

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
« 30 » _ноября_ 2022 г. № _13_

Рабочая программа дисциплины

Вероятностные модели в теории очередей

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Вероятностное моделирование и анализ данных

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений
Б1.В.01 «Вероятностные модели в теории очередей»

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.01 «Вероятностные модели в теории очередей» относится к части ООП направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», формируемой участниками образовательных отношений

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	
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы критического анализа проблемных ситуаций.	Знать основные понятия классической теории массового обслуживания, основные типы характеристик функционирования систем массового обслуживания	Собеседование устный доклад
	УК-1.2. Умеет вырабатывать стратегию действий при возникновении критических ситуаций.	Уметь вычислять простейшие характеристики функционирования для классических систем обслуживания	Задачи
ПК-14 Способность организовать анализ и оптимизацию процессов управления жизненным циклом АСУП в организации	ПК-14.1 Знать принципы организации анализа и оптимизации процессов управления жизненным циклом АСУП в организации	Знать основные элементарные модели систем обслуживания с ожиданием и с потерями.	Собеседование
	ПК-14.2 Уметь организовывать анализ и оптимизацию процессов управления жизненным циклом	Уметь строить математические модели для классических массового обслуживания с ожиданием и с потерями	Задачи контрольная работа

	АСУП в организации		
--	--------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	50
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	94
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы) Очная	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы Очная
		Занятия лекционного типа Очная	Занятия семинарского типа Очная	Занятия лабораторного типа Очная	Всего Очная	
Элементы теории марковских случайных процессов Определение, способы задания, классификация, основные типы.	28	6		4	10	18
Система массового обслуживания Основные элементы и способы их описания, приоритеты, классификация, примеры.	14	4			4	10
Изучение входящего потока Простейший поток Пуассона. Рекуррентные потоки. Неординарные потоки. Марковски-модулированные потоки.	28	6		4	10	18
Процессы рождения и гибели как модели СМО Задача Эрланга. Системы с ожиданием и с потерями. Бесконечнолинейные системы. Стационарное время ожидания начала обслуживания	36	8		4	12	24
Система M/G/1/∞ Метод вложенной цепи. Закон стационарной очереди. Условия существования стационарного режима. Изучение периода занятости. Формула Литтла	36	8		4	12	24
Текущий контроль (КСР)	2	0		0	2	0
Промежуточная аттестация – экзамен	36	0		0	36	0
Итого	180	32		16	86	94

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (экзамен)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает в себя самостоятельное изучение разделов курса "Вероятностные модели в теории очередей" и подготовку доклада по заданной теме. При выполнении самостоятельной работы студенту предлагается использовать литературу, указанную ниже в п. 6.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Теория массового обслуживания» (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=5323>), созданный в системе электронного обучения ННГУ – <https://e-learning.unn.ru/>.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные

	наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 собеседовании

Результат ответов	Оценка
Студент дает верные развернутые ответы на вопросы преподавателя	зачтено
Студент отвечает только на часть вопросов, или отвечает с ошибками, или не дает развернутого ответа на вопросы	не зачтено

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Марковские случайные процессы с конечным и счетным числом состояний. Способы их задания	УК-1
2. Понятие входного потока требований. Классические способы его описания. Интенсивность потока.	УК-1
3. Простейший поток Пуассона. Свойства, вид конечномерных распределений.	УК-1
4. Неординарный поток. Рекуррентный поток. Марковски-модулированный поток.	УК-1
5. Процесс рождения и гибели. Дифференциальные уравнения Колмогорова. Стационарное решение уравнений.	УК-1
6. Система М/М/г/м. Стационарное распределение для числа требований. Распределение времени ожидания.	ПК-14
7. Система М/М/1/∞. Стационарное распределение для числа требований. Распределение времени ожидания	ПК-14
8. Система М/М/∞. Стационарное распределение для числа требований. Распределение времени ожидания	ПК-14
9. Система М/Г/1/∞. Метод вложенной цепи Маркова.	ПК-14
10. Система М/Г/1/∞. Преобразование Лапласа для периода занятости	ПК-14

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Случайная функция $\xi(t)$ в каждом сечении представляет собой непрерывную случайную величину с плотностью распределения $f(x, t)$. Записать выражения для математического ожидания и дисперсии случайной функции $\xi(t)$.
2. Случайная функция задана в виде $\xi(t) = vt + b$, где v – случайная величина, распределенная по нормальному закону с параметрами a и σ , b – неслучайная величина. Найти одномерную плотность распределения сечения данной случайной функции и ее основные числовые характеристики.

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Автозаправочная станция (АЗС) имеет 2 колонки. Площадка возле нее допускает одновременное ожидание не более 4 машин. Поток машин, прибывающих на станцию, простейший с интенсивностью $\lambda = 1$ машина/мин. Время обслуживания показательное со средним значением 2 мин. Найти финальные вероятности состояний АЗС и ее средние числовые характеристики в стационарном режиме.

5.2.5. Темы докладов (компетенция УК-1):

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.

5.2.6. Пример контрольной работы по компетенции ПК-14:

1. На вход одноканальной СМО с отказами поступает простейший поток заявок с интенсивностью $\lambda = 0.2$. Время обслуживания показательное с параметром $\mu = 0.3$. В начальный момент времени канал занят. Построить размеченный граф состояний СМО. Написать и решить дифференциальные уравнения Колмогорова для вероятностей состояний системы. Найти финальные вероятности состояний и абсолютную и относительную пропускную способность СМО.
2. Найти для простейшей одноканальной СМО с неограниченной очередью среднее число заявок в системе и среднее число заявок в очереди при $\lambda = 0.4$ и $\mu = 0.5$.
3. Вычислить непосредственно по графу состояний, пользуясь схемой гибели и размножения, финальные вероятности состояний для простейшей двухканальной СМО с четырьмя местами в очереди при $\lambda = 0.7$ и $\mu = 0.3$. Найти для этой системы среднее число заявок в СМО и среднее время пребывания заявки в очереди в стационарном режиме.

5.2.6. Вопросы для собеседования

Вопросы для оценки компетенции «УК-1»:

1. Дайте определение случайной функции и случайного процесса.
2. Укажите основные типы классификации случайных процессов.
3. Опишите свойства марковского случайного процесса.
4. Какие три свойства полностью определяют структуру простейшего потока требований?
5. Чему равна интенсивность простейшего потока заявок?
6. Перечислите основные показатели качества работы СМО.
7. Напишите формулы для финальных вероятностей состояний системы с потерями.
8. Напишите формулы для финальных вероятностей состояний системы с ожиданием.
9. Как можно вычислить вероятность потери требования в системе с потерями?
10. Как находятся коэффициенты загрузки и простоя СМО?

Вопросы для оценки компетенции «ПК-14»:

1. Опишите на содержательном уровне систему Эрланга с конечным числом линий.
2. Покажите, что случайный процесс, описывающий систему Эрланга с потерями, является марковским.
3. Приведите примеры реальных систем обслуживания с ожиданием.
4. При каких условиях существует стационарный режим в системе с ожиданием?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Хинчин А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания. - М: ГИФМЛ, 1963. — В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/probability.htm>
2. Рыков В.В., Козырев Д.В. Основы теории массового обслуживания (Основной курс: марковские модели, методы марковизации). . — М. : ИНФРА-М, 2017. — 223 с. (Адрес интернет: <http://znanium.com/catalog/product/792498>)
3. Федоткин М. А. Модели в теории вероятностей. Учебник. — М.: Наука — ФИЗМАТЛИТ, 2012 (196 экз. в библиотеке).

б) дополнительная литература:

1. Гихман И.И. Введение в теорию случайных процессов. — М.: Наука, 1965 (36 экз. в библиотеке).

в) 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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

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 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор к.ф.-м.н., доцент _____ Н.М.Голышева

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой _____ А.В. Зорин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики
от 30.11.2022 года, протокол № 3.