

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
Т.А. Хагуров
2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.03 ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Направление подготовки/специальность	02.04.01 Математика и компьютерные науки
Направленность (профиль) / специализация	Вычислительная математика
Форма обучения	Очная
Квалификация	Магистр

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03 Численные методы теории массового обслуживания составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Программу составил(и):

Н.А. Наумова, профессор кафедры вычислительной математики и информатики, д.-р. тех. н., доц.


_____ подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03 Численные методы теории массового обслуживания утверждена на заседании кафедры вычислительной математики и информатики
протокол № 17 « 13 » мая 2026 г.

И. о. заведующего кафедрой вычислительной математики и информатики

Фоменко С.И.

фамилия, инициалы


_____ подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета Математики и компьютерных наук
протокол № 3 « 13 » мая 2026 г.

Председатель УМК факультета

Шмалько С.П.

фамилия, инициалы


_____ подпись

Рецензенты:

Уртенев М.Х., д.-р. физ.-мат.н., профессор кафедры прикладной математики Кубанского государственного университета

Луценко Е.В., д.-р. э.н., канд. тех.н., профессор кафедры компьютерных технологий и систем Кубанского государственного аграрного университета

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины - сформировать компетенции обучаемых в области теоретико-вероятностного подхода к изучению теории массового обслуживания, численных методов решения задач теории массового обслуживания, а также овладение навыками самостоятельного решения аналогичных задач.

1.2 Задачи дисциплины

- изучение математических методов исследования систем массового обслуживания;
- изучения численных методов расчета различных систем массового обслуживания;
- формирование навыков построения математических моделей и оптимизации систем массового обслуживания различных типов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы теории массового обслуживания» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 1 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации - зачет.

Перечень предшествующих дисциплин, необходимых для изучения дисциплины «Численные методы теории массового обслуживания»: компьютерное моделирование, дискретная математика, теория вероятностей и математическая статистика, дифференциальные уравнения. Данная дисциплина является предшествующей в соответствии с учебным планом для дисциплин: технологическая (проектно-технологическая) практика, научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно- исследовательской работы), преддипломная практика.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий	
ПК-1.1 Демонстрирует навыки решения задач классической математики, теоретической механики, математической физики	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся знает основные понятия, идеи и методы изучаемой дисциплины, применяемые для решения задач фундаментальной и прикладной математики
	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся умеет применять основные понятия, идеи и методы изучаемой дисциплины для решения задач фундаментальной и прикладной математики
	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся владеет методами решения актуальных и важных задач фундаментальной и прикладной математики
ПК-1.2. Демонстрирует навыки программирования подготовленных	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся знает методы анализа и

алгоритмов решения вычислительных задач, разработки структуры и программирования реляционных баз данных, а также экспертных систем	обработки проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области
	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области
	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся владеет методами анализа и обработки проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения
		очная
		I семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:	32,2	32,2
Аудиторные занятия (всего):	32	32
занятия лекционного типа	16	16
лабораторные занятия	16	16
практические занятия		
семинарские занятия		
Иная контактная работа:		
Контроль самостоятельной работы (КСР)		
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:	75,8	75,8
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
Контрольная работа	15	15
Расчётно-графическая работа		

(РГР) (подготовка)			
Реферат/эссе (подготовка)		20	20
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)		35	35
Подготовка к текущему контролю		5,8	5,8
Контроль:			
Подготовка к экзамену			
Общая трудоемкость	час.	108	108
	в том числе контактная работа	32,2	32,2
	зач. ед	3	3

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в первом семестре первого курса:

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Математическая модель системы массового обслуживания	14	2		2	10
2.	Элементы теории аппроксимации распределений	14	2		2	10
3.	Марковские системы и марковизация систем	18	4		4	10
4.	Расчет простейших систем массового обслуживания	28	4		4	20
5.	Численные методы расчета многоканальных система массового обслуживания	28	4		4	20
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	102	16		16	70
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	5,8				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Математическая модель системы массового обслуживания	Классификация состояний системы: источники, поглотители, транзитивные и изолированные состояния. Понятие об эргодическом процессе. Теорема Маркова (без доказательства) и ее применение для расчета финальных вероятностей состояний.	Т
2.	Элементы теории	Аппроксимация распределений. Распределение максимума	РГЗ

	аппроксимации распределений	и минимума. Остаточные распределения. Гамма-распределение. Распределение Эрланга. Распределение Парето. Гиперэкспоненциальное распределение. Двухфазные распределения.	
3.	Марковские системы и марковизация систем	Понятие случайного процесса. Цепь Маркова с конечным числом состояний и дискретным временем. Граф состояний. Матрица переходных вероятностей. Стационарное распределение. Метод Эрланга. Метод линейчатых марковских процессов. Метод вложенных цепей Маркова. Метод фиктивных фаз.	РГЗ
4.	Расчет простейших систем массового обслуживания	Основные понятия и классификация систем массового обслуживания (СМО): по поведению заявки (с отказами, с очередью, смешанного типа); по характеру источника заявок (открытого и замкнутого типа); по дисциплине ожидания и обслуживания. Параметры и характеристики СМО; параметры входящего потока; параметры структуры СМО. Показатели эффективности СМО. Формула Литтла.	РГЗ
5.	Численные методы расчета многоканальной системы массового обслуживания	Итерационный метод для простейшего потока. Итерационный метод для рекуррентного потока. Метод матрично-геометрической прогрессии. Метод прогонки. Метод сверток. «Интегральный» метод. Метод пересчета.	РГЗ

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Математическая модель системы массового обслуживания	Классификация состояний системы: источники, поглотители, транзитивные и изолированные состояния. Понятие об эргодическом процессе. Теорема Маркова (без доказательства) и ее применение для расчета финальных вероятностей состояний.	Решение задач
2.	Элементы теории аппроксимации распределений	Аппроксимация распределений. Распределение максимума и минимума. Остаточные распределения. Гамма-распределение. Распределение Эрланга. Распределение Парето. Гиперэкспоненциальное распределение. Двухфазные распределения.	Защита РГЗ
3.	Марковские системы и марковизация систем	Понятие случайного процесса. Цепь Маркова с конечным числом состояний и дискретным временем. Граф состояний. Матрица переходных вероятностей. Стационарное распределение. Метод Эрланга. Метод линейчатых марковских процессов. Метод вложенных цепей Маркова. Метод фиктивных фаз.	Защита РГЗ
4.	Расчет простейших систем массового обслуживания	Основные понятия и классификация систем массового обслуживания (СМО): по поведению заявки (с отказами, с очередью, смешанного типа); по характеру источника заявок (открытого и замкнутого типа); по дисциплине ожидания и обслуживания. Параметры и характеристики СМО; параметры входящего потока; параметры структуры СМО. Показатели эффективности СМО. Формула Литтла.	Защита РГЗ
5.	Численные методы расчета многоканальной системы массового обслуживания	Итерационный метод для простейшего потока. Итерационный метод для рекуррентного потока. Метод матрично-геометрической прогрессии. Метод прогонки. Метод сверток. «Интегральный» метод. Метод пересчета.	Защита РГЗ

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид самостоятельной работы	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Подготовка к текущему контролю	<p>1. Методические указания для подготовки к занятиям лекционного и семинарского типа. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 7 от 14 мая 2026 г.</p> <p>2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 7 от 14 мая 2026 г..</p> <p>3. Методические указания по использованию интерактивных методов обучения. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 7 от 14 мая 2026 г.</p> <p>4. Методические указания по подготовке эссе, рефератов, курсовых работ. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 7 от 14 мая 2026 г.</p>
2.	Выполнение лабораторных работ и расчетно-графических заданий	<p>1. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.</p> <p>2. Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 7 от 14 мая 2026 г.</p>
4.	Подготовка и оформление отчетов по практике	Методические указания по подготовке и оформлению отчета по практике. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 7 от 14 мая 2026 г.
5.	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	Методические указания по выполнению и защите выпускной квалификационной работы (бакалавриат, магистратура, специалитет). Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 7 от 14 мая 2026 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, лабораторные занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Алгебра».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме разноуровневых заданий для контрольных работ, теоретических вопросов к коллоквиуму, доклада-презентации по проблемным вопросам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ПК-1.1. Знает основные понятия, идеи и методы фундаментальных математических дисциплин для решения базовых задач	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся знает основные понятия, идеи и методы изучаемой дисциплины, применяемые для решения задач	Выполнение домашних заданий	Вопрос на зачете 1-8

		<p>фундаментальной и прикладной математики</p> <p>В результате изучения учебной дисциплины обучающийся умеет применять основные понятия, идеи и методы изучаемой дисциплины для решения задач фундаментальной и прикладной математики</p> <p>В результате изучения учебной дисциплины обучающийся владеет методами решения актуальных и важных задач фундаментальной и прикладной математики</p>	<p>Опрос на лекционных и лабораторных занятиях,</p> <p>Контрольная работа</p>	
2	<p>ПК-1.2. Умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области</p>	<p>В результате изучения учебной дисциплины обучающийся знает методы анализа и обработки проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области</p> <p>В результате изучения учебной дисциплины обучающийся умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области</p> <p>В результате изучения учебной дисциплины обучающийся владеет методами анализа и обработки проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области</p>	<p>Выполнение домашних заданий</p> <p>Опрос на лекционных и лабораторных занятиях,</p> <p>Контрольная работа</p>	<p>Вопрос на зачете 1-8</p>

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Лабораторные работы (расчетно-графические задания)

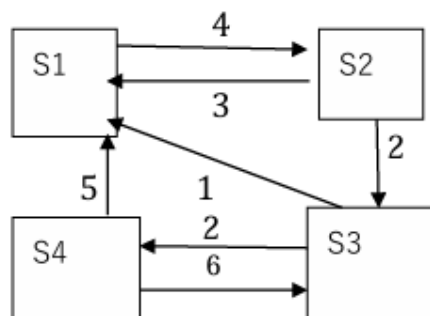
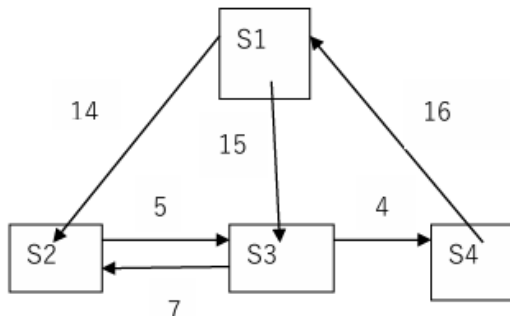
ЛР 1. *Лабораторная работа: "Исследование простых марковских СМО".*

Цель работы: исследовать зависимость основных характеристик СМО от условий функционирования СМО

Вариант 1	Вариант 2
В СМО $M/M/m/n$ вычислить основные характеристики. Найти зависимость этих характеристик от коэффициента загрузки ρ . Зависимость получить в виде таблиц и графиков.	В СМО $M/M/m \infty$ вычислить основные характеристики. Найти зависимость этих характеристик от коэффициента загрузки ρ . Зависимость получить в виде таблиц и графиков.

ЛР 2. *Лабораторная работа:* ”Случайные процессы с дискретными состояниями в стационарном случае”.

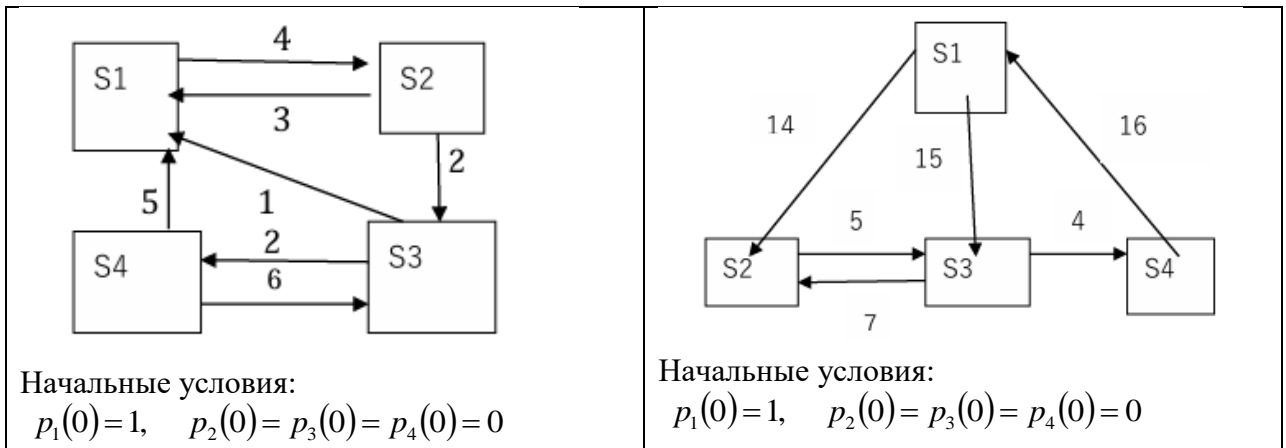
Цель работы: освоить технику численного анализа СМО, описываемых скалярными процессами с дискретными состояниями в стационарном случае

Вариант 1	Вариант 2
<p>По графу состояний составить систему уравнений (1.27) и найти предельные вероятности.</p>  <p>Найти эффективность работы системы, если в состояниях S1 и S2 доход составляет 40 и 50 ден. единиц соответственно, а в состояниях S3 и S4 – убытки в размере 10 и 20 ден. единиц.</p>	<p>По графу состояний составить систему уравнений (1.27) и найти предельные вероятности.</p>  <p>Оценить среднюю эффективность системы, если в состояниях S1, S2, S3 и S4 система приносит 12, 10, 15 и 6 ден. единиц дохода соответственно.</p>

ЛР 3. *Лабораторная работа:* ”Случайные процессы с дискретными состояниями с непрерывным временем”.

Цель работы: освоить технику составления и решения дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена.

Вариант 1	Вариант 2
<p>По графу состояний системы составить систему уравнений Колмогорова-Чепмена и найти вероятности состояний при заданных начальных условиях:</p> <ol style="list-style-type: none"> с помощью численного решения системы уравнений методом Эйлера или Рунге-Кутты четвертого порядка; с помощью преобразования Лапласа 	<p>По графу состояний системы составить систему уравнений Колмогорова-Чепмена и найти вероятности состояний при заданных начальных условиях:</p> <ol style="list-style-type: none"> с помощью численного решения системы уравнений методом Эйлера или Рунге-Кутты четвертого порядка; с помощью преобразования Лапласа



ЛР 4. Лабораторная работа: ” Закон распределения и числовые характеристики времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний”.

Цель работы: освоить технику нахождения закона распределения и числовых характеристик времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний

Вариант 1	Вариант 2
<p>В вычислительном центре имеется 3 однотипных ЭВМ. На каждую ЭВМ действует пуассоновский поток отказов с интенсивностью $\lambda(t)$ и пуассоновский поток ремонта ЭВМ с интенсивностью $\mu(t)$.</p> <p>Найти выражение для плотности распределения случайной величины T_{1-2} – Времени, в течении которого в ВЦ будут работать 1 или 2 ЭВМ, если в начальный момент работала одна ЭВМ. Все ЭВМ работают независимо.</p> <p>Найти численное решение задачи (вероятности состояний, числовые характеристики), если $\lambda = 2, \mu = 1$</p>	<p>В вычислительном центре имеется 3 однотипных ЭВМ. На каждую ЭВМ действует пуассоновский поток отказов с интенсивностью $\lambda(t)$ и пуассоновский поток ремонта ЭВМ с интенсивностью $\mu(t)$.</p> <p>Найти выражение для плотности распределения случайной величины T_{2-3} – Времени, в течении которого в ВЦ будут работать 2 или 3 ЭВМ, если в начальный момент работало три ЭВМ. Все ЭВМ работают независимо.</p> <p>Найти численное решение задачи (вероятности состояний, числовые характеристики), если $\lambda = 2, \mu = 1$</p>

ЛР 5. Лабораторная работа: ” Векторные процессы размножения и гибели. Марковизация систем»

Цель работы: освоить технику численного анализа СМО, описываемых векторными процессами размножения и гибели

Вариант 1	Вариант 2
<p>Рассмотреть СМО $E_3/M/1/1$ и найти численно ее стационарные вероятности и характеристики, используя метод псевдосостояний.</p> <p>Параметры закона Эрланга и показательного закона равны соответственно: $\lambda = 0,2, \mu = 0,6$</p>	<p>Рассмотреть СМО $E_3/M/1/1$ и найти численно ее стационарные вероятности и характеристики, используя метод псевдосостояний.</p> <p>Параметры закона Эрланга и показательного закона равны соответственно: $\lambda = 0,1, \mu = 0,3$</p>

Примерный перечень вопросов и заданий

Типовые задачи для расчетно-графического задания (РГЗ):

Задача 1. На диспетчерский пульт поступает поток заявок, который является потоком Эрланга второго порядка. Интенсивность потока заявок равна 6 заявок в час. Если диспетчер в случайный момент оставляет пульт, то при первой же очередной заявке он обязан вернуться к пулту. Найти плотность распределения времени ожидания очередной заявки и построить ее график. Вычислить вероятность того, что диспетчер сможет отсутствовать от 10 до 20 минут.

Задача 2. Дисплейный зал имеет 5 дисплеев. Поток пользователей простейший. Среднее число пользователей, посещающих дисплейный зал за сутки, равно 140. Время обработки информации одним пользователем на одном дисплее распределено по показательному закону и составляет в среднем 40 минут. Определить, существует ли стационарный режим работы зала; вероятность того, что пользователь застанет все дисплеи занятыми (p^*) и среднее число пользователей в дисплейном зале.

Задача 3. Смоделировать однолинейную марковскую СМО с ожиданием с заданными переменной интенсивностью входящего потока требований $\lambda(t)$ и переменной интенсивностью обслуживания $\mu(t)$. Методами математической статистики проверить гипотезу о том, что условие $\max_t \lambda(t) < \max_t \mu(t)$ обеспечивает существование стационарного режима рассматриваемой системы. Построить оценки средней длины очереди и среднего времени ожидания вместе с доверительными интервалами.

Задача 4. Реализовать алгоритм моделирования системы СМО $G|G|1|\infty$. Найти оценки среднего времени ожидания, средней длины очереди. Построить доверительные интервалы для этих оценок. Сравнить построенные оценки с результатами, полученными при помощи аппроксимации HR распределениями

Задача 5. Разработать замкнутую марковскую СМО с разнотипными требованиями. Данная сеть отличается от открытой марковской СМО с разнотипными требованиями тем, что в сети циркулирует фиксированное число L требований, требования не приходят в сеть извне, т. е. $\Lambda \equiv 0$, и не могут покидать сеть, т. е. $p_{ir,j} \equiv 0, \forall 1 \leq i, r \leq R, \forall 1 \leq r \leq Q$.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)

1. Классификация состояний системы: источники, поглотители, транзитивные и изолированные состояния. Понятие об эргодическом процессе. Теорема Маркова (без доказательства) и ее применение для расчета финальных вероятностей состояний.
2. Аппроксимация распределений. Распределение максимума и минимума. Остаточные распределения. Гамма-распределение. Распределение Эрланга. Распределение Парето. Гиперэкспоненциальное распределение. Двухфазные распределения.
3. Понятие случайного процесса. Цепь Маркова с конечным числом состояний и дискретным временем. Граф состояний. Матрица переходных вероятностей. Стационарное распределение.
4. Метод Эрланга. Метод линейчатых марковских процессов. Метод вложенных цепей Маркова. Метод фиктивных фаз.
5. Основные понятия и классификация систем массового обслуживания (СМО): по поведению заявки (с отказами, с очередью, смешанного типа); по характеру источника заявок (открытого и замкнутого типа); по дисциплине ожидания и обслуживания. Параметры и характеристики СМО; параметры входящего потока; параметры структуры СМО. Показатели эффективности СМО. Формула Литтла.
6. Итерационный метод для простейшего потока. Итерационный метод для рекуррентного потока.
7. Метод матрично-геометрической прогрессии. Метод прогонки. Метод сверток.

8. «Интегральный» метод. Метод пересчета.

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает методы доказательства основных утверждений, устанавливает логические связи между понятиями, владеет навыками применения методов изучаемой дисциплины для решения базовых задач, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять теоретический материал, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры, иллюстрирующие теоретический материал, имеет довольно ограниченный объем знаний о базовых понятиях изучаемой дисциплины.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Васильев, А. А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для вузов / А. А. Васильев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2025. - 224 с. - URL: <https://urait.ru/bcode/562827> (дата обращения: 24.04.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-16714-6. - Текст : электронный. Ссылка на ресурс: <https://urait.ru/bcode/562827>

2. Вентцель, Елена Сергеевна. Исследование операций : задачи, принципы, методология : учебное пособие для студентов вузов / Е. С. Вентцель. - 2-е изд., стер. - М.

: Высшая школа, 2001. - 208 с. : ил. - Библиогр.: с. 206-207. - ISBN 5060039935. - Текст : непосредственный. Прямая ссылка:

http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=22020&idb=0

3. Дудин А.Н., Медведев Г.А., Меленец Ю.В. Практикум на ЭВМ по теории массового обслуживания [Электронный ресурс]: Учебное пособие — Электрон. текст. дан. (953 Кб). — Мн.: “Электронная книга БГУ”, 2003. — Режим доступа: <http://anubis.bsu.by/publications/elresources/AppliedMathematics/dudin.pdf> . — Электрон. версия печ. публикации, 2000. — PDF формат, версия 1.4 . — Систем. требования: Adobe Acrobat 5.0 и выше.

4. Кирпичников, Александр Петрович. Методы прикладной теории массового обслуживания / А. П. Кирпичников ; [науч. ред. А. М. Елизаров]. - [Казань] : Казанский университет, 2011. - 199 с., [1] л. ил. - ISBN 9785981809200 : 15.00. - Текст: непосредственный. Прямая ссылка:

http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=97397&idb=05

5.2. Периодическая литература

1. Журнал “Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Естественно-математические и технические науки» / - Издательство Адыгейского государственного университета. – ISSN [2410-3225](#)- [Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Естественно-математические и технические науки»](#)

[2. Журнал " Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки" ISSN 2079-6641 \(Print\), ISSN 2079-665X \(Online\) . - Учредитель и издатель:](#) ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» и ФГБУН Институт космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук - [Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки](#)

5.3 Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронная библиотека Научной библиотеки КубГУ

<http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>

Электронный каталог

Поступления литературы в библиотеки филиалов

Поступления диссертаций и авторефератов

Статьи из периодики и научных сборников с 2016 г.

Статьи из периодики и научных сборников до 2016 г.

Газеты и журналы

Электронная библиотека трудов ученых КубГУ

Электронно-библиотечные системы (ЭБС)

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru/>
2. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт» <https://urait.ru/>
4. ЭБС «ZNANIUM» <https://znanium.ru/>
5. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>

Профессиональные базы данных российские

1. Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>
2. Базы данных компании «ИВИС» <https://eivis.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
4. МИАН. Полнотекстовая коллекция математических журналов <http://www.mathnet.ru>
5. Журнал Квантовая электроника <https://quantum-electron.lebedev.ru/arhiv/>
6. Журнал Успехи физических наук <https://ufn.ru/>
7. Полнотекстовая коллекция журналов на платформе РЦНИ (Электронные версии научных журналов РАН) <https://journals.rcsi.science/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная библиотечная система социо-гуманитарного знания «SOCHUM» <https://sochum.ru/>

Информационные справочные системы

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Профессиональные базы данных зарубежные

1. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
2. Полнотекстовая коллекция книг eBook Collections издательства SAGE Publications <https://sk.sagepub.com/books/discipline>
3. Полнотекстовая коллекция книг EBSCO eBook <https://books.kubsu.ru/>
4. Ресурсы Springer Nature <https://link.springer.com/>, <https://www.nature.com/>
5. Chemical Abstracts Service (CAS) SciFinder Discovery Platform <https://scifinder-n.cas.org>
6. Questel. База данных Orbit Premium edition <https://www.orbit.com>
7. Полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing (AIPP Ebook) <https://pubs.aip.org/books>
8. Полнотекстовая архивная коллекция журналов издательства American Institute of Physics Publishing (AIPP Digital Archive) <https://pubs.aip.org/>
9. China National Knowledge Infrastructure. БД CNKI Academic Reference (AR) <https://ar.oversea.cnki.net/>

Базы данных открытого доступа

1. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>
2. Американская патентная база данных <https://www.uspto.gov/patents/search/patent-public-search>
3. Лекториум ТВ - видеолекции ведущих лекторов России <http://www.lektorium.tv/>
4. Приоритетные научные направления РУДН. Специальные коллекции <https://priority-lib.rudn.ru/>

Базы данных КубГУ

1. Открытая среда модульного динамического обучения КубГУ <https://openedu.kubsu.ru/>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://infoneeds.kubsu.ru/>

3. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, лабораторных занятий, в ходе которых студентами приобретаются и закрепляются основные практически навыки решения различных задач, в том числе с применением полученных теоретических знаний.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине. Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью процесса подготовки. Под самостоятельной работой понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирования умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности. СРС помогает формировать культуру мышления студентов, расширять познавательную деятельность.

Виды самостоятельной работы по курсу:

а) по целям: подготовка к лекциям, к практическим занятиям, к контрольной работе, к коллоквиуму; подготовка научного доклада и выполнение заданий по НИР.

б) по характеру работы: изучение литературы, конспекта лекций; поиск литературы в библиотеке; конспектирование рекомендуемой для самостоятельного изучения научной литературы; решение задач, тестов; работа с обучающими и контролирующими программами.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Office; Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»)
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Office; Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»)

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	1. Microsoft Windows 8,10 2. Microsoft Office Word Professional Plus.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 301Н, 304Н 316Н, 320Н, 309Н)_)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	1. Microsoft Windows 8,10 2. Microsoft Office Word Professional Plus. 3. Mathcad PTC Prime 3.0 4. Maple 18 5. MATLAB 6. Photoshop CC 7. CorelDRAW Graphics Suite X7 8. PDF Transformer+