

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<br>(код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |  | Наименование оценочного средства   |                               |
|---|--|--|------------------------------------|-------------------------------|
|   | Индикатор достижения компетенции<br>(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:</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы построения моделей входных потоков;</li> <li>- основные составные блоки системы массового обслуживания</li> </ul> <p>- типовые модели систем массового обслуживания</p> <p>ПК-11.2:</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- записывать и решать основные уравнения для основных характеристик процессов обслуживания типовых систем массового обслуживания</li> </ul> <p>ПК-11.3:</p> <p>Имеет навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- качественной интерпретации получаемых в результате решения закономерностей</li> </ul> | Собеседование<br>Задачи            | Зачёт:<br>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:</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия марковских процессов с дискретным и непрерывным временем;</li> <li>- методы анализа процессов рождения и гибели</li> </ul>  | Собеседование<br>Задачи            | Зачёт:<br>Контрольные вопросы |

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

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  |              |
|--|--------------|
|  | <b>очная</b> |
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>  | <b>4</b>     |
| <b>Часов по учебному плану</b>   | <b>144</b>   |
| в том числе  |              |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |              |
| - занятия лекционного типа   | 32           |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32           |
| - КСР  | 1            |
| <b>самостоятельная работа</b>  | <b>79</b>    |
| <b>Промежуточная аттестация</b>  | <b>0</b>     |
|  | <b>Зачёт</b> |

#### 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/лабораторные работы), часы | Всего |   |
|  | о            | о  | о  | о     | о   |

|  | Ф<br>0 | Ф<br>0 | Ф<br>0 | Ф<br>0 | Ф<br>0 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 последствия. 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. Приоритетные 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  $\lambda$ .

#### **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 | 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 отдельными 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   | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели                      | Имеется минимальный набор навыков для решения  | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны  | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны   | Продemonстрированы навыки при решении нестандарт  | Продemonстрирован 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.

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.