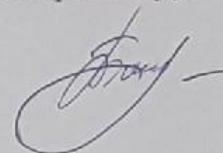


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи



Толкачева Оксана Алексеевна

**Математическая модель выбора оптимальных параметров
системы массового обслуживания**

Направление подготовки 01.04.02
«Прикладная математика и информатика»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук,
доцент, Зарубин Михаил Михайлович

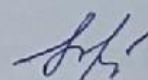
Рецензент:

кандидат физико-математических наук
и.о. заведующий кафедрой
информационной безопасности,
информационных систем и физики
ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-
педагогический государственный
университет», кандидат физико-
математических наук,
Анисимов Антон Николаевич

Защита состоится 25 июня 2019 года в 09 часов 50 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 321/3.

Автореферат разослан 17 июня 2019 г.

Секретарь ГЭК



Ю.Г. Егорова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность. Методы оптимизационных функциональных характеристик моделей реализации процессов широко используется в экономике и технике. Достаточно упомянуть классификацию задач оптимизации:

- 1) подбор сбалансированного питания;
- 2) оптимизация ассортимента продукции;
- 3) транспортная задача и пр.

Среди методов оптимизации следует особо выделить методы статистического моделирования, позволяющие заменить процессы, протекающие в реальном времени, на электронный аналог, в котором эти процессы протекают в приемлемые временные сроки. Это позволяет, путём многократного моделирования процесса электронного аналога, в последствии получить статистически значимые характеристики работы системы массового обслуживания.

Целью работы является создание математической модели системы массового обслуживания заданной структуры и её программная реализация.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Изучить основные понятия системы массового обслуживания (СМО) и их особенности;
- 2) Ознакомиться с существующими видами СМО и методами их моделирования;
- 3) Создать математическую модель многоканальной СМО с неограниченной очередью с «нетерпеливыми» заявками в виде программного продукта;
- 4) Установить зависимость результирующих показателей работы СМО от входных данных.

Объектом исследования являются модели систем массового обслуживания.

Предметом исследования является математическая модель, устанавливающая зависимости между характером потока заявок, числом каналов обслуживания, производительностью отдельного канала и эффективным обслуживанием с целью нахождения наилучших путей управления этими процессами.

Научная новизна исследования. Разработана математическая модель в виде программного продукта, позволяющего отследить эксплуатационные характеристики системы массового обслуживания через заданные начальные параметры, что позволяет оптимизировать работу СМО.

Достоверность и обоснованность результатов исследования. Основные положения и полученные в диссертации выводы аргументированы и экспериментально подтверждены. Разработанный программный продукт тестировался на реальном оборудовании.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработка программного продукта может быть использована для класса СМО с «нетерпеливыми» заявками с целью мониторинга её функционирования. Это позволяет добиться эффективности работы СМО в реальных условиях, в том числе её экономических показателей.

Апробация результатов

Результаты работы докладывались на:

- 48-ой научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов», апрель 2018
- 2-ой Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», апрель 2019

Публикации

- Толкачева, О.А. Математическая модель выбора оптимальных параметров системы массового обслуживания / О.А. Толкачева, М.М. Зарубин

// Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, 9-20 апреля Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. Ч. 2. – С. 242-244.

– Толкачева, О.А. Математическая модель выбора оптимальных параметров системы массового обслуживания / О.А. Толкачева, М.М. Зарубин // Сборник материалов: 2-ая всерос. национальная науч. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апр. 2019 г.

Структура и объем

Магистерская диссертация состоит из введения, общей характеристики, трех глав, заключения и списка литературы. Объем работы – 75 страницы, в том числе 20 рисунков и 1 приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение раскрывает актуальность темы, определяются цели и задачи исследования, объект, предмет, указываются научная новизна, практическая значимость, достоверность и обоснованность результатов исследования.

В первой главе рассматриваются основные понятия систем массового обслуживания (СМО), а также их классификация.

При исследовании операций приходится сталкиваться с системами, предназначенными для многоразового использования при решении похожих задач. Возникающие при этом процессы получили название процессов обслуживания, а системы – систем массового обслуживания.

Требованием или заявкой называется объект, который необходимо обслужить: железнодорожные составы, проходящие через железнодорожный узел, покупатели, приобретающие товар и т.д.

Ситуации, когда образуются очереди заявок на обслуживание, возникают следующим образом: канал обслуживания, поступив в

обслуживающую систему, выбирает требование из находящихся в очереди с тем, чтобы приступить к его обслуживанию, после завершения процедуры обслуживания, канал обслуживания приступает к обслуживанию следующего требования. Цикл функционирования СМО подобного рода повторяется многократно в течение всего периода работы обслуживающей системы. При этом предполагается, что переход системы на обслуживание очередного требования после завершения обслуживания предыдущего требования происходит мгновенно, в случайные моменты времени.

Каждая СМО (рисунок 1) включает в свою структуру некоторое число обслуживающих устройств, называемых каналами обслуживания, обслуживающих некоторый поток заявок (требований), поступающих на ее вход в случайные моменты времени. Обслуживание заявок происходит за неизвестное, случайное время и зависит от множества разных факторов. После обслуживания заявки канал освобождается и готов к приему следующей заявки. Случайный характер потока заявок и времени их обслуживания приводит к неравномерности загрузки СМО – перегрузке с образованием очередей заявок или недогрузке – с простаиванием каналов.

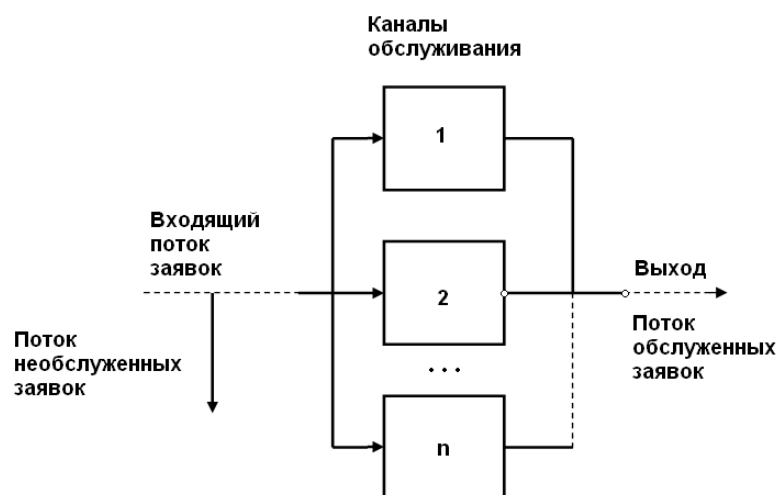


Рисунок 1 – Структура СМО

Дисциплина очереди – это важный компонент СМО, он определяет принцип, в соответствии с которым поступающие на вход обслуживающей системы требования подключаются из очереди к процедуре обслуживания.

Механизм обслуживания определяется характеристиками самой процедуры обслуживания и структурой обслуживающей системы. К характеристикам процедуры обслуживания относятся: продолжительность процедуры обслуживания и количество требований, удовлетворяемых в результате выполнения каждой процедуры. Для аналитического описания характеристик процедуры обслуживания оперируют понятием "вероятностное распределение времени обслуживания требований".

Структура обслуживающей системы определяется количеством и взаимным расположением каналов обслуживания. Прежде всего, следует выделить, что система обслуживания может иметь не один канал обслуживания, а несколько.

В соответствии с общей классификацией система массового обслуживания (СМО) разделяется на три подсистемы.

Первая подсистема – это СМО без потерь (с полным ожиданием). Под этим термином понимают систему, в которой, если все приборы заняты, требование становится в очередь и не покидает ее до тех пор, пока не будет обслужено.

Вторая подсистема – это система с частичными потерями. Подобная подсистема характеризуется:

- система с ограниченной длиной очереди – не становится в очередь, если эта очередь превышает по длине некоторую величину;
- система с ограниченным временем пребывания – становится в очередь, но покидает ее, если время пребывания в ней превышает определенную величину;
- система с ограниченным временем ожидания начала обслуживания – время ожидания в очереди начала обслуживания превышает определенную величину.

Третья подсистема – это система без очередей. Под этим термином понимают систему, в которой требование покидает систему, если все обслуживающие устройства заняты.

Системы, имеющие очередь, подразделяются на системы с одной очередью и системы с несколькими очередями.

Во второй главе приведены все возможности, которые могут представиться при обслуживании требования (от момента его поступления в систему массового обслуживания до момента прекращения обслуживания), а также описываются правила, определяющие поведение требования во всех этих случаях.

1. *Выбор свободного прибора;*
2. *Очередь;*

Если же несколько различных СМО объединить в одну систему с параллельными очередями, считая, что входящие потоки образуют общий входящий поток (уже неоднородный), а совокупность множеств приборов – общее множество приборов, такую систему массового обслуживания принято называть распадающейся.

3. *Время обслуживания* задается своей функцией распределения;
4. *Дисциплина очереди.* Дисциплина задается некоторой системой ограничений, накладываемых на основные характеристики СМО (с ожиданием). Наиболее часто встречаются следующие ограничения:

- a) *На время ожидания;*
- b) *На время пребывания.* Могут представиться следующие случаи:
 - за время t требование начало обслуживаться, но обслуживание еще не закончено;
 - за время t требование начало обслуживаться, обслужилось.
- c) *На длину очереди.*

В силу однородности потока различают требования либо по длительности фактического ожидания, либо по продолжительности остающегося в их распоряжении времени ожидания (или пребывания). Некоторые частные случаи:

- неупорядоченность;
- строгая очередность;

- обратная очередность.

В третьей главе описывается процесс разработки программного продукта многоканальной СМО с неограниченной очередью.

Имеется n -канальная СМО с неограниченной очередью. Входной поток и поток обслуживаний – простейшие с интенсивностями λ и μ соответственно. Время пребывания в очереди ограничено случайным сроком, распределенным по показательному закону с математическим ожиданием $t_{ож}$.

Требуется определить следующие характеристики системы: среднюю длину очереди; среднее количество занятых каналов; среднее время пребывания заявки в очереди (отдельно – для обслуженных заявок и для заявок, не дождавшихся обслуживания и покинувших очередь); количество поступивших в систему заявок; количество заявок, обслуженных системой.

Для описания формальной модели требуется выполнить разбиение моделируемой системы на элементы, которые впоследствии группируются в блоки модели. Для этого удобно блоки выбирать таким образом, чтобы они обладали достаточной автономностью в функциональном смысле и имели минимально возможное количество связей между собой.

Укрупненная схема модели СМО с ожиданием представлена на рисунке 2.

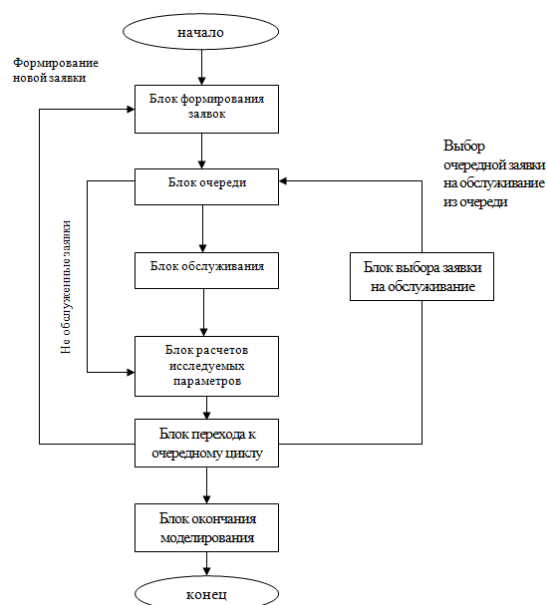


Рисунок 2 – Схема модели СМО с ожиданием

На основании изложенного была создана блок-схема решения задачи

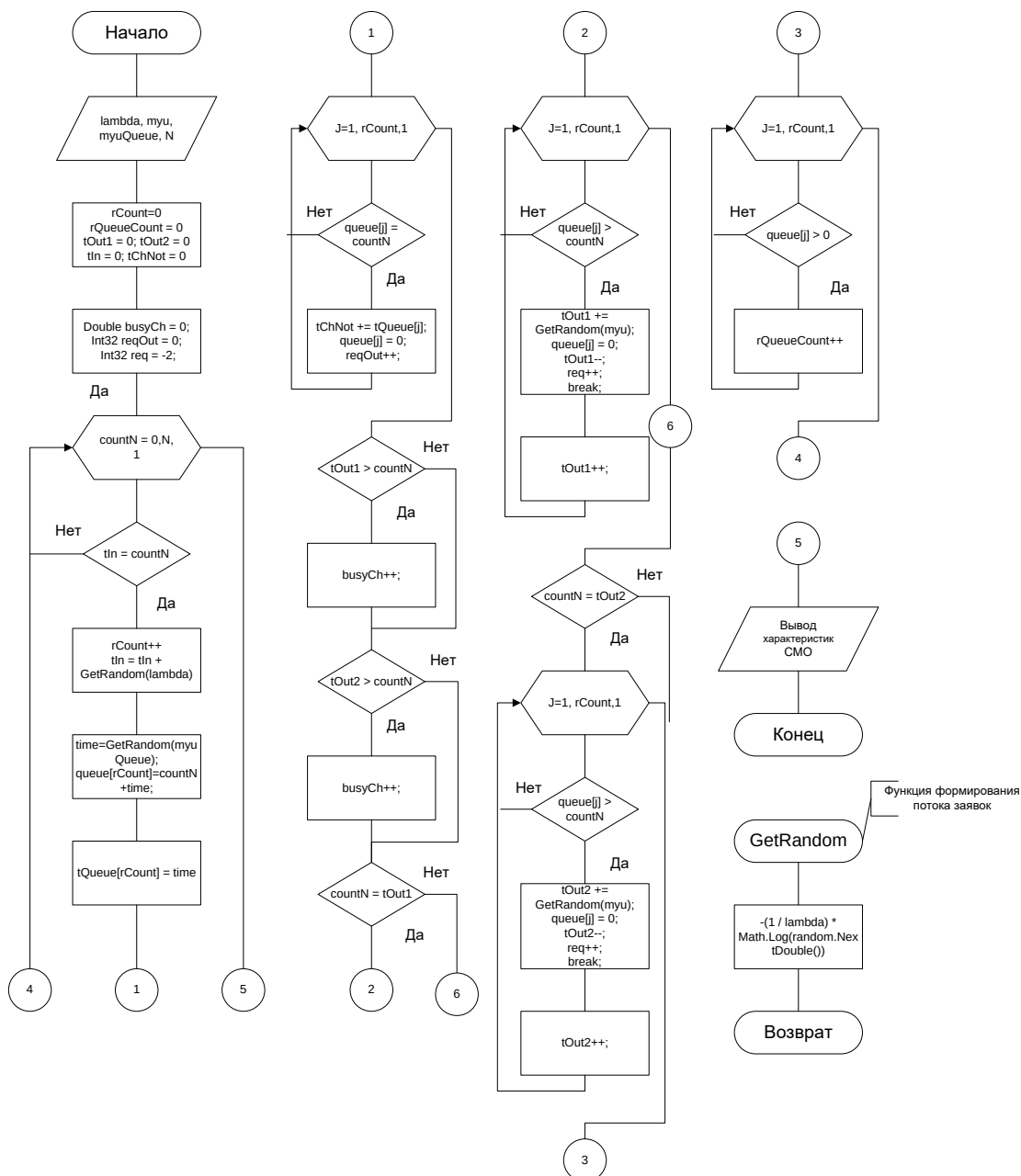


Рисунок 3 – Блок-схема решения задачи

В конце главы приводятся результаты испытания программы.

Система массового обслуживания

Исходные данные		Выходные данные	
Количество каналов обслуживания = 5		Среднее кол-во заявок в очереди	0,13
Интенсивность потока заявок (λ) - 168		Среднее количество занятых каналов	2,25
Интенсивность обслуживания (μ) - 20		Среднее время пребывания необслуженных заявок в очереди	0,00
Количество тактов работы - 200		Среднее время пребывания обслуженных заявок в очереди	0,02
Среднее время ожидания заявки - 0,5		Количество поступивших заявок	186
		Количество обслуженных заявок	185
		Занятость системы обслуживанием	45 %

Вычислить Очистить Выход



Рисунок 4 – Результат работы программы

Система массового обслуживания

Исходные данные		Выходные данные	
Количество каналов обслуживания = 5		Среднее кол-во заявок в очереди	9,87
Интенсивность потока заявок (λ) - 168		Среднее количество занятых каналов	3,76
Интенсивность обслуживания (μ) - 10		Среднее время пребывания необслуженных заявок в очереди	0,21
Количество тактов работы - 200		Среднее время пребывания обслуженных заявок в очереди	0,14
Среднее время ожидания заявки - 0,6		Количество поступивших заявок	192
		Количество обслуженных заявок	121
		Занятость системы обслуживанием	75 %

Вычислить Очистить Выход



Рисунок 5 – Результат работы программы

Система массового обслуживания

Исходные данные		Выходные данные	
Количество каналов обслуживания = 5		Среднее кол-во заявок в очереди	0,00
Интенсивность потока заявок (λ) - 168		Среднее количество занятых каналов	0,44
Интенсивность обслуживания (μ) - 69		Среднее время пребывания необслуженных заявок в очереди	0,00
Количество тактов работы - 200		Среднее время пребывания обслуженных заявок в очереди	0,00
Среднее время ожидания заявки - 0,8		Количество поступивших заявок	185
		Количество обслуженных заявок	185
		Занятость системы обслуживанием	9 %

Вычислить Очистить Выход



Рисунок 6 – Результат работы программы

В заключении подводятся основные итоги исследований, проводится анализ полученных результатов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

– Толкачева, О.А. Математическая модель выбора оптимальных параметров системы массового обслуживания/ О.А. Толкачева, М.М. Зарубин // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, 9-20 апреля Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. Ч. 2. – С. 242-244.

– Толкачева, О.А. Математическая модель выбора оптимальных параметров системы массового обслуживания/ О.А. Толкачева, М.М. Зарубин // Сборник материалов: 2-ая всерос. национальная науч. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апр. 2019 г.