

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 - программы специалитета
по специальности
23.05.04 Эксплуатация железных дорог,
утвержденной первым проректором 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 РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5665
Подписал: заведующий кафедрой Нутович Вероника
Евгеньевна
Дата: 17.04.2025

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 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 линейной 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	Аппроксимация функций, интерполяция многочленом Лагранжа Рассматриваемые вопросы: -классификация 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	Аппроксимация 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 обработке 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 дифференциальных уравнений (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 аналогии 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 коэффициентами с краевыми условиями 1-го рода сведением задачи методом конечных разностей к СЛАУ; - решение СЛАУ методами простой итерации и Зейделя; - решение задачи в программной среде Smath Studio, включая встроенные функции ПО.
15	Случайные процессы и имитационное моделирование Рассматриваемые вопросы: - случайные процессы на транспорте; - имитационное 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 нахождения условного экстремума; - сведение исходной задачи к отысканию безусловного экстремума функции множителей Лагранжа; - имитационное 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 Excel, 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: - аналитические и имитационные методы моделирования СМО; - построение фрагментарных моделей технологических линий железнодорожных станций; - имитационное 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 определителя 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 преимуществ 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	Аппроксимация 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 коэффициентами 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 коэффициентами 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 кратчайших расстояний 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 коммивояжера и нейронные сети В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык решения задачи коммивояжера 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	Самарский, Александр Андреевич (1919-). Математическое моделирование : Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. — Изд. 2-е, испр. — Москва : Физматлит, 2005. — 316, [2] с. : ил., табл. :	https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002681099/?ysclid=m9lg h2jq9y741743279 (дата обращения: 17.04.2025)

	22 см.; ISBN 5-9221-0120-X	
2	Математическое моделирование транспортных систем и процессов : учебное пособие / А. Н. Рахмангулов, А. В. Цыганов, В. А. Пикалов, Д. С. Муравьев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова, 2021. - 190 с.	https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=nnzulg&ysclid=m9lgq3arud510063293 (дата обращения: 17.04.2025)
3	Рейзлин, В. И. Математическое моделирование: учебное пособие для вузов / — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 126 с. — ISBN 978-5-534-08475-7.	https://urait.ru/bcode/537305 - Текст: электронный.
4	Исследование операций в экономике : учебник для вузов / под редакцией Н. Ш. Кремера. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 414 с. — ISBN 978-5-534-12800-0	https://urait.ru/bcode/510512 (дата обращения: 17.04.2025)

5	Зорич В.А. Математический анализ задач естествознания, изд. МЦНМО, 2020. - 160 с. - ISBN 978-5-4439- 1225-7	https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_012659591/?ysclid=m9lhbkai7q10721585
6	Вентцель, Е. С.. Исследование операций : задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. — 5-е изд., стер. — Москва : КноРус, 2014. — 192 с. : ил., табл. : 22 см.; ISBN 978-5-406-03921- 2	https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000012743/?ysclid=m9lhd1pucx116319492 (дата обращения 17.04.2025)
7	Имитационное моделирование: учебное пособие / Ю.А. Кораблев. — Москва: КНОРУС, 2017. — 146 с. - ISBN 978-5-406-05739-1	https://book.ru/book/921750 (дата обращения: 17.04.2025)
8	Яковлев, В. Б. Статистика. Расчеты в Microsoft Excel : учебное пособие для вузов / В. Б. Яковлев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 353 с. - — ISBN 978-5-534-01672- 7.	https://urait.ru/bcode/514005 (дата обращения: 17.04.2025).
9	Smath Studio Руководство пользователя.	https://ru.smath.com/docs/SMathStudio_user_tutorial.pdf

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:

Заведующий кафедрой ЦТУТП

В.Е. Нутович

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова