

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  
2023

## 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.

<b>Индикаторы достижения компетенций</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<i>ОПК-1.1.2. Знает методы использования математического анализа и моделирования при решении инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	<i>Обучающийся знает: - основы теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, методы регрессионного и дисперсионного анализа.</i>

<b>Индикаторы достижения компетенций</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<i>ОПК-1.2. Умеет решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук (физики, химии, электротехники), а также математического анализа и моделирования</i>	<i>Обучающийся умеет: - решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, регрессионного и дисперсионного анализа.</i>
<i>ОПК-1.3. Владеет методами математического анализа и моделирования в объеме, достаточном для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	<i>Обучающийся владеет: - методами теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, методами регрессионного и дисперсионного анализа в объеме, достаточном для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</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)	44
Контроль	36
Форма контроля (промежуточной аттестации)	Э
Общая трудоемкость: час / з.е.	144 / 4

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
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	111
Контроль	9
Форма контроля (промежуточной аттестации)	Э, КЛР
Общая трудоемкость: час / з.е.	144 / 4

## 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>	<p><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.</p> <p><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.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p><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.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p><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.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p><b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала.</i> <i>Подготовка к практическим занятиям.</i> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</i></p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
2	<i>Экстремальные пути в графах</i>	<p><b>Лекция 3.</b> Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда).</p> <p><b>Лекция 4.</b> Задача о максимальном пути. Примеры NP-трудных задач на графах и сетях.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p><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</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		максимальном пути. Примеры <i>NP</i> -трудных задач на графах и сетях.	
		<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 <i>NP</i> -трудных задач на графах и сетях.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала.</i> <i>Подготовка к практическим занятиям.</i> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
3	<i>Деревья</i>	<b>Лекция 5.</b> Определение дерева. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима).. <b>Лекция 6.</b> Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала.</i> <i>Подготовка к практическим занятиям.</i> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
4	<i>Потоки в сетях.</i> <i>Применение сетевых методов к решению задач линейного программирования транспортного типа</i>	<b>Лекция 7.</b> Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. <b>Лекция 8.</b> Классическая транспортная задача. Операции над Т-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
5	Введение в теорию массового обслуживания	<p><b>Лекция 9.</b> Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. <b>Лекция 10.</b> Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
6	Считающие процессы и потоки событий	<p><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 простейшего потока событий. Процесс восстановления и поток Пальма.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
7	Марковские цепи с непрерывным временем	<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
8	Вычисление показателей эффективности марковских СМО	<p><b>Лекция 13.</b> Системы <math>M M m</math>, <math>M M m n</math>, <math>M M \infty</math>, <math>M M m 0</math>. Замкнутые системы <math>M M 1 \infty S</math>, <math>M M \infty \infty S</math>. Системы с ограничениями.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><b>Практическое занятие 6.</b> Системы <math>M M m</math>, <math>M M m n</math>, <math>M M \infty</math>, <math>M M m 0</math>. Замкнутые системы <math>M M 1 \infty S</math>, <math>M M \infty \infty S</math>. Системы с ограничениями.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p><b>Лабораторное занятие 6.</b> Системы <math>M M m</math>, <math>M M m n</math>, <math>M M \infty</math>, <math>M M m 0</math>. Замкнутые системы <math>M M 1 \infty S</math>,</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		M M ∞ ∞ S. Системы с ограничениями.	ОПК-1.3
		<b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
9	Марковские сети массового обслуживания (СеМО)	<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
10	Модель линейной регрессии	<b>Лекция 15.</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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		значимости регрессии. Коэффициент детерминации.	
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала.</i> <i>Подготовка к практическим занятиям.</i> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
11	Модель дисперсионного анализа	<b>Лекция 16.</b> Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<b>Практическое занятие 8 (1 час).</b> Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала.</i> <i>Подготовка к практическим занятиям.</i> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Математическое моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов	<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<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 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала.</i>	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<i>Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.3</i>
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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<b>Практическое занятие 3.</b> Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
4	<i>Потоки в сетях. 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 T-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<b>Практическое занятие 4.</b> Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над T-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b>	<i>ОПК-1.1.2</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
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. <b>Лекция 6.</b> Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<b>Лабораторное занятие 1.</b> Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. <b>Лабораторное занятие 2.</b> Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
6	<i>Считающие процессы и потоки событий</i>	<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
7	<i>Марковские цепи с непрерывным временем</i>	<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
8	<i>Вычисление показателей эффективности марковских СМО</i>	<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
9	<i>Марковские сети массового обслуживания (СeМО)</i>	<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
10	<i>Модель линейной регрессии</i>	<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
11	<i>Модель дисперсионного анализа</i>	<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела 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
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 (СМО)	2	2	2	4	10
10	Модель линейной регрессии	2	1	1	4	8
11	Модель дисперсионного анализа	2	1	1	4	8
	<b>Итого</b>	32	16	16	44	108
<b>Контроль</b>						36
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						144

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Математическое моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов	2	2	0	10	14
2	Экстремальные пути в графах	2	2	0	10	14
3	Деревья	2	2	0	10	14
4	Потоки в сетях. Применение сетевых методов к решению задач линейного программирования транспортного типа	2	2	0	10	14
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	10	10

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
8	Вычисление показателей эффективности марковских СМО	0	0	0	10	10
9	Марковские сети массового обслуживания (СеМО)	0	0	0	10	10
10	Модель линейной регрессии	0	0	0	10	10
11	Модель дисперсионного анализа	0	0	0	11	11
	<b>Итого</b>	12	8	4	111	135
<b>Контроль</b>						9
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						144

## 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](http://ibooks.ru) («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – 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?p11\\_id=10250](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_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?p11\\_id=1798](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=1798)
6. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера [Электронный ресурс]. – СПб. Лань, 2009. – 368 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=220](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_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*  
30 марта 2023 г.

*Н.В. Грибкова*