

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Высшая математика»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

*Б1.О.13 «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ»*

для специальности

*23.05.04 «Эксплуатация железных дорог»*

по специализации

*«Грузовая и коммерческая работа»*

*«Магистральный транспорт»*

*«Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта»*

*«Транспортный бизнес и логистика»*

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург  
2025

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена, обсуждена и одобрена на заседании кафедры

*«Высшая математика»*

Протокол № 4 от «17» декабря 2024 г.

Заведующий кафедрой

*«Высшая математика»*

«17» декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_ Е.А. Благовещенская

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО

*«Магистральный транспорт»*

*«Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта»*

«18» декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_ О.Д. Покровская

Руководитель ОПОП ВО

*«Грузовая и коммерческая работа»*

«18» декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_ А.В. Новичихин

Руководитель ОПОП ВО

*«Транспортный бизнес и логистика»*

«18» декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_ П.К. Рыбин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов» (Б1.О.13) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» (далее – ФГОС ВО), утвержденного «27» марта 2018 г., приказ Минобрнауки России № 216.

Целью изучения дисциплины является овладение обучающимися методами и принципами построения математических моделей систем и процессов для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- формирование знаний теории моделирования систем и процессов;
- формирование умений создавать математические модели и анализировать процесс их функционирования;
- формирование знаний в области теории массового обслуживания;
- формирование умений применять алгоритмы и методы решения оптимизационных задач теории графов;
- отработка практических навыков использования многофункциональной системы математических и инженерных расчетов MatLAB и разработки собственных программ в области моделирования;
- развитие творческого мышления обучающихся при решении практических задач с применением математических моделей и методов.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций (части компетенций). Сформированность компетенций (части компетенций) оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

| Индикаторы достижения компетенций  | Результаты обучения по дисциплине (модулю)  |
|--|---|
| <i>ОПК-1. Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.</i>                                 |   |
| <i>ОПК-1.1.2. Знает методы использования математического анализа и моделирования при решении инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>   | <i>Обучающийся знает:<br/>- основы теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, методы регрессионного и дисперсионного анализа.</i>   |
| <i>ОПК-1.2. Умеет решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов математического анализа при организации процессов перевозки и моделировании движения поездов</i> | <i>Обучающийся умеет:<br/>- решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, регрессионного и дисперсионного анализа.</i> |

| <b>Индикаторы достижения компетенций</b>   | <b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>  |
|--|--|
| <i>ОПК-1.3. Владеет методами математического анализа и моделирования в объеме, достаточном для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</i> | <i>Обучающийся владеет:<br/>- методами теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, методами регрессионного и дисперсионного анализа в объеме, достаточном для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</i> |
| <i>УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</i>                      |  |
| <i>УК1.2.1. Умеет осуществлять систематизацию информации, проводить ее критический анализа и обобщать результаты анализа для решения поставленной задачи</i> | <i>Обучающийся умеет:<br/>-находить оптимальные логистические решения на основе анализа и систематизации информации относительно условий практической задачи и существующих методов ее решения</i>   |
| <i>УК-1.2.2. Умеет структурировать проблему и разрабатывать стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов</i>                          | <i>Обучающийся умеет:<br/>- разрабатывать алгоритмы решения практических проблем, структурировать задачу и решать ее последовательно, разбивая решение на блоки, используя методы математического и компьютерного моделирования.</i>             |

### **3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

### **4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Для очной формы обучения

| <b>Вид учебной работы</b>                    | <b>Всего часов</b> |
|--|--------------------|
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 64                 |
| В том числе:                                 |                    |
| – лекции (Л)                                 | 32                 |
| – практические занятия (ПЗ)                  | 16                 |
| – лабораторные работы (ЛР)                   | 16                 |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего)         | 40                 |
| Контроль                                     | 4                  |
| Форма контроля (промежуточной аттестации)    | 3                  |
| Общая трудоемкость: час / з.е.               | 108/ 3             |

Для заочной формы обучения

| <b>Вид учебной работы</b>                    | <b>Всего часов</b> |
|--|--------------------|
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 24                 |
| В том числе:                                 |                    |
| – лекции (Л)                                 | 12                 |
| – практические занятия (ПЗ)                  | 8                  |
| – лабораторные работы (ЛР)                   | 4                  |

| Вид учебной работы                        | Всего часов |
|---|-------------|
| Самостоятельная работа (СРС) (всего)      | 75          |
| Контроль                                  | 9           |
| Форма контроля (промежуточной аттестации) | 3, КР       |
| Общая трудоемкость: час / з.е.            | 108/3       |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения

| № п/п | Наименование раздела дисциплины   | Содержание раздела  | Индикаторы достижения компетенций                     |
|-------|---|---|---|
| 1     | <i>Математическое моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов</i> | <b>Лекция 1.</b> Общие принципы теории моделирования, классификация математических моделей, этапы моделирования, требования к математическим моделям. Введение в теорию графов: терминология, основные определения, виды графов, примеры приложения теории графов.<br><b>Лекция 2.</b> Изоморфизм графов, степени вершины, подграфы, операции над графами. Маршруты, цепи, циклы. Метрические и топологические характеристики графов. Связность графов. Сложность алгоритмов. Машины Тьюринга. Классы P и NP. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|       |   | <b>Практическое занятие 1 (1 час).</b> Изоморфизм графов, степени вершины, подграфы, операции над графами. Маршруты, цепи, циклы. Метрические и топологические характеристики графов. Связность графов. Сложность алгоритмов. Машины Тьюринга. Классы P и NP.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|       |   | <b>Лабораторное занятие 1 (1 час).</b> Изоморфизм графов, степени вершины, подграфы, операции над графами. Маршруты, цепи, циклы. Метрические и топологические характеристики графов. Связность графов. Сложность алгоритмов. Машины Тьюринга. Классы P и NP.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|       |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br><i>Закрепление лекционного материала.<br/>Подготовка к практическим занятиям.<br/>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</i>   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 2     | <i>Экстремальные пути в графах</i>  | <b>Лекция 3.</b> Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда).  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины                                      | Содержание раздела  | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций               |
|----------|---|---|---|
|          |   | <b>Лекция 4.</b> Задача о максимальном пути. Примеры NP-трудных задач на графах и сетях.  |   |
|          |   | <b>Практическое занятие 1 (1 час).</b> Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда) Задача о максимальном пути. Примеры NP-трудных задач на графах и сетях. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Лабораторное занятие 1 (1 час).</b> Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда) Задача о максимальном пути. Примеры NP-трудных задач на графах и сетях. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 3        | Деревья   | <b>Лекция 5.</b> Определение дерева. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима)..<br><b>Лекция 6.</b> Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.                                | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Практическое занятие 2.</b> Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Лабораторное занятие 2.</b> Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 4        | Потоки в сетях.<br>Применение сетевых методов к решению задач линейного | <b>Лекция 7.</b> Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости.<br>Эквивалентность экстремальных задач.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3                       |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины                      | Содержание раздела  | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций               |
|----------|---|---|---|
|          | <i>программирования<br/>транспортного типа</i>          | <b>Лекция 8.</b> Классическая транспортная задача. Операции над Т-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.   | УК1.2.1<br>УК1.2.2                                    |
|          |   | <b>Практическое занятие 3.</b> Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над Т-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Лабораторное занятие 3.</b> Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над Т-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.                                  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 5        | <i>Введение в теорию<br/>массового<br/>обслуживания</i> | <b>Лекция 9.</b> Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла.<br><b>Лекция 10.</b> Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.           | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Практическое занятие 4 (1 час).</b> Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.          | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Лабораторное занятие 4 (1 час).</b> Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.          | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.                                  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 6        | <i>Считающие процессы<br/>и потоки событий</i>          | <b>Лекция 11.</b> Понятие считающего процесса, типы считающих процессов. Однородный процесс Пуассона и связанный с ним «простейший» поток событий. Показательное распределение и процесс Пуассона. Свойства                                       | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины     | Содержание раздела  | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций               |
|----------|--|---|---|
|          |  | простейшего потока событий. Процесс восстановления и поток Пальма.  |   |
|          |  | <b>Практическое занятие 4 (1 час).</b> Понятие считающего процесса, типы считающих процессов. Однородный процесс Пуассона и связанный с ним «простейший» поток событий. Показательное распределение и процесс Пуассона. Свойства простейшего потока событий. Процесс восстановления и поток Пальма. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Лабораторное занятие 4 (1 час).</b> Понятие считающего процесса, типы считающих процессов. Однородный процесс Пуассона и связанный с ним «простейший» поток событий. Показательное распределение и процесс Пуассона. Свойства простейшего потока событий. Процесс восстановления и поток Пальма. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Самостоятельная работа.</b><br><i>Закрепление лекционного материала.<br/>Подготовка к практическим занятиям.<br/>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 7        | Марковские цепи с непрерывным временем | <b>Лекция 12.</b> Понятие марковской цепи. Уравнения Колмогорова – Чепмена. Дифференциальные уравнения Колмогорова. Стационарные и эргодические цепи Маркова. Процессы рождения и гибели. Нахождение стационарного распределения вероятностей для процесса рождения и гибели.                       | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Практическое занятие 5.</b> Понятие марковской цепи. Уравнения Колмогорова – Чепмена. Дифференциальные уравнения Колмогорова. Стационарные и эргодические цепи Маркова. Процессы рождения и гибели. Нахождение стационарного распределения вероятностей для процесса рождения и гибели.          | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Лабораторное занятие 5.</b> Понятие марковской цепи. Уравнения Колмогорова – Чепмена. Дифференциальные уравнения Колмогорова. Стационарные и эргодические цепи Маркова. Процессы рождения и гибели. Нахождение стационарного распределения вероятностей для процесса рождения и гибели.          | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Самостоятельная работа.</b><br><i>Закрепление лекционного материала.<br/>Подготовка к практическим занятиям.<br/>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |



| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины                         | Содержание раздела   | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций               |
|----------|--|--|---|
| 8        | <i>Вычисление показателей эффективности марковских СМО</i> | <b>Лекция 13.</b> Системы $M M m$ , $M M m n$ , $M M \infty$ , $M M m 0$ .<br>Замкнутые системы $M M 1 \infty S$ , $M M \infty \infty S$ . Системы с ограничениями.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Практическое занятие 6.</b> Системы $M M m$ , $M M m n$ , $M M \infty$ , $M M m 0$ .<br>Замкнутые системы $M M 1 \infty S$ , $M M \infty \infty S$ . Системы с ограничениями.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Лабораторное занятие 6.</b> Системы $M M m$ , $M M m n$ , $M M \infty$ , $M M m 0$ .<br>Замкнутые системы $M M 1 \infty S$ , $M M \infty \infty S$ . Системы с ограничениями.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 9        | <i>Марковские сети массового обслуживания (СеМО)</i>       | <b>Лекция 14.</b> Модели открытой и замкнутой СеМО. Теорема Берке. Уравнения баланса. Уравнения равновесия. Решение уравнений равновесия для экспоненциальных сетей. Сетевые характеристики.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Практическое занятие 7.</b> Модели открытой и замкнутой СеМО. Теорема Берке. Уравнения баланса. Уравнения равновесия. Решение уравнений равновесия для экспоненциальных сетей. Сетевые характеристики.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Лабораторное занятие 7.</b> Модели открытой и замкнутой СеМО. Теорема Берке. Уравнения баланса. Уравнения равновесия. Решение уравнений равновесия для экспоненциальных сетей. Сетевые характеристики.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |  | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 10       | <i>Модели линейной регрессии</i>                           | <b>Лекция 15.</b> Простая линейная регрессия, метод наименьших квадратов.<br>Множественная регрессия. Статистические свойства оценок по методу наименьших квадратов (теорема Гаусса-Маркова).<br>Нормальная регрессия, доверительные интервалы. Проверка значимости регрессии. Коэффициент детерминации. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины  | Содержание раздела  | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций               |
|----------|-------------------------------------|---|---|
|          |                                     | <b>Практическое занятие 8 (1 час).</b> Простая линейная регрессия, метод наименьших квадратов. Множественная регрессия. Статистические свойства оценок по методу наименьших квадратов (теорема Гаусса-Маркова). Нормальная регрессия, доверительные интервалы. Проверка значимости регрессии. Коэффициент детерминации. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |                                     | <b>Лабораторное занятие 8 (1 час).</b> Простая линейная регрессия, метод наименьших квадратов. Множественная регрессия. Статистические свойства оценок по методу наименьших квадратов (теорема Гаусса-Маркова). Нормальная регрессия, доверительные интервалы. Проверка значимости регрессии. Коэффициент детерминации. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |                                     | <b>Самостоятельная работа.</b><br><i>Закрепление лекционного материала.<br/>Подготовка к практическим занятиям.<br/>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 11       | Модели<br>дисперсионного<br>анализа | <b>Лекция 16.</b> Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |                                     | <b>Практическое занятие 8 (1 час).</b><br>Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |                                     | <b>Лабораторное занятие 8 (1 час).</b> Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |                                     | <b>Самостоятельная работа.</b><br><i>Закрепление лекционного материала.<br/>Подготовка к практическим занятиям.<br/>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |

Для заочной формы обучения:

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины  | Содержание раздела  | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций               |
|----------|---|---|---|
| 1        | <i>Математическое моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов</i> | <b>Лекция 1.</b> Общие принципы теории моделирования, классификация математических моделей, этапы моделирования, требования к математическим моделям. Введение в теорию графов: терминология, основные определения, виды графов, примеры приложения теории графов. Изоморфизм графов, степени вершины, подграфы, операции над графами. Маршруты, цепи, циклы. Метрические и топологические характеристики графов. Связность графов. Сложность алгоритмов. Машины Тьюринга. Классы P и NP. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Практическое занятие 1.</b> Изоморфизм графов, степени вершины, подграфы, операции над графами. Маршруты, цепи, циклы. Метрические и топологические характеристики графов. Связность графов. Сложность алгоритмов. Машины Тьюринга. Классы P и NP.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br><i>Закрепление лекционного материала.<br/>Подготовка к практическим занятиям.<br/>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 2        | <i>Экстремальные пути в графах</i>  | <b>Лекция 2.</b> Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда) Задача о максимальном пути. Примеры NP-трудных задач на графах и сетях.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Практическое занятие 2.</b> Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда) Задача о максимальном пути. Примеры NP-трудных задач на графах и сетях.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br><i>Закрепление лекционного материала.<br/>Подготовка к практическим занятиям.<br/>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 3        | <i>Деревья</i>  | <b>Лекция 3.</b> Определение дерева. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
|          |   | <b>Практическое занятие 3.</b> Задача о построении остова минимального веса   | ОПК-1.1.2   |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины  | Содержание раздела   | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций                   |
|----------|---|--|---|
|          |   | (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.  | ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2                  |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br><br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 4        | <i>Потоки в сетях.<br/>Применение сетевых методов к решению задач линейного программирования транспортного типа</i> | <b>Лекция 4.</b> Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над Т-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.                                | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2     |
|          |   | <b>Практическое занятие 4.</b> Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над Т-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.                  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2     |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Подготовка к практическим занятиям.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.   | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2     |
| 5        | <i>Введение в теорию массового обслуживания</i>   | <b>Лекция 5.</b> Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла.<br><b>Лекция 6.</b> Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.                             | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2     |
|          |   | <b>Лабораторное занятие 1.</b> Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла.<br><b>Лабораторное занятие 2.</b> Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2     |
|          |   | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Закрепление лекционного материала.<br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2     |
| 6        | <i>Считающие процессы и потоки событий</i>  | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.  | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3                           |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела дисциплины                  | Содержание раздела  | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций               |
|----------|---|---|---|
|          |   |   | УК1.2.1<br>УК1.2.2                                    |
| 7        | Марковские цепи с непрерывным временем              | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 8        | Вычисление показателей эффективности марковских СМО | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 9        | Марковские сети массового обслуживания (СеМО)       | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 10       | Модели линейной регрессии                           | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |
| 11       | Модели дисперсионного анализа                       | <b>Самостоятельная работа.</b><br>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы. | ОПК-1.1.2<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>УК1.2.1<br>УК1.2.2 |

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

| №<br>п/п | Наименование раздела<br>дисциплины   | Л | ПЗ | ЛР | СРС | Всего |
|----------|--|---|----|----|-----|-------|
| 1        | Математическое моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов               | 4 | 1  | 1  | 4   | 10    |
| 2        | Экстремальные пути в графах  | 4 | 1  | 1  | 4   | 10    |
| 3        | Деревья  | 4 | 2  | 2  | 4   | 12    |
| 4        | Потоки в сетях. Применение сетевых методов к решению задач линейного программирования транспортного типа | 4 | 2  | 2  | 4   | 12    |
| 5        | Введение в теорию массового обслуживания   | 4 | 1  | 1  | 4   | 10    |
| 6        | Считающие процессы и потоки событий  | 2 | 1  | 1  | 4   | 8     |

| №<br>п/п                                | Наименование раздела<br>дисциплины                  | Л  | ПЗ | ЛР | СРС | Всего |
|---|---|----|----|----|-----|-------|
| 7                                       | Марковские цепи с непрерывным временем              | 2  | 2  | 2  | 4   | 10    |
| 8                                       | Вычисление показателей эффективности марковских СМО | 2  | 2  | 2  | 4   | 10    |
| 9                                       | Марковские сети массового обслуживания (СеМО)       | 2  | 2  | 2  | 2   | 8     |
| 10                                      | Модели линейной регрессии                           | 2  | 1  | 1  | 4   | 8     |
| 11                                      | Модели дисперсионного анализа                       | 2  | 1  | 1  | 2   | 6     |
|   | <b>Итого</b>  | 32 | 16 | 16 | 40  | 104   |
| <b>Контроль</b>                         |   |    |    |    |     | 4     |
| <b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b> |   |    |    |    |     | 108   |

Для заочной формы обучения:

| №<br>п/п                                | Наименование раздела<br>дисциплины   | Л  | ПЗ | ЛР | СРС | Всего |
|---|--|----|----|----|-----|-------|
| 1                                       | Математическое моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов               | 2  | 2  | 0  | 6   | 10    |
| 2                                       | Экстремальные пути в графах  | 2  | 2  | 0  | 6   | 10    |
| 3                                       | Деревья  | 2  | 2  | 0  | 6   | 10    |
| 4                                       | Потоки в сетях. Применение сетевых методов к решению задач линейного программирования транспортного типа | 2  | 2  | 0  | 6   | 10    |
| 5                                       | Введение в теорию массового обслуживания   | 4  | 0  | 4  | 10  | 18    |
| 6                                       | Считающие процессы и потоки событий  | 0  | 0  | 0  | 10  | 10    |
| 7                                       | Марковские цепи с непрерывным временем   | 0  | 0  | 0  | 6   | 6     |
| 8                                       | Вычисление показателей эффективности марковских СМО  | 0  | 0  | 4  | 6   | 10    |
| 9                                       | Марковские сети массового обслуживания (СеМО)  | 0  | 0  | 0  | 4   | 4     |
| 10                                      | Модели линейной регрессии  | 0  | 0  | 0  | 6   | 6     |
| 11                                      | Модели дисперсионного анализа  | 0  | 0  | 0  | 5   | 5     |
|   | <b>Итого</b>   | 12 | 8  | 4  | 75  | 99    |
| <b>Контроль</b>                         |  |    |    |    |     | 9     |
| <b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b> |  |    |    |    |     | 108   |

#### 6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

## **8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине**

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры «Компьютерный класс» оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮПАЙТ. – URL: <https://biblio-online.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.

– Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки.  
– URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

– Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

1. Баушев А.Н., Гадасина Л.В. Оптимизационные задачи на сетях: учебное пособие, ПГУПС, 2010. – 137 с.

2. Баушев А.Н., Гадасина Л.В. Алгоритмы оптимизации: методическое пособие, ПГУПС, 2012. – 85 с.

3. Есипов, Б.А. Методы исследования операций [Электронный ресурс]. – СПб: Лань, 2010. – 256 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10250](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10250)

4. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику. – М: ЛКИ, 2010. – 600 с.

5. Копылов В. И. Курс дискретной математики [Электронный ресурс]. – СПб. Лань, 2011. – 208 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1798](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1798)

6. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера [Электронный ресурс]. – СПб. Лань, 2009. – 368 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=220](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=220)

5. Боровских Ю.В., Грибкова Н.В. Системы обслуживания, Уч. пособие, СПб, ПГУПС, 1995. – 141 с.

6. Боровских Ю.В., Грибкова Н.В. Системы и сети с очередями, Уч. пособие, СПб, ПГУПС, 1995. – 142 с.

7. Бородин А.Н. Элементарный курс теории вероятностей и математической статистики/ А.Н.Бородин. – 8-е изд., стер. –СПб.\.: Лань, 2011.

8. Бестужева, А. Н. Основы работы в системе MATLAB/метод. указ. СПб, ПГУПС, 2004. – 48 с.

9. Боровских Ю.В., Грибкова Н.В., Марковские системы с очередями/Метод.указ. СПб. ПГУПС, 1995. – 46 с.

10. Боровских Ю.В., Грибкова Н.В., Марковские сети массового обслуживания /Метод.указ. СПб. ПГУПС, 1995. – 36 с.

11. Боровских Ю.В., Гадасина Л.В., Грибкова Н.В. Системы и сети с очередями в MatLAB / Метод указания, СПб, ПГУПС, 2004. – 60 с.

12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения/Е.С.Вентцель, Л.А.Овчаров. – М.: Изд. Академия, 2003. – 464 с

13. Вероятностные разделы математики, учебник для бакалавров технических направлений (под ред. Ю.Д.Максимова), СПб.: «Иван Федоров», 2001. – 592 с.

14. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей /Б.В.Гнеденко. -- 12-е изд., испр. и доп. – М.\.: URSS, 2019. – 456 с.

15. Дьяконов В.П. MatLAB 6: Учебный курс. — СПб: Питер, 2001. – 592 с.

16. Кельберт М.Я., Сухов Ю.И. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том 2: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов М.: МЦМНО, 2010. – 560 с.

17. Кингман Дж. Пуассоновские процессы /Под ред. А. М. Вершика. – М.: МЦМНО, 2007. – 136 с.



18. Кирсанов М.Н. Графы в Maple. М.: Физматлит, 2007. – 168 с.
19. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 472 с.
- 8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:
- Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. – URL: [my.pgups.ru](http://my.pgups.ru) — Режим доступа: для авториз. пользователей;
  - Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Разработчик рабочей программы,  
профессор  
16.12.2024

Н.В.Грибкова