МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ)

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
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: Магистральный транспорт

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: 1343395
Подписал: И.о. заведующего кафедрой Тищенко Сергей Александрович
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, используя методы естественных наук, математического анализа и моделирования на основе фундаментальных знаний физики, математики и общетехнических дисциплин для формализации, расчёта и обоснования решений, направленных на развитие транспортных систем.

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	
		№3	№4
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 Рассматриваемые вопросы: -вычислительный эксперимент в математическом моделировании: - основные типы математических моделей; - принципы построения математических моделей; - этапы математического моделирования; - 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) Рассматриваемые вопросы: -равновесное распределение потоков по маршрутам линейноой транспортной сети как решение СЛАУ - прямые и итерационные методы решения СЛАУ при моделировании отраслевых задач -вычисление определителя матрицы путем разложения по строкам и столбцам. - классификация матриц специального вида и операции над ними -метод обратной матрицы и правило Крамера.
3	Решение СЛАУ с квадратной матрицей методом Гаусса Рассматриваемые вопросы: - элементарные преобразования строк матрицы СЛАУ -эквивалентные матрицы и равносильные системы уравнений - расширенная матрица, ранг матрицы и совместность систем - прямой и обратный ход - решение СЛАУ методом Гаусса в Mathcad
4	Задача принятия решений (ЗПР) в условиях неопределённости Рассматриваемые вопросы: - модели ЗПР при управлении перевозочным процессом; - решение СЛАУ с прямоугольной матрицей, когда число уравнений меньше числа неизвестных; - решения СЛАУ, зависящие от параметра задаваемого Лицом Принимающим Решение (ЛПР).
5	Решение нелинейных алгебраических уравнений в задачах с полиномиальными моделями Рассматриваемые вопросы: -этап отделения корней численным и графическим методами -метод дихотомии, итерационные методы касательных (Ньютона) и секущих уточнения корней -нахождение решения в Mathcad
6	Задача на собственные значения и собственные вектора матриц Рассматриваемые вопросы: -применение задачи в проблематике предельного объема информации по каналу связи, собственных частот подвижного состава и мостовых конструкций -нахождение характеристического уравнения и его решение, спектр и спектральный радиус матрицы -решение однородных СЛАУ для нахождения собственных векторов -функции eigenvalues и eigenvectors в Mathcad
7	Модель Леонтьева межотраслевого баланса Рассматриваемые вопросы: -исследование линейной модели и нахождения решения задачи планирования с использованием матричных методов решения систем уравнений. .
8	Аппрокимация функций, интерполяция многочленом Лагранжа Рассматриваемые вопросы: -классификаця и применение методов аппроксимации функций в отраслевых задачах -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 Рассматриваемые вопросы: - разновидности функций распределения случайных величин (Пуассона-, Вейбула-, Гамма-распределения), дискретные и непрерывные распределения; - задача замены сложновычисляемых трансцендентных функций простыми многочленами; - 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 Рассматриваемые вопросы:. - статистическая обработка результатов измерений временных перемещений поездов и построение приближающей функции методом наименьших квадратов (МНК); - анализ качества приближения с помощью критерия Пирсона; -сравнительный анализ разных методов аппроксимации функций.
11	Экстраполяция функций в логистике Рассматриваемые вопросы: - 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 Рассматриваемые вопросы: -классификация дифференциальных задач для обыкновенных дифференциаальных уравений (ОДУ) - примеры математических моделей отраслевых задач на базе начально-краевых задач для дифференциальных уравнений -аналитические и численные методы решения дифференциальных задач
13	Метод конечных разностей для аппроксимации дифференциальных задач Рассматриваемые вопросы: - понятие разностной сетки и сеточной функции, знакомство с разреженными матрицами специального вида, конечно-разностные анаоги 1-й и 2-й производных; - сведение начальных (для ОДУ 1-ого и 2-ого порядка) и краевых задач (для ОДУ 2-ого порядка) к решению СЛАУ, составление матриц СЛАУ; -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 Рассматриваемые вопросы: -решения линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коффициентами с краевыми условиями 1-го рода сведением задачи методом конечных разностей к СЛАУ; - решение СЛАУ методоми простой итерации и Зейделя; - решение задачи в программной среде Smath Studio, включая встроенные функции ПО.
15	Случайные процессы и иммитационное моделирование Рассматриваемые вопросы: -случайные процессы на транспорте; -иммитационное моделирование, как статистическое моделирование при его многократном воспроизведении с последующей статистической обработкой; -метод Монте-Карло, Монте-Карло симуляция; -гравитационная модель в задачах железнодорожных перевозок.
16	Задачи оптимизации Рассматриваемые вопросы: -постановка задачи нахождение условного экстремума; -сведение исходной задачи к отысканию безусловного экстремума функции множителей Лагранжа; -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 Рассматриваемые вопросы: - общая постановка транспортной задачи; - транспортная задача в матричной постановке, замкнутая и открытая задачи; - симплекс-метод решения ЗЛП в программных средах Exel, MathCad, Smath Studio.
18	Задача динамического программирования (ДП), методы решения Рассматриваемые вопросы: - постановка задачи; - принцип оптимальности и уравнения Беллмана, геометрическая интерпретация задачи; - графический способ решения; -примеры применения методов ДП в управлении эксплуатационной работой; -задача о замене оборудования.
19	Задача коммивояжёра и нейронные сети Рассматриваемые вопросы: - общая постановка задачи; - приближённые и точные методы решения задачи коммивояжёра; - алгоритм решения задачи коммивояжера с использованием рекуррентной нейронной сети; - понятие об архитектуре нейронной сети на примерах задач сортировки вагонов и распознавания символов маркировки вагонов с помощью нейронной сети .
20	Системы массового обслуживания (СМО) Рассматриваемые вопросы: - аналиические и иммитационные методы моделирования СМО; - построение фрагментарных моделей технологических линий железнодорожных станций; - 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 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 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 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 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 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 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 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 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 В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык обработки результатов измерений и нахождения приближения функции в виде многочлена.
10	Сплайн-интерполяция В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык обработки результатов измерений и нахождения приближенных функциональных зависимостей для случайных процессов.
11	Сравнение разных методов интерполяции В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык исследования моделей разного типа и выбора соответствующего метода решения задачи.
12	Аппрокимация методом наименьших квадратов 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 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 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 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 В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык решения задач динамического программирования по методу на основе принципа оптимальности Беллмана.
17	Решение ОЗЛП 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 В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся знакомятся с реализацией алгоритма Дейкстры в Excel, приобретают навык работы с сетями.
19	Транспортная задача 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 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	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)
2	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).

3	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/).
- Поисковая система: 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 3, 4 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 «Математическое моделирование сложных систем» Института железнодорожного транспорта — В.А. Горяйнов

старший преподаватель кафедры «Математическое моделирование сложных систем» Института железнодорожного транспорта — В.А. Пестин

Согласовано:

Заведующий кафедрой УЭРиБТ — А.Ф. Бородин

и.о. заведующего кафедрой ММСС — С.А. Тищенко

Председатель учебно-методической комиссии — Н.А. Андриянова