

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория массового обслуживания

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.04 Теория массового обслуживания относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-4: Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	<p>ПК-4.1: Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем</p> <p>ПК-4.2: Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы</p> <p>ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой</p>	<p>ПК-4.1:</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные элементы систем массового обслуживания и основные показатели качества их работы; <p>- свойства марковских случайных процессов с дискретным и непрерывным временем;</p> <p>- этапы построения марковской модели обслуживания;</p> <p>- основные особенности метода вложенных цепей Маркова.</p> <p>ПК-4.2:</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вычислять важнейшие критериальные характеристики для конкретных СМО; -строить математическую модель системы с использованием марковских случайных процессов; -исследовать марковские модели обслуживания. <p>ПК-4.3:</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками построения и анализа систем массового обслуживания; 	Контрольная работа Доклад	Зачёт: Задания Задачи

		-методами решения задач оптимизации в управляемых стохастических системах.		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	12
- КСР	1
самостоятельная работа	35
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Основные показатели качества обслуживания в СМО.	16	6	3	9	7
Марковские случайные процессы и их свойства.	16	6	3	9	7
Марковские модели массового обслуживания.	19	6	3	9	10
Неклассические системы массового обслуживания.	20	6	3	9	11
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	24	12	37	35

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные показатели качества обслуживания в СМО.

Вероятность потери требования в системе с потерями. Функция распределения времени ожидания требования в системе с ожиданием. Среднее время ожидания. Распределение длины интервала занятости прибора. Распределение величины очереди. Нахождение данных характеристик для не-которых систем массового обслуживания.

2. Марковские случайные процессы и их свойства.

Марковские случайные процессы с дискретным множеством состояний и дискретным временем: определение, матрица вероятностей перехода за один шаг, рекуррентная формула для нахождения одномерных распределений процесса, примеры. Непрерывные цепи Маркова: определение, плотность вероятности перехода, поток вероятности перехода, уравнение Колмогорова, условие существования финальных вероятностей для состояний системы, схема гибели и размножения, примеры.

3. Марковские модели массового обслуживания.

Этапы построения марковской модели. Система из n элементов и r ($r \geq 4$). Неклассические системы массового обслуживания.

Неординарные потоки. Системы обслуживания с конфликтными входными потоками. Построение марковской модели СМО в виде векторной последовательности. Получение рекуррентных соотношений для одномерных распределений и производящих функций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Методические материалы указаны в пункте "Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)"

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Типовая контрольная работа для оценки сформированности компетенции ПК - 4

1. На вход двухканальной СМО с отказами поступает простейший поток заявок с интенсивностью $\lambda = 0.5$. Время обслуживания показательное с параметром $\mu = 0.9$. В начальный момент времени каналы заняты. Построить размеченный граф состояний СМО. Найти вероятности состояний системы в установившемся режиме и вычислить коэффициенты загрузки и простоя в данной системе.

2. По двум урнам разложено n белых и n черных шаров так, что каждая урна содержит n шаров. Число черных шаров в первой урне определяет состояние системы. В каждый момент времени выбирают случайно по одному шару из каждой урны и выбранные шары меняют местами. Найти вероятности перехода.

3. Железнодорожная сортировочная горка, на которую подается простейший поток составов с интенсивностью $\lambda = 2$ состава в час, представляет собой одноканальную СМО с неограниченной очередью. Время обслуживания (ропуска состава на горке) имеет показательное распределение со средним значением 20 минут. Найти предельные вероятности состояний СМО, среднее число составов, связанных с горкой, среднее число составов в очереди и среднее время пребывания состава в системе.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи без ошибок или с негрубыми ошибками. Выполнены все задания полностью или частично.
не зачтено	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Темы докладов

1. Исследование системы массового обслуживания с потерями и приоритетным обслуживанием.
2. Принцип введения дополнительных переменных при рассмотрении многомерных марковских моделей массового обслуживания.
3. Статистическое моделирование.
4. Исследование систем с малой загрузкой.
5. Функционирование системы в условиях большой загрузки.
6. Системы с полной информацией.
7. Системы с неполной информацией.
8. Системы обслуживания с возможностью изменения вероятностной структуры входных потоков
9. Управление потоками требований по алгоритму с приоритетом.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрирован базовый или более высокий уровень владения материалом.
не зачтено	Не сделан доклад или отсутствует понимание представляемого материала.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Привести примеры реальных систем, математической моделью которых может служить система массового обслуживания.
2. Перечислить основные показатели качества обслуживания в СМО. Поставить задачу оптимизации алгоритмического управления потоками в УСПСО.
3. Описать метод нахождения вероятности потери требования
4. В чем заключается способ нахождения функции распределения времени ожидания требования?
5. Как найти распределение длины интервала занятости прибора?
6. Описать метод нахождения распределения длины очереди.
7. Дать определение марковских случайных процессов и перечислить их основные свойства.
8. Записать уравнения Колмогорова и пояснить их содержательное значение.
9. Перечислить этапы построения марковской модели обслуживания и проиллюстрировать их на примере.
10. В чем заключается метод вложенных цепей Маркова. Привести пример.

11. Дать определение относительного и абсолютного приоритетов. Пояснить на примерах.
12. Перечислить все компоненты УСПСО и на содержательном уровне дать их описание.
13. Указать отличительные особенности нелокального описания входных потоков.
14. Дать определение потоков насыщения и провести их классификацию.
15. Пояснить понятие стратегии механизма обслуживания.
16. Поставить задачу оптимизации алгоритмического управления потоками в УСПСО.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продemonстрирован базовый или более высокий уровень владения материалом при выполнении задания.
не зачтено	Задание не выполнено или не продемонстрирован достаточный уровень владения материалом при выполнении задания. .

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК – 4:

1. Вычислить по графу состояний, пользуясь схемой гибели и размножения, финальные вероятности состояний для простейшей двухканальной СМО с тремя местами в очереди при заданных характеристиках поступления и обслуживания требований. Найти для данной СМО важнейшие ее показатели качества непосредственно через финальные вероятности состояний.
2. Бригада из трех рабочих обслуживает 10 станков. Поток отказов каждого станка имеет интенсивность 0.5, среднее время наладки станка равно 15. Все потоки событий простейшие. Найти абсолютную пропускную способность СМО и среднее число неисправных станков.
3. Имеется простейшая трехканальная СМО с отказами. На нее поступает поток заявок с интенсивностью 4 заявки в минуту. Время обслуживания заявки одним каналом 0.5 минут. Определить, выгодно ли с точки зрения пропускной способности СМО заставить все три канала обслуживать заявки сразу? Как это скажется на среднем времени пребывания заявки в СМО?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи без ошибок или с негрубыми ошибками. Выполнены все задания полностью или частично.
не зачтено	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Хинчин Александр Яковлевич. Работы по математической теории массового обслуживания / под ред. Б. В. Гнеденко. - М. : Физматгиз, 1963. - 235 с. - 0.72., 4 экз.
2. Федоткин Михаил Андреевич. Модели в теории вероятностей : учебник. - М. : Физматлит : ННГУ, 2012. - 608 с. - (Библиотека Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского). - ISBN 978-5-9221-1384-7 : 600.00., 200 экз.

Дополнительная литература:

1. Гихман Иосиф Ильич. Введение в теорию случайных процессов. - М. : Наука, 1965. - 655 с. - (Теория вероятностей и математическая статистика). - 1.79., 18 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Интернет-ресурсы электронного портала ИИТММ
<http://www.itmm.unn.ru/studentam/uchebno-metodicheskie-materialy/>
2. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ им. Лобачевского
<http://www.unn.ru/books/resources.html>
3. Общероссийский математический портал
<http://www.mathnet.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Голышева Наталья Михайловна, кандидат физико-математических наук
Кудрявцев Евгений Владимирович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.