. 2.1b).

Input Switch - the unit receives objects exactly through one port of the input port. The selected input port of the object can be changed during the simulation. If the entity input port is selected, all others become inaccessible.

Output - represents the output port for the subsystem or model. It has "Connection Output" and "Initial Output" parameters that apply only to conditionally executable subsystems. When a conventionally executed subsystem is disabled, the output is either held in the last value or set to the "original output".

FIFO Queue - the block simultaneously stores up to N entities, where N is the value of the Capacity parameter. The block tries to release the entity through the output port "OUT", but if the port "OUT" is blocked, the entity remains in the block. If a block contains several entities, the entities leave the block according to the discipline of first in - first out (FIFO). If the block already stores N entities, the input port IN of the block is not available (Fig. 2.1c) [15].

The block has the signal ports listed below:

- #d - The number of objects that left this block through the OUT port since the simulation;
- #n - Number of objects that are stored in the queue at the moment;
- w - Average waiting time of the objects, regardless of which port they came out of;
- len - Average number of objects in the queue for the whole time of modeling;
- #to - The number of objects that left the block when the waiting time expires.

Single Server - the block serves one entity for a certain period of time, and then tries to output it through the OUT port. If the OUT port is blocked, the object remains in the block until the port is unblocked. Using the parameter, attribute or signal, you can specify the time of entity service, i.e. the duration of service (Fig. 3.5d).

The option Permit preemption based on attribute allows you to use the priority interruption of service. If a request is being serviced by the block at the moment, it immediately leaves the block via port P. If there is no priority interrupt option in the

element, the IN port is not available whenever there is an object in the unit. The IN port becomes available only when the unit is released.

Incoming objects enter the unit via the IN port. The input signal port t specifies the maintenance time in seconds for new arriving objects, the signal must be event-dependent. This port is activated when Service time from to Signal port t is selected.

The signal output ports of the unit are listed below:

- $\#d$ - The number of objects that have left the block via the OUT port since the beginning of the simulation;
- $\#n$ - The number of objects in the block contains the value 0 or 1;
- $\#p$ - The number of objects that have been ousted since the simulation;
- Pe - A value of 1 indicates that the block contains one object that tries to leave the block. In this case, the object will be in the standby mode. A value of 0 indicates that the block does not contain any waiting objects;
- W - Average waiting time for all objects in the block that left it via OUT or TO ports. The object's waiting time may be exceeded due to the blocking of the OUT port at the moment of processing completion;
- $Util$ - Disposal of the server, i.e. the proportion of simulation time used to store the object. If $T = 0$, the use is 0 or 1 depending on whether the server contains the object;
- $\#to$ - The number of objects that have left this block since the beginning of modeling.

Time-Based Entity Generator - the block generates entities at the moments of time, determined by the input signal or statistical distribution (Fig. 3.5e).

The Generate entities upon parameter specifies the order of object generation, the value of which can be selected from two: Intergeneration time from dialog and Intergeneration time from port t .

The block is characterized by the following signal output ports:

- w - Average time interval between sending objects in seconds for all successfully sent objects from this block. The signal has a value of 0 before sending the next object;
- #d - Total number of objects that have left this block since the beginning of modeling;
- pe - Value 1 corresponds to the fact that the block contains an object that is waiting. Value 0 corresponds to the fact that the block does not contain any objects in waiting.

Entity Departure Counter - block generating control signals for "Function-Call Subsystem" (Fig. 3.5f).

The unit is characterized by the following signal output ports:

- w - Average time interval between sending objects in seconds for all successfully sent objects from this block. The signal has a value of 0 before sending the next object;
- #d - Total number of objects that have left this block since the beginning of modeling;
- pe - Value 1 corresponds to the fact that the block contains an object that is waiting. Value 0 corresponds to the fact that the block does not contain any objects in waiting.

Entity Departure Counter - block generating control signals for "Function-Call Subsystem" (Fig. 3.5g).

Set Attribute - the block sets attribute values for each received entity. Attribute - this is the numeric data attached to the entity. Each attribute has a unique name. One entity can have up to 32 attributes at a time.

Get Attribute - the block reads the attribute from the entity and forms the corresponding signal (Fig. 3.5h).

Start Timer - the block independently associates the set timer for each entity and starts the timer. If the object has previously contacted the timer with the same name, the block either continues or restarts the timer depending on the settings of the

"If timer has already started" parameter. The warning and continuation option can be useful for debugging or preventing simulation errors (Fig. 3.5i).

Read Timer - the block allows you to get statistical data from the set timer related to staying entities. This block reads the value of the timer, which are set in the "Start Timer" block, related to the previously staying entity (Fig. 3.5j).

Path Combiner is a block that allows you to combine objects received from the input port and output them through a single output port.

The parameter of the input port indicates how the unit determines which input port of the object changes from blocked to unblocked (Fig. 3.5k).

Entity Sink - the block is used to interrupt the request path (Fig. 3.5l):

- If the Input port is available for entity arrivals is selected, the block always receives incoming objects.
- If Input port available for entity arrivals is not selected, the block will never accept objects. The simulation process generates an error message if the object tries to enter the block.

To receive entities, there is an input port IN. The output signal port #a stores the number of objects received in the block and is always updated when the object enters the block [16].

The considered set of blocks allows you to build a WSC consisting of the necessary components, which will take into account the specified parameters and features of the system.

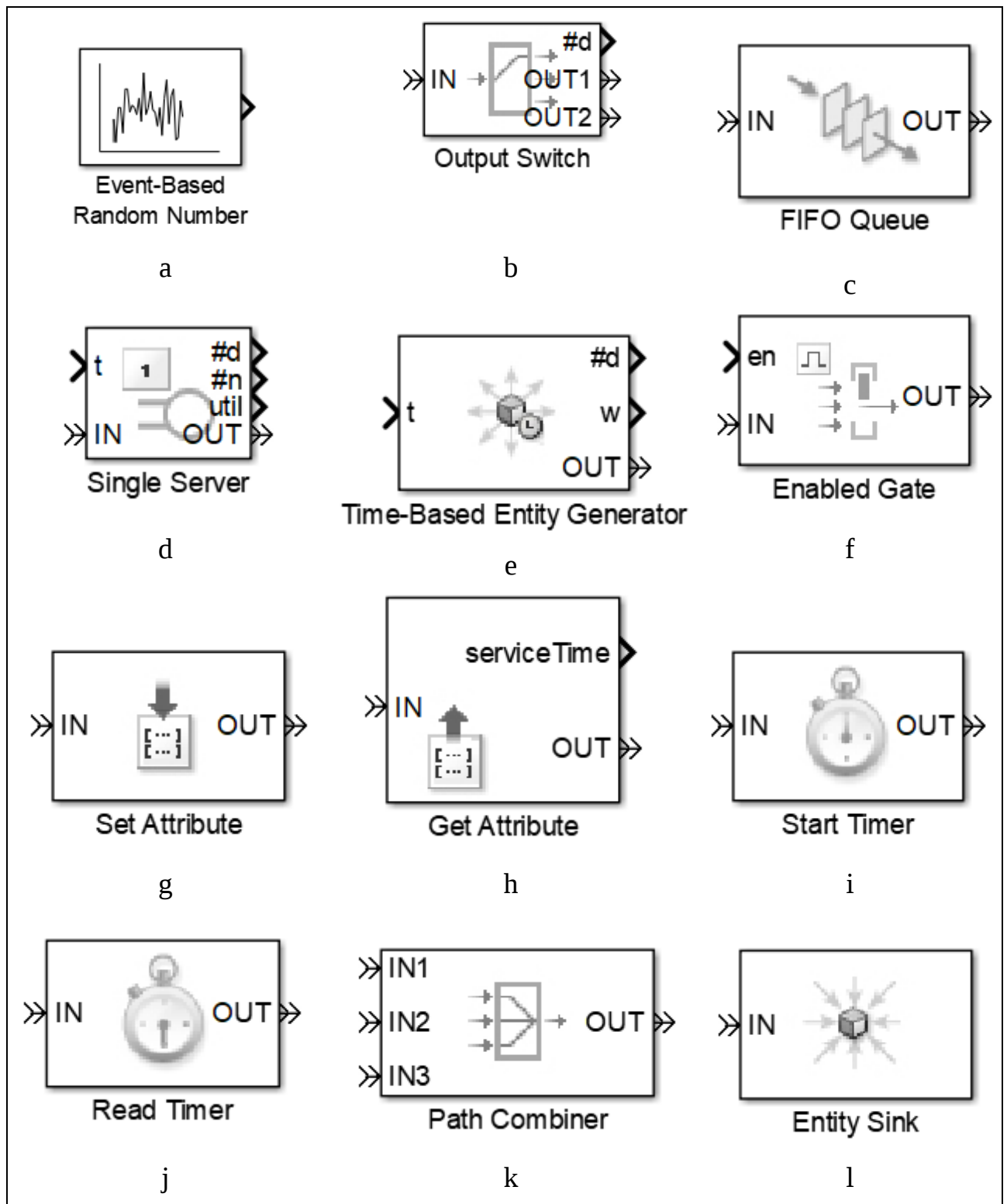


Figure 2.1 - SimEvents library components used

2.3.7 Statistica

Analysis of the data obtained by simulation is performed with the help of Statistica software.

The software product Statistica is designed for statistical analysis. It represents a set of methods of data analysis, data management, data visualization and analysis procedures, as well as various methods of forecasting, classification and research. Additional methods are available thanks to the integration with the free, open source R programming environment.

Statistica includes analytical and research charts, which allow to display information in a convenient and customizable way.

Statistica supports such charts as:

- scientific;
- business graphs;
- three-dimensional and two-dimensional in different coordinate systems;
- specialized statistical graphs - histograms;
- matrix charts;
- categorized charts.

Software operation usually includes loading the data table and applying statistical functions from drop-down menus or (in versions starting with 9.0) from a ribbon strip. The menu then prompts you to enable variables and the type of analysis required. Command prompts are not required. Each analysis can include a graphical or tabular output and is stored in a separate workbook.

2.5 Comparison of simulation systems

In order to take into account all the peculiarities of the simulation model development and conducting experiments over it while analyzing simulation packages, it is necessary to compare their quality according to the specified criteria.

To assess the quality of these systems were chosen such qualities as: ideographic mode, work with the code, work with the structure, the process of debugging, speed of work, conducting experiments, construction of reports. All quality data are evaluated in the development mode and in the experimental mode (Table 2.1)

Table 2.1 - Comparison of simulation systems

Signs of quality	GPSS WORLD	Rockwell Arena	ExtendSim	Matlab+ Simulink+ SimEvents
Ideographic mode:				
in the process of developing	0	2	1	2
in the course of experiments	0	2	1	2
Working with the code:				
in the process of developing	2	1	1	1
in the course of experiments	2	1	1	1
Working with the structure:				
with attributes and variables	2	2	2	2
with mathematical expressions	1	1	1	2
with modeling structures	0	0	0	2
Debugging process:				
model overview	1	1	2	2
variable values	1	1	1	2
object attribute values	1	2	1	2
object location	1	1	1	1
Speed of operation	2	1	1	1
Conducting experiments	2	1	2	2
Report generation	1	1	1	2
Total	16	17	16	24

According to the results of comparison of simulation systems, the most optimal system in comparison with other systems is Matlab system with the use of Simulink library with the kernel for discrete event simulation SimEvents. As a result, it was decided to use this environment for further development.

Приложение Б

(Обязательное)

Схема подсистемы входящего потока

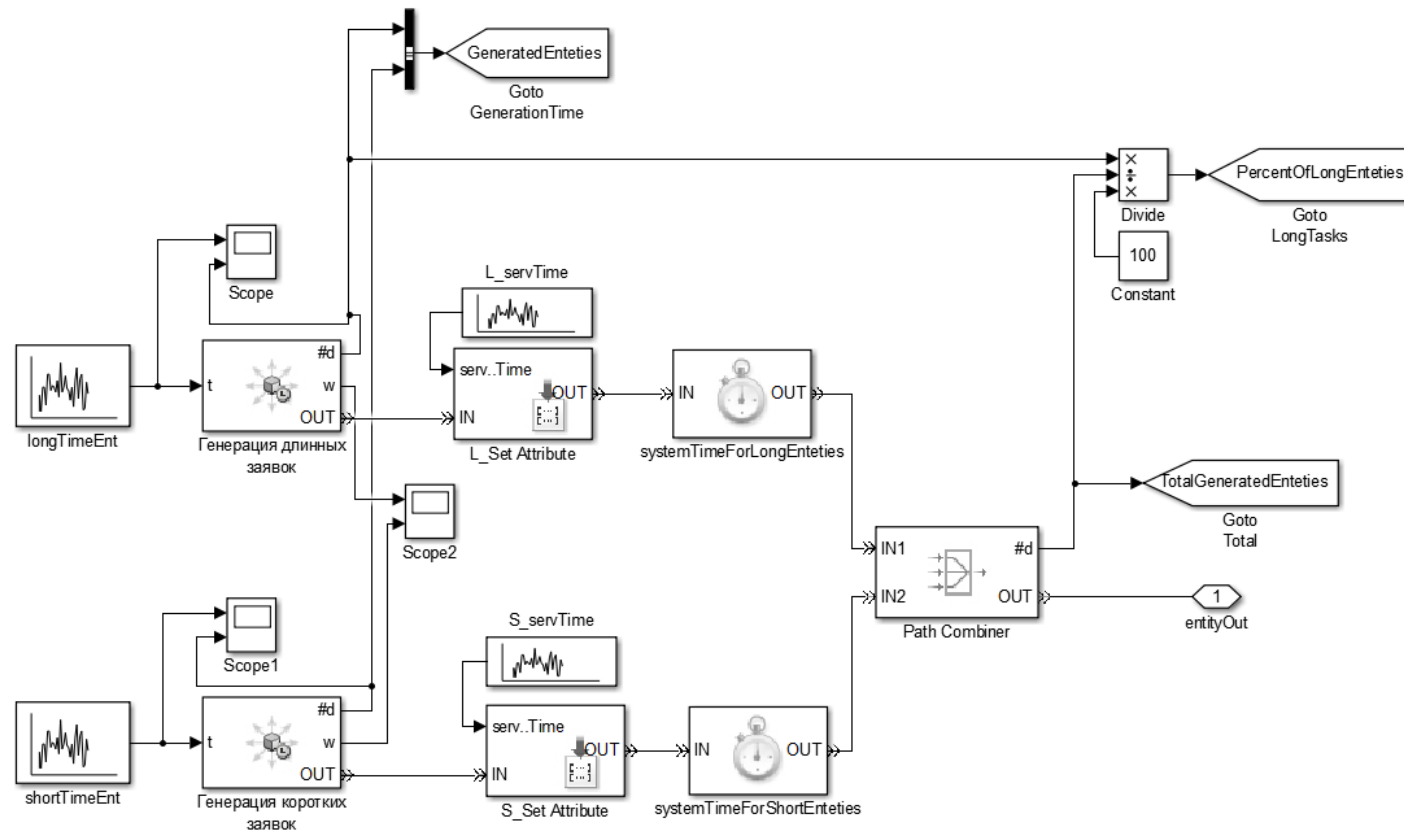


Рисунок Б.1 – Схема подсистемы входящего потока

Приложение В

Схема подсистемы дисциплины обслуживания СМО с циклической очередью

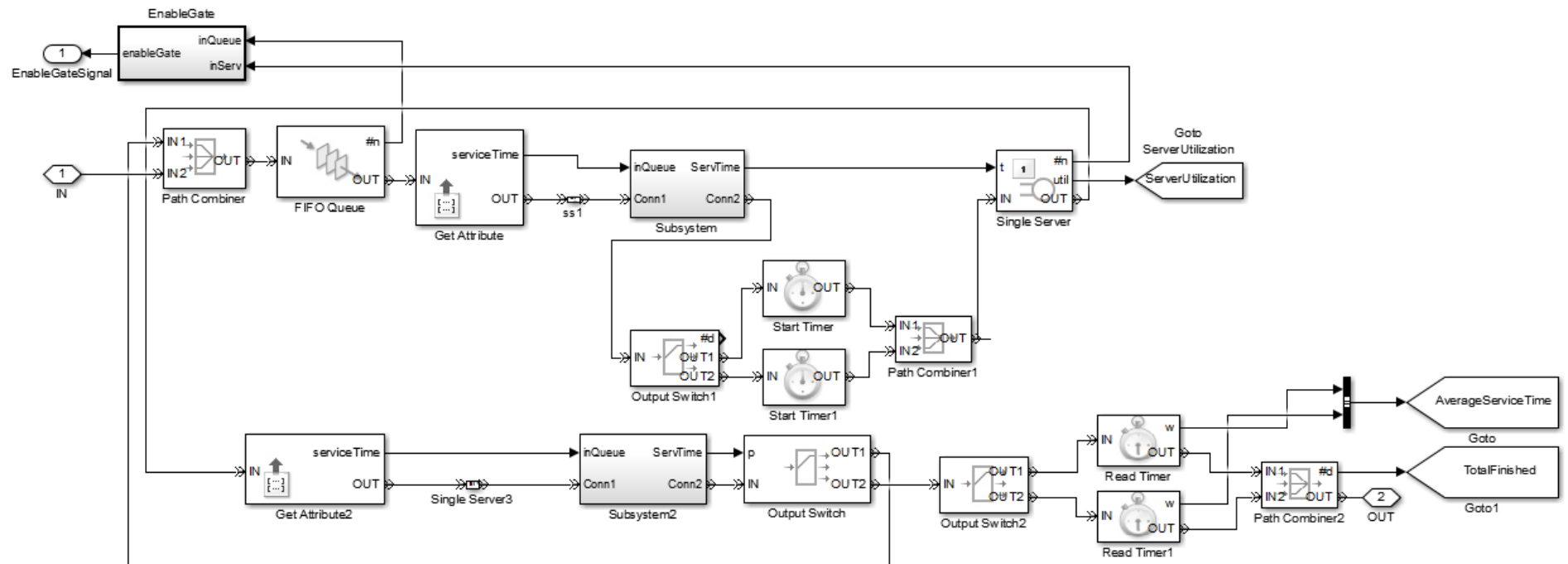


Рисунок В.1 – Схема дисциплины обслуживания