

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

Введение в теорию массового обслуживания

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Анализ данных в прикладных областях

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.04 Введение в теорию 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-11: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	<p>ПК-11.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p>	<p>ПК-11.1: Знает: - методы построения моделей входных потоков; - основные составные блоки системы массового обслуживания</p> <p>- типовые модели систем массового обслуживания</p> <p>ПК-11.2: Умеет: - записывать и решать основные уравнения для основных характеристик процессов обслуживания типовых систем массового обслуживания</p> <p>ПК-11.3: Имеет навыки: - качественной интерпретации получаемых в результате решения закономерностей</p>	Собеседование Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК-4.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и</p>	<p>ПК-4.1: Знает: - основные понятия марковских процессов с дискретным и непрерывным временем; - методы анализа процессов рождения и гибели</p>	Собеседование Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы

	<p><i>теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</i></p> <p><i>ПК-4.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</i></p>	<p>ПК-4.2: Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели процессов обслуживания - анализировать многомерные марковские процессы, описывающие процессы обслуживания <p>ПК-4.3: Имеет навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применения аналитических и численных методов для анализа и выработки рекомендаций по проектированию систем массового обслуживания 		
--	---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	79
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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0	0	0	0	0

	ф о	ф о	ф о	ф о	ф о
Введение в марковские процессы	20	4	4	8	12
Элементы теории входного потока	20	4	4	8	12
Модели в виде процессов рождения и гибели	21	6	6	12	9
Изучение периода занятости в марковских системах обслуживания	13	2	2	4	9
Модели систем обслуживания в виде обобщенных процессов рождения и гибели	13	2	2	4	9
Циклические системы обслуживания конфликтных потоков с переналадками	21	6	6	12	9
Приоритные системы обслуживания	35	8	8	16	19
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	144	32	32	65	79

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Понятие случайного процесса. Конечномерные распределения. Марковское свойство. Уравнения Чепмена-Колмогорова. Процессы с непрерывным временем. Прямые и обратные дифференциальные уравнения. Стационарное распределение. Пример: процессы гибели и размножения.
2. Три эквивалентных способа описания потока вызовов. Свойства потоков: стационарность, ординарность, отсутствие последействия. Потоки Пуассона. Рекуррентные потоки.
3. Однолинейные, многолинейные и бесконечнолинейные СМО с простейшим входным потоком и показательным обслуживанием.
4. Период занятости и методы его изучения: дифференциальные уравнения, преобразование Лапласа.
5. Обобщенные процессы рождения-гибели. Распределение Эрланга. Матрично-геометрические решения.
6. Модели в дискретном времени. Конфликтные потоки. Алгоритмы управления потоками. Циклический алгоритм, условия существования стационарного режима. Метод производящих функций.
7. Приоритные системы обслуживания. Модель с пуассоновскими входными потоками. Построение многомерного марковского процесса с дискретным временем. Условия стационарности. Независимость некоторых стационарных вероятностей и загрузки от выбранной функции переключения прибора. Постановка задачи оптимального управления. Алгоритм Климова назначения оптимальных приоритетных индексов

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.

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

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Напишите определение простейшего потока
2. Напишите вид дифференциальных уравнений для состояний системы массового обслуживания М/М/1

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

1. Дайте определение марковского процесса со счетным числом состояний.
2. Напишите прямые и обратные уравнения Колмогорова для счетного марковского процесса

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Поток поступления неисправной аппаратуры в гарантийную мастерскую является простейшим с интенсивностью 10 ед./час. Продолжительность ремонта одной единицы является случайной величиной с показательным законом распределения с параметром 5 ед./час. Определить среднее время, проходящее от момента поступления неисправной аппаратуры до начала ремонта, если в мастерской четверо рабочих, каждый из них ремонтирует ровно один прибор.

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

1. Найти математическое ожидание и корреляционную функцию процесса Пуассона с параметром λ .

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продемонстрированы навыки при решении нестандарт	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х 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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Локальное и нелокальное описание входного потока. Примеры
2. Простейший поток: определяющие свойства, вывод дифференциальных уравнений
3. Однолинейные СМО, описываемые процессами рождения-гибели
4. Конечнелинейные СМО, описываемые процессами рождения-гибели

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

1. Конечномерные распределения марковского случайного процесса. Марковское свойство.

Уравнения Чепмена-Колмогорова

2. Прямые и обратные уравнения Колмогорова. Стационарное распределение

3. Процессы рождения и гибели. Примеры систем массового обслуживания

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

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

Основная литература:

1. Гнеденко Борис Владимирович. Введение в теорию массового обслуживания. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1987. - 336 с. : ил. - (Физико-математическая библиотека инженера). - 1.60., 4 экз.
2. Рыков Владимир Васильевич. Основы теории массового обслуживания (Основной курс:марковские модели, методы марковизации) : Учебное пособие / Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 223 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-010945-9. - ISBN 978-5-16-102970-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=769354&idb=0>.
3. Матвеев Виктор Федорович. Системы массового обслуживания : [учеб. пособие для вузов по специальности "Приклад. математика"]. - М. : Изд-во МГУ, 1984. - 239 с. - 0.55., 12 экз.

Дополнительная литература:

1. Саати Томас Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / пер. с англ. Е. Г. Коваленко ; под ред. И. Н. Коваленко ; с предисл. Б. В. Гнеденко. - 2-е изд. - М. : Советское радио, 1965. - 510 с. - 2.47., 1 экз.
2. Феллер Вильям. Введение в теорию вероятностей и ее приложения : в 2 т. Т. 2 / пер. со 2-го англ. изд. Ю. В. Прохорова . - М. : Мир, 1984. - 751 с. : граф. - 3.50., 15 экз.

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

Интернет-ресурсы электронного портала ИИТММ <http://www.itmm.unn.ru/studentam/uchebno-metodicheskie-materialy/>

Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ им. Лобачевского
<http://www.unn.ru/books/resources.html>

Общероссийский математический интернет-портал <http://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.

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 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

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

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