

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт прикладной математики, физики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Хорьков К.С.

08 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

02.04.01 «Математика и компьютерные науки»

(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Математические методы в экономике и финансах

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения курса «Теория массового обслуживания» является формирование у студентов фундаментальных теоретических знаний и практических навыков моделирования с помощью ЭВМ систем массового обслуживания (СМО) и анализа операционных характеристик СМО, а также обучение студентов современным программным средствам для проектирования и разработки моделей СМО. В ходе изучения курса у студента должно формироваться представление о методах анализа СМО, создания их моделей, анализа полученных характеристик СМО по результатам использования модели.

Задачи:

- изучение и освоение основных теоретических методов и приёмов исследования систем массового обслуживания (СМО);
- обучение теории и практике моделирования СМО и определения их операционных характеристик;
- дальнейшее развитие логического и алгоритмического мышления;
- освоение принципов работы с современными средствами, предназначенными для проектирования моделей СМО;
- выработка умения самостоятельного решения задач по выбору метода и средства проектирования модели СМО, методов тестирования и определения качественных характеристик полученной модели;
- получение навыков в построении моделей СМО, в алгоритмизации задач, программировании и отладке программ, а также тестировании создаваемых программных модулей проектируемой модели СМО.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теория массового обслуживания» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана (дисциплина по выбору).

Пререквизиты дисциплины: теория вероятностей и математическая статистика, эконометрика, исследование операций и др.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач. УК-1.2. Умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности. УК-1.3. Владеет методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели,	Знает: <ul style="list-style-type: none">- основные понятия и методы теории массового обслуживания;- методы определения характеристик систем и сетей массового обслуживания. Умеет анализировать полученное решение. Владеет: <ul style="list-style-type: none">- навыками составления математических моделей систем массового обслуживания;- навыками использования анализа систем массового	Отчеты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к отчетам по лабораторным работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

	определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.	обслуживания в профессиональной практической деятельности.	
ПК-5. Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов экономико-математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	<p>ПК-5.1. Знает возможности современных и перспективных средств разработки программных продуктов и технических средств для реализации алгоритмов экономико-математических моделей.</p> <p>ПК-5.2. Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения.</p> <p>ПК-5.3. Владеет навыками организации описания типовых процессов и практик разработки и сопровождения требований к системам.</p> <p>ПК-5.4. Владеет навыками анализа возможностей программного обеспечения для реализации алгоритмов экономико-математических моделей.</p>	<p>Знает возможности, ограничения и сферу применения различных типов моделей, используемых при анализе систем массового обслуживания (СМО).</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - идентифицировать проблему и выбрать соответствующую модель и программное обеспечение, грамотно интерпретировать результаты моделирования, выбирать рациональные варианты действий в практических задачах принятия решений с использованием методов и моделей теории массового обслуживания; - реализовать методы теории массового обслуживания. <p>Владеет навыками использования возможностей информационных технологий для построения и анализа эффективных решений в области СМО.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к отчетам по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.</p>

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки	
1	Основные понятия ТМО и классификация СМО. Показатели эффективности функционирования СМО	3	1-2	2		2	2	8
2	Входящие потоки требований и процесс обслуживания: вероятностные характеристики. Пуассоновский поток	3	3-4	2		2	2	8
3	Дискретный марковский случайный процесс. Продельные вероятности	3	5-6	2		2	2	8 Рейтинг-контроль 1
4	СМО с отказами	3	7-8	2		2	2	8
5	СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины	3	9-10	2		2	2	8
6	СМО с ожиданием в очереди неограниченной длины	3	11-12	2		2	2	8 Рейтинг-контроль 2
7	СМО со взаимопомощью между каналами	3	13-14	2		2	2	8
8	Замкнутые системы. Сети массового обслуживания	3	15-16	2		2	2	8
9	Полумарковские модели СМО	3	17-18	2		2	2	8 Рейтинг-контроль 3
Всего за 3 семестр:				18		18		72 Зачет
Итого по дисциплине				18		18		72 Зачет

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Тема 1. Основные понятия ТМО и классификация СМО. Показатели эффективности функционирования СМО

Общая характеристика систем массового обслуживания (СМО). Примеры реализации СМО в различных финансово-экономических, логистических, компьютерных и других сферах. Одноканальные, многоканальные СМО. Основные элементы СМО. Марковские СМО. Дисциплина обслуживания СМО. Возможные ограничения работы СМО. Классификация СМО.

Тема 2. Входящие потоки требований и процесс обслуживания: вероятностные характеристики. Пуассоновский поток

Входящий поток требований. Типы потоков. Вероятностное распределение числа требований в простейшем потоке. Проверка потока требований на принадлежность к простейшим. Вероятностное распределение промежутка времени между требованиями в простейшем потоке

Тема 3. Дискретный марковский случайный процесс. Предельные вероятности

Случайные величины и процессы. Свойство марковости и марковский случайный процесс. Графы состояний системы. Элементы графов состояний системы. Реализация случайного процесса. Матрица состояний системы. Предельный стационарный режим. Предельная вероятность состояний системы. Понятие регулярности марковской цепи.

Тема 4. СМО с отказами

Определение входящего и выходящего потоков СМО. Построение размеченного графа состояний СМО с отказами. Параметры многоканальной СМО с отказами, предельные характеристики эффективности функционирования. Пример вычисления значений характеристик СМО, решение задач.

Тема 5. СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины

Построение графа состояний СМО с ожиданием. Взаимосвязь показателя нагрузки и стационарного режима работы системы. Параметры многоканальной СМО с ожиданием, описание предельных характеристик эффективности функционирования.

Тема 6. СМО с ожиданием в очереди неограниченной длины

Размеченный граф состояний, параметры, предельные характеристики эффективности функционирования, особенности достижения стационарного режима.

Тема 7. СМО со взаимопомощью между каналами

СМО с дисциплиной взаимопомощи «все как один». СМО с отказами и «равномерной» взаимопомощью. СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины и «равномерной» взаимопомощью.

Тема 8. Замкнутые системы. Сети массового обслуживания

Граф состояний замкнутой СМО. Предельные вероятности замкнутой СМО. Общие понятия о сетях массового обслуживания (СеМО). Экспоненциальная СеМО. Входной поток заявок СеМО. Свойства слияния и разветвления потоков. Уравнение баланса.

Тема 9. Полумарковские модели СМО

Основные положения теории полумарковских СМО. Система $M|G|1|\infty$. Метод вложенных цепей Маркова. Распределение числа заявок в системе $M|G|1|\infty$ в произвольный момент времени. Метод дополнительной переменной. Период занятости и виртуальное время ожидания в СМО $M|G|1|\infty$.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

В программе курса предусмотрены лабораторные работы (ЛР).

Лабораторная работа № 1. Марковский процесс с дискретными состояниями и дискретным временем

Построить матрицу переходов для стохастической маршрутизации в сетях с коммутацией пакетов. Проверить матрицу на стохастичность и цепь Маркова на эргодичность.

Лабораторная работа № 2. Исследование СМО с отказами

Исследовать систему массового обслуживания с отказами и ее характеристики качества.

Лабораторная работа № 3. Моделирование реального процесса обслуживания СМО с отказами

Сравнить значения характеристик качества СМО с явными потерями, полученными в результате моделирования и рассчитанными по первой формуле Эрланга.

Лабораторная работа № 4. Исследование N-канальной СМО с ожиданием

Изучить систему массового обслуживания с ожиданием и ее характеристики.

Лабораторная работа № 5. Моделирование реального процесса обслуживания СМО с неограниченной очередью

Сравнить значения характеристик качества СМО с неограниченной очередью, полученные в результате моделирования и теоретического расчета.

Лабораторная работа № 6. Система массового обслуживания G|G|1. Исследование зависимостей параметров от типа функций распределения управляющих последовательностей
Моделирование поведения системы массового обслуживания. Сравнение аналитических и статистических оценок стационарных характеристик для различных видов управляющих последовательностей.

Лабораторная работа № 7. Система массового обслуживания M|G|1. Формула Хинчина-Поллачека

Проверить корректность формулы Хинчина-Поллачека на примере систем типа M|M|1 и M|D|1.

**5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ,
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ**

5.1. Текущий контроль успеваемости

Рейтинг-контроль № 1.

1. Что понимается под системами массового обслуживания (СМО) и для чего они предназначены?
2. В чем стоит цель, предмет задачи теории СМО?
3. Что понимается под характеристикой эффективности работы СМО?
4. Какой процесс называется случайным? Приведите примеры.
5. Какой СП называется марковским?
6. Что представляет собой граф состояний системы?
7. Какие СП называются дискретными?
8. Какие СП называются непрерывными?
9. Дайте определение СП с дискретным и непрерывным временем.
10. Что называется Марковской цепью?
11. Что собой представляют вероятности состояний?
12. Какая Марковская цепь называется однородной (неоднородной)?

Рейтинг-контроль №2.

1. Дайте определение вероятностей состояний системы, в которой протекает Марковский случайный процесс с непрерывным временем.
2. Что называется плотностью вероятности перехода системы из состояния в состояние?
3. Дайте определение однородного и неоднородного Марковского дискретного процесса с непрерывным временем.
4. Определите размеченный граф состояний системы, в которой протекает Марковский случайный процесс с непрерывным временем.
5. На какие классы делятся СМО в зависимости от: характера потоков; числа каналов; дисциплины обслуживания; ограничения потока заявок; количества этапов обслуживания?
6. Как выглядит размеченный граф для многоканальной СМО с отказами?
7. Перечислите основные предельные характеристики эффективности функционирования n -канальной СМО с отказами.
8. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с числом мест m в очереди.
9. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием.

Рейтинг-контроль № 3.

1. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ограничением на время ожидания.
2. Постройте размеченный граф состояний для замкнутой n -канальной СМО.
3. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей замкнутой n -канальной СМО.

4. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с отказами и взаимопомощью между каналами типа «все как один».
5. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и взаимопомощью между каналами типа «все как один».
6. СМО какого типа имеет такой же граф состояний?
7. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием и взаимопомощью между каналами типа «все как один».
8. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с отказами и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
9. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
10. Постройте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием и «равномерной» взаимопомощью между каналами.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачет)

Вопросы к зачету

Тема 1. Основные понятия ТМО и классификация СМО. Показатели эффективности функционирования СМО

1. Что понимается под системами массового обслуживания (СМО) и для чего они предназначены?
2. В чем стоит цель, предмет и задачи теории СМО?
3. Какие блоки включает схема СМО?
4. Что понимается под характеристикой эффективности работы СМО?
5. Приведите классификацию СМО.

Тема 2. Входящие потоки требований и процесс обслуживания: вероятностные характеристики. Пуассоновский поток

1. Что такое входящий поток требований и какие параметры его характеризуют?
2. Какое вероятностное распределение имеет число требований в простейшем потоке?
3. Приведите последовательность действий для проверки потока требований на принадлежность к простейшим.
4. Какое вероятностное распределение имеют промежутка времени между требованиями в простейшем потоке?

Тема 3. Дискретный марковский случайный процесс. Предельные вероятности

1. Какой процесс называется случайным? Приведите примеры.
2. Какой СП называется марковским?
3. Что представляет собой граф состояний системы?
4. Какие СП называются дискретными, а какие – непрерывными?
5. Какая система называется эргодической?
6. Какова физическая интерпретация предельных вероятностей состояний дискретной Марковской системы с непрерывным временем?
7. Как составляется система линейных алгебраических уравнений с неизвестными предельными вероятностями по размеченному графу состояний системы?
8. Как составляется система линейных алгебраических уравнений с неизвестными предельными вероятностями по матрице плотностей вероятностей перехода?

Тема 4. СМО с отказами

1. Как выглядит размеченный граф для многоканальной СМО с отказами?
2. Какие вероятности состояний СМО называются предельными и какой режим функционирования они характеризуют?
3. Что представляет собой приведенная интенсивности входящего потока и какова единица измерения этого показателя?
4. Перечислите основные предельные характеристики эффективности функционирования n -канальной СМО с отказами.

Тема 5. СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины

1. Чему равно число состояний n -канальной СМО с числом мест в очереди равным m ?

2. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с числом мест в очереди равным m .
3. С вероятностью какого состояния совпадает вероятность отказа в СМО с ограниченной очередью?
4. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей для n -канальной СМО с числом мест в очереди, равным m .

Тема 6. СМО с ожиданием в очереди неограниченной длины

1. Чему равно число состояний n -канальной СМО с ожиданием в неограниченной очереди?
2. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием в неограниченной очереди.
3. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей для n -канальной СМО с ожиданием в неограниченной очереди.
4. Чему равны абсолютная и относительная пропускные способности n -канальной СМО с ожиданием в неограниченной очереди?
5. С какими характеристиками эффективности n -канальной СМО с ожиданием в неограниченной очереди совпадает среднее число занятых каналов данной системы?

Тема 7. СМО со взаимопомощью между каналами

1. Опишите СМО с дисциплиной взаимопомощи «все как один».
2. Опишите СМО с отказами и «равномерной» взаимопомощью.
3. Опишите СМО с ожиданием в очереди ограниченной длины и «равномерной» взаимопомощью.

Тема 8. Замкнутые системы. Сети массового обслуживания

1. Постройте граф состояний замкнутой СМО.
2. Чем замкнутая СМО отличается от классических СМО?
3. Как определяются предельные вероятности замкнутой СМО?
4. Что такое сеть массового обслуживания (СеМО)?
5. Что такое экспоненциальная СеМО?
6. Что представляет собой входной поток заявок СеМО? Каковы свойства слияния и разветвления потоков?

Тема 9. Полумарковские модели СМО

1. Какие модели СМО называют полумарковскими?
2. Опишите основные положения модели СМО $M|G|1|\infty$.
3. В чем заключается метод вложенных цепей Маркова?
4. Какое распределение имеет число заявок в системе $M|G|1|\infty$ в произвольный момент времени?

5.3. Самостоятельная работа обучающегося

Для самостоятельного изучения студентам отводится 7 тем дисциплины «Теория массового обслуживания». Студенты должны самостоятельно найти, изучить материал и представить доклад (устное выступление). Общие понятия вопросов для самостоятельного изучения приводятся на лекциях тем 7,8. Студентам необходимо более детально разобрать предложенные темы.

Тема 10. Замкнутая многоканальная СМО.

Тема 11. Многоканальная СМО с отказами и с взаимопомощью между каналами типа «все как один».

Тема 12. Многоканальная СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и с взаимопомощью между каналами типа «все как один».

Тема 13. Многоканальная СМО с ожиданием и взаимопомощью типа «все как один».

Тема 14. Многоканальная СМО с отказами и «равномерной» взаимопомощью.

Тема 15. Многоканальная СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и «равномерной».

Тема 16. Многоканальная СМО с ожиданием и «равномерной» взаимопомощью между каналами.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид изда- ния, издательство	Год из- дания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Теория систем массового обслуживания : учебное пособие / составители А. В. Шапошников [и др.]. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2017. — 134 с.	2017	https://www.iprbookshop.ru/75605.html
2. Самусевич, Г. А. Основы теории массового обслуживания : практикум / Г. А. Самусевич. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 44 с. — ISBN 978-5-321-02374-7.	2014	https://www.iprbookshop.ru/68270.html
3. Соколов, Г. А. Основы теории массового обслуживания для экономистов : учебник / Г.А. Соколов. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 128 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-010055-5.	2019	https://znanium.com/catalog/product/1014752
Дополнительная литература		
1. Кирьянова, Л. В. Теория случайных процессов / Л. В. Кирьянова, А. Ю. Лемин, Т. А. Мацеевич — Москва : Издательство МИСИ — МГСУ, 2017. — 98 с. - ISBN 978-5-7264-1584-0.	2017	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726415840.html
2. Соколов, Г. А. Теория случайных процессов для экономистов / Соколов Г. А. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 208 с. - ISBN 978-5-9221-1100-3.	2010	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111003.html

6.2. Периодические издания

1. Успехи математических наук, Журнал РАН (корпус 3, ауд. 414) (1 шт)
2. Автоматика и телемеханика, Журнал РАН (корпус 3, ауд. 414) (1 шт)

6.3. Интернет-ресурсы

1. <http://lib.mexmat.ru>
2. <http://www.mathnet.ru/>
3. <http://exponenta.ru/>
4. <http://www.edu.ru/>
5. <http://www.scilab.org>
6. <http://allmath.com/>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и лабораторного типов.

- Компьютерный класс (528-3): 25 посадочных мест, 13 компьютеров INTEL Core i5 с выходом в Internet, стационарный проектор NEC, маркерная доска.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- Microsoft Excel;
- MATLAB.

Рабочую программу составил:
ст. преподаватель каф. ФАиП Чкалова Д.Г. Чкалова

Рецензент (представитель работодателя):
заместитель директора по развитию ООО «Баланс» Кожин А.В. Кожин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФАиП
Протокол № 11 от 23.06.2022 года
Заведующий кафедрой ФАиП к.ф.-м.н., доцент Бурков В.Д. Бурков

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 02.04.01 «Математика и компьютерные науки»
Протокол № 11 от 23.06.2022 года
Председатель комиссии зав. кафедрой ФАиП Бурков В.Д. Бурков

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры №_____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры №_____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры №_____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____