**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**
**(РУТ (МИИТ)**

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программа специалитета
по специальности
23.05.04 Эксплуатация железных дорог,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

## Математическое моделирование на транспорте

Специальность: 23.05.04 Эксплуатация железных дорог

Специализация: Грузовая и коммерческая работа

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5665
Подписал: заведующий кафедрой Нутович Вероника Евгеньевна
Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины является изучение принципов математического компьютерного моделирования, постановки вычислительного эксперимента, методов обработки статистических данных, фундаментальных и современных математических методов моделирования, а также освоение применения компьютерного моделирования функционала различных подразделений деятельности ж/д транспорта и крупных промышленных предприятий.

Задачей дисциплины является формирование у обучающихся навыков проведения компьютерных экспериментов, а также навыков пользования прикладными программными продуктами для моделирования.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-1** - Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Уметь:**

- применять методы математического анализа и моделирования в практических задачах

**Знать:**

- основные понятия численных методов, методы работы с функциями распределения случайных величин из теории математики для отраслевых задач вероятностей, критерии и методы обработки данных из математической статистики

**Владеть:**

- методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических систем на железнодорожном транспорте

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 академических часа(ов).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий | Количество часов | | |
|---|---|---|---|
| | Всего | Семестр | |
| | | №4 | №5 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 96 | 32 | 64 |
| В том числе: | | | |
| Занятия лекционного типа | 48 | 16 | 32 |
| Занятия семинарского типа | 48 | 16 | 32 |

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 84 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|---|---|
| 1 | Введение<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-вычислительный эксперимент в математическом моделировании:<br>- основные типы математических моделей;<br>- принципы построения математических моделей;<br>- этапы математического моделирования;<br>- типовые задачи на транспорте в курсе математического моделирования. |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|---|---|
| 2 | Линейные модели, приводящие к решению систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-равновесное распределение потоков по маршрутам линейноой транспортной сети как решение СЛАУ<br>- прямые и итерационные методы решения СЛАУ при моделировании отраслевых задач<br>-вычисление определителя матрицы путем разложения по строкам и столбцам.<br>- классификация матриц специального вида и операции над ними<br>-метод обратной матрицы и правило Крамера. |
| 3 | Решение СЛАУ с квадратной матрицей методом Гаусса<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- элементарные преобразования строк матрицы СЛАУ<br>-эквивалентные матрицы и равносильные системы уравнений<br>- расширенная матрица, ранг матрицы и совместность систем<br>- прямой и обратный ход<br>- решение СЛАУ методом Гаусса в Mathcad |
| 4 | Задача принятия решений (ЗПР) в условиях неопределённости<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- модели ЗПР при управлении перевозочным процессом;<br>- решение СЛАУ с прямоугольной матрицей, когда число уравнений меньше числа неизвестных;<br>- решения СЛАУ, зависящие от параметра задаваемого Лицом Принимающим Решение (ЛПР). |
| 5 | Решение нелинейных алгебраических уравнений в задачах с полиномиальными моделями<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-этап отделения корней численным и графическим методами<br>-метод дихотомии, итерационные методы касательных ( Ньютона) и секущих уточнения корней<br>-нахождение решения в Mathcad |
| 6 | Задача на собственные значения и собственные вектора матриц<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-применение задачи в проблематике предельного объема информации по каналу связи, собственных частот подвижного состава и мостовых конструкций<br>-нахождение характеристического уравнения и его решение, спектр и спектральный радиус матрицы<br>-решение однородных СЛАУ для нахождения собственных векторов<br>-функции eigenvalues и eigenvectors в Mathcad |
| 7 | Модель Леонтьева межотраслевого баланса<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-исследование линейной модели и нахождения решения задачи планирования с использованием матричных методов решения систем уравнений. . |
| 8 | Аппрокимация функций, интерполяция многочленом Лагранжа<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-классификаця и применение методов аппроксимации функций в отраслевых задачах<br>-аппроксимация заданных в небольшом количестве точек сеточных (табличных) функций искомой непрерывной функцией в виде одного алгебраического многочлена не выше 5-й степени. |
| 9 | Сплайн-интерполяция<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- разновидности функций распределения случайных величин (Пуассона-, Вейбула-, Гамма-распределения), дискретные и непрерывные распределения;<br>- задача замены сложновычисляемых трансцендентных функций простыми многочленами;<br>- аппроксимация заданных в большом количестве точек-узлов сеточных функций искомыми |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|---|---|
| | непрерывными функциями в виде системы алгебраических многочленов 1-й или 2-й или 3-й степени для каждой пары соседних узлов. |
| 10 | Аппрокимация функций методом наименьших квадратов<br>Рассматриваемые вопросы:.<br>- статистическая обработка результатов измерений временных перемещений поездов и построение приближающей функции методом наименьших квадратов (МНК);<br>- анализ качества приближения с помощью критерия Пирсона;<br>-сравнительный анализ разных методов аппроксимации функций. |
| 11 | Экстраполяция функций в логистике<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- экстраполяция исходных функций, полученных МНК при обработки времени прохождения поездом промежуточных станций и её использование для прогнозирования времени прибытия поезда на конечную станцию |
| 12 | Математические модели на базе дифференциальных задач<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-классификация дифференциальных задач для обыкновенных дифференциаальных уравений (ОДУ)<br>- примеры математических моделей отраслевых задач на базе начально-краевых задач для дифференциальных уравнений<br>-аналитические и численные методы решения дифференциальных задач |
| 13 | Метод конечных разностей для аппроксимации дифференциальных задач<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- понятие разностной сетки и сеточной функции, знакомство с разреженными матрицами специального вида, конечно-разностные анаоги 1-й и 2-й производных;<br>- сведение начальных (для ОДУ 1-ого и 2-ого порядка) и краевых задач (для ОДУ 2-ого порядка) к решению СЛАУ, составление матриц СЛАУ;<br>-разностная схема Эйлера и Эйлера с пересчетом для ОДУ 1-ого порядка для численного решения задачи Коши для ОДУ 1-ого и 2-ого порядка в программной среде MathCad, Smath Studio. |
| 14 | Численное решение первой краевой задачи для ОДУ<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-решения линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коффициентами с краевыми условиями 1-го рода сведением задачи методом конечных разностей к СЛАУ;<br>- решение СЛАУ методоми простой итерации и Зейделя;<br>- решение задачи в программной среде Smath Studio, включая встроенные функции ПО. |
| 15 | Случайные процессы и иммитационное моделирование<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-случайные процессы на транспорте;<br>-иммитационное моделирование, как статистическое моделирование при его многократном воспроизведении с последующей статистической обработкой;<br>-метод Монте-Карло, Монте-Карло симуляция;<br>-гравитационная модель в задачах железнодорожных перевозок. |
| 16 | Задачи оптимизации<br>Рассматриваемые вопросы:<br>-постановка задачи нахождение условного экстремума;<br>-сведение исходной задачи к отысканию безусловного экстремума функции множителей Лагранжа;<br>-иммитационное моделирование в задаче определения оптимальной этапности наращивания провозной способности ж-д станций. |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|---|---|
| 17 | Транспортная задача – постановка и определения<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- общая постановка транспортной задачи;<br>- транспортная задача в матричной постановке, замкнутая и открытая задачи;<br>- симплекс-метод решения ЗЛП в программных средах Exel, MathCad, Smath Studio. |
| 18 | Задача динамического программирования (ДП), методы решения<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- постановка задачи;<br>- принцип оптимальности и уравнения Беллмана, геометрическая интерпретация задачи;<br>- графический способ решения;<br>-примеры применения методов ДП в управлении эксплуатационной работой;<br>-задача о замене оборудования. |
| 19 | Задача коммивояжёра и нейронные сети<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- общая постановка задачи;<br>- приближённые и точные методы решения задачи коммивояжёра;<br>- алгоритм решения задачи коммивояжера с использованием рекуррентной нейронной сети;<br>- понятие об архитектуре нейронной сети на примерах задач сортировки вагонов и распознавания символов маркировки вагонов с помощью нейронной сети . |
| 20 | Системы массового обслуживания (СМО)<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- аналиические и иммитационные методы моделирования СМО;<br>- построение фрагментарных моделей технологических линий железнодорожных станций;<br>- иммитационное моделирование при расчёте характеристик СМО на примере этапного развития ж-д транспорта. |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

## Лабораторные работы

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание |
|---|---|
| 1 | Функции работы с матрицами в программной среде Excel<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык операций с матрицами, моделирования линейных систем, , вычисления опредителя и др. числовых характеристик матриц в программной среде Excel |
| 2 | Решение СЛАУ прямыми методами в Excel<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык нахождения приближённого решения СЛАУ в программной среде Excel Методом Крамера и методом обратной матрицы. |
| 3 | Решение СЛАУ в Excel как задачи оптимизации<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают понимание задачи оптимизации и навык нахождения приближённого решения СЛАУ с помощью надстройки «поиск решения». |
| 4 | Основные функции в программной среде Smath Studio<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык выполнения |

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание |
|---|---|
| | операций с матрицами, моделирования линейных систем, вычисления числовых характеристик матриц в программной среде Smath Studio и построения графиков. |
| 5 | Решение СЛАУ прямыми методами в программной среде Smath Studio<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык нахождения приближённого решения СЛАУ в программной среде Smath Studio, а также понимания преймуществ и недостатков разных прямых методов решения и программных сред. |
| 6 | Метод Гаусса решения СЛАУ с квадратной матрицей<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык исследования существования решений СЛАУ с использованием понятия ранг матрицы, элементарных преобразований строк матриц, нахождения приближённого решения СЛАУ в программной среде Smath Studio, включая встроенные функции root для решения нелинейных уравнений. |
| 7 | Метод Гаусса решения СЛАУ с прямоугольной матрицей<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык анализа задачи на предмет совместности СЛАУ (используя ранги матрицы и расширенной матрицы) и принятия решений в условиях неопределённости, когда число уравнений СЛАУ меньше числа неизвестных-решение, зависящее от параметра, (числовое значение которого задается). |
| 8 | Модель Леонтьева межотраслевого баланса<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык исследования линейной модели и нахождения решения задачи планирования с использованием матричных методов в программной среде Smath Studio. |
| 9 | Интерполяция многочленом Лагранжа<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык обработки результатов измерений и нахождения приближения функции в виде многочлена. |
| 10 | Сплайн-интерполяция<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык обработки результатов измерений и нахождения приближенных функциональных зависимостей для случайных процессов. |
| 11 | Сравнение разных методов интерполяции<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык исследования моделей разного типа и выбора соответствующего метода решения задачи. |
| 12 | Аппрокимация методом наименьших квадратов<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык статистической обработки результатов измерений и построения приближенной функции методом наименьших квадратов (МНК), анализа степени приближения с помощью критерия Пирсона. |
| 13 | Экстраполяция функций в логистике<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык экстраполяции исходных функций, полученных МНК при обработки времени прохождения поездом промежуточных станций и её использование для прогнозирования времени прибытия поезда на конечную станцию. |
| 14 | Решение задачи Коши<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык приближенного решения линейного дифференциального уравнения первого порядка с постоянными коффициентами с начальным условием в программной среде Smath Studio |
| 15 | Решение первой краевой задачи<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык приближенного решения линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коффициентами с краевыми условиями сведением дифференциальной задачи методом конечных разностей к СЛАУ, решаемого методом простой итерации и Зейделя в программной среде Smath Studio, включая встроенные функции ПО. |

| № п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание |
|---|---|
| 16 | Задача динамического программирования<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык решения задач динамического программирования по методу на основе принципа оптимальности Беллмана. |
| 17 | Решение ОЗЛП<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык решения оптимизационных задач в надстройке «поиск решения» в Excel и графической интерпретации решения. |
| 18 | Определение кратчаи?ших расстоянии? между вершинами транспортной сети<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся знакомятся с реализацией алгоритма Дейкстры в Excel, приобретают навык работы с сетями. |
| 19 | Транспортная задача<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык нахождения опорного решения транспортной задачи методом северо-западного угла, учится решать транспортную задачу в надстройке «поиск решения» в Excel. |
| 20 | Задача коммивояжёра и нейронные сети<br>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык решения задачи коммивояжёра в среде Excel с использованием элементов нейронной сети. |

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| № п/п | Вид самостоятельной работы |
|---|---|
| 1 | Работа с лекционным материалом. |
| 2 | Работа с учебной литературой. |
| 3 | Текущая подготовка к занятиям. |
| 4 | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 5 | Подготовка к текущему контролю. |

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| № п/п | Библиографическое описание | Место доступа |
|---|---|---|
| 1 | Горев, А. Э. Теория транспортных процессов и систем : учебник для среднего профессионального образования / А. Э. Горев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 193 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13578-7. | URL: https://urait.ru/bcode/562014 (дата обращения: 07.11.2025). |
| 2 | Гужин, И. Н. Моделирование транспортных процессов : методические указания / И. Н. Гужин. — Самара : СамГАУ, 2024. — 26 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. | https://e.lanbook.com/book/421802 (дата обращения: 13.11.2025) |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | Ланских, Ю. В. Киберфизические системы : учебное пособие / Ю. В. Ланских, В. Г. Ланских. — Киров : ВятГУ, 2022. — 196 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система | https://e.lanbook.com/book/408545 (дата обращения: 13.11.2025). |
| 4 | Кудрявцев, В. Б. Теория автоматов : учебник для вузов / В. Б. Кудрявцев, Э. Э. Гасанов, А. С. Подколзин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 199 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15339-2. | URL: https://urait.ru/bcode/569495 (дата обращения: 07.11.2025). |

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (http://library.miit.ru ).
- Образовательная платформа «Юрайт» (https://urait.ru/ ).
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (https://e.lanbook.com/).
- Поисковые системы: http://www.google.ru/; http://www.yandex.ru.

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

- Microsoft Edge (или другой браузер).
- Операционная система Microsoft Windows.
- Microsoft Office.
- Программная среда Smath Studio (Облачная версия: https://smath.com/ru-RU/cloud)

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Лекционная аудитория, оснащённая компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

Аудитория для проведения лабораторных работ, оснащенная персональными компьютерами.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 4, 5 семестрах.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры
«Цифровые технологии управления
транспортными процессами» В.А. Горяйнов

старший преподаватель кафедры
«Цифровые технологии управления
транспортными процессами» В.А. Пестин

Согласовано:

и.о. заведующего кафедрой ЛТСТ А.С. Синицына

Заведующий кафедрой ЦТУТП В.Е. Нутович

Председатель учебно-методической
комиссии Н.А. Андриянова