

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

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
«Высшая математика»
Протокол № 8 от 30 марта 2023 г.

Заведующий кафедрой
«Высшая математика»
30 марта 2023 г.



Е.А. Благовещенская

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
«Грузовая и коммерческая работа»
30 03 2023 г.



А.В. Новичихин

Руководитель ОПОП ВО
«Магистральный транспорт»
«Пассажирский комплекс
железнодорожного транспорта»
30 03 2023 г.



О.Д. Покровская

Руководитель ОПОП ВО
«Транспортный бизнес и логистика»
30 03 2023 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: - 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 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>

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<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

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	64
– 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

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	24
– 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</i>	Лекция 1. Общие принципы теории	<i>ОПК-1.1.2</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
	<i>моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов</i>	<p>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>Лекция 2. 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-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p>Практическое занятие 1 (1 час). 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>Лабораторное занятие 1 (1 час). 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>Самостоятельная работа. <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>Лекция 3. Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда).</p> <p>Лекция 4. 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>Практическое занятие 1 (1 час). 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.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p>Лабораторное занятие 1 (1 час). Способы представления графов и хранения в памяти компьютера. Алгоритмы построения кратчайших путей (алгоритм Дейкстры, Беллмана – Форда) Задача о максимальном пути. Примеры NP-</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
		<p>трудных задач на графах и сетях.</p> <p>Самостоятельная работа. 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>
3	Деревья	<p>Лекция 5. Определение дерева. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима)..</p> <p>Лекция 6. Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Практическое занятие 2. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Лабораторное занятие 2. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Самостоятельная работа. 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>
4	Потоки в сетях. Применение сетевых методов к решению задач линейного программирования транспортного типа	<p>Лекция 7. Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач.</p> <p>Лекция 8. Классическая транспортная задача. Операции над T-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Практическое занятие 3. Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над T-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Лабораторное занятие 3. Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над T-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Самостоятельная работа. Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<i>лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	
5	<i>Введение в теорию массового обслуживания</i>	Лекция 9. Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. Лекция 10. Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Практическое занятие 4 (1 час). Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Лабораторное занятие 4 (1 час). Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Самостоятельная работа. <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 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>	Лекция 11. 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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Практическое занятие 4 (1 час). 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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Лабораторное занятие 4 (1 час). 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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Самостоятельная работа. <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам</i>	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<i>лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	
7	<i>Марковские цепи с непрерывным временем</i>	Лекция 12. 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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Практическое занятие 5. 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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Лабораторное занятие 5. 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.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Самостоятельная работа. <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>
8	<i>Вычисление показателей эффективности марковских СМО</i>	Лекция 13. Системы $M M m$, $M M m n$, $M M \infty$, $M M m 0$. Замкнутые системы $M M 1 \infty S$, $M M \infty \infty S$. Системы с ограничениями.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Практическое занятие 6. Системы $M M m$, $M M m n$, $M M \infty$, $M M m 0$. Замкнутые системы $M M 1 \infty S$, $M M \infty \infty S$. Системы с ограничениями.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Лабораторное занятие 6. Системы $M M m$, $M M m n$, $M M \infty$, $M M m 0$. Замкнутые системы $M M 1 \infty S$, $M M \infty \infty S$. Системы с ограничениями.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>
		Самостоятельная работа. <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>
9	<i>Марковские сети массового обслуживания (СeMO)</i>	Лекция 14. Модели открытой и замкнутой СеМО. Теорема Берке. Уравнения баланса. Уравнения равновесия. Решение уравнений равновесия для экспоненциальных сетей. Сетевые характеристики.	<i>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>Практическое занятие 7. Модели открытой и замкнутой СеМО. Теорема Берке. Уравнения баланса. Уравнения равновесия. Решение уравнений равновесия для экспоненциальных сетей. Сетевые характеристики.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Лабораторное занятие 7. Модели открытой и замкнутой СеМО. Теорема Берке. Уравнения баланса. Уравнения равновесия. Решение уравнений равновесия для экспоненциальных сетей. Сетевые характеристики.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Самостоятельная работа. <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</i></p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
10	<i>Модель линейной регрессии</i>	<p>Лекция 15. 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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Практическое занятие 8 (1 час). 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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Лабораторное занятие 8 (1 час). 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.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
		<p>Самостоятельная работа. <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</i></p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>
11	<i>Модель дисперсионного анализа</i>	<p>Лекция 16. Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.</p>	<p>ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Практическое занятие 8 (1 час). Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		Лабораторное занятие 8 (1 час). Постановка задачи дисперсионного анализа. Сведение к общей линейной модели. Оценка параметров модели. Критерий Фишера.	ОПК-1.1.2 ОПК-1.2 ОПК-1.3
		Самостоятельная работа. <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. 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	<i>Математическое моделирование: общие принципы. Введение в теорию графов и теорию алгоритмов</i>	Лекция 1. 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
		Практическое занятие 1. 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
		Самостоятельная работа. <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. 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
2	<i>Экстремальные пути в графах</i>	Лекция 2. 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 ОПК-1.2 ОПК-1.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>Практическое занятие 2. 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.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p>Самостоятельная работа. <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></p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
3	<i>Деревья</i>	<p>Лекция 3. Определение дерева. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p>Практическое занятие 3. Задача о построении остова минимального веса (алгоритмы Краскала и Прима). Метрические характеристики дерева, задача о построении остова наименьшего диаметра.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p>Самостоятельная работа. <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></p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
4	<i>Потоки в сетях. Применение сетевых методов к решению задач линейного программирования транспортного типа</i>	<p>Лекция 4. Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над T-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p>Практическое занятие 4. Потоки и разрезы. Задача о максимальном потоке. Поток минимальной стоимости. Эквивалентность экстремальных задач. Классическая транспортная задача. Операции над T-сетями. Оптимальное планирование вагонопотоков.</p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
		<p>Самостоятельная работа. <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></p>	<p><i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i></p>
5	<i>Введение в теорию массового обслуживания</i>	<p>Лекция 5. Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла.</p> <p>Лекция 6. Вероятностные процессы в СМО.</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
		Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла. Лабораторное занятие 1. Цели и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем обслуживания (СМО). Символика Кендалла. Лабораторное занятие 2. Вероятностные процессы в СМО. Показатели эффективности СМО. Формулы Литтла.	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i>
		Самостоятельная работа. <i>Закрепление лекционного материала.</i> <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i>
6	<i>Считающие процессы и потоки событий</i>	Самостоятельная работа. <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i>
7	<i>Марковские цепи с непрерывным временем</i>	Самостоятельная работа. <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i>
8	<i>Вычисление показателей эффективности марковских СМО</i>	Самостоятельная работа. <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i>
9	<i>Марковские сети массового обслуживания (СМО)</i>	Самостоятельная работа. <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i>
10	<i>Модель линейной регрессии</i>	Самостоятельная работа. <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>ОПК-1.3</i>
11	<i>Модель дисперсионного анализа</i>	Самостоятельная работа. <i>Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-1.1.2</i> <i>ОПК-1.2</i> <i>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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
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 (СеМО)	2	2	2	4	10
10	Модель линейной регрессии	2	1	1	4	8
11	Модель дисперсионного анализа	2	1	1	4	8
	Итого	32	16	16	44	108
Контроль						36
Всего (общая трудоемкость, час.)						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
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
	Итого	12	8	4	111	135

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
Контроль						9
Всего (общая трудоемкость, час.)						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 («Айбуке»). – 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?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

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

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 — 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