

**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 Нугович Вероника  
Евгеньевна  
Дата: 17.10.2024

## 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.
2	Линейные модели, приводящие к решению систем линейных алгебраических

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>уравнений (СЛАУ)</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-равновесное распределение потоков по маршрутам линейной транспортной сети как решение СЛАУ</li> <li>- прямые и итерационные методы решения СЛАУ при моделировании отраслевых задач</li> <li>-вычисление определителя матрицы путем разложения по строкам и столбцам.</li> <li>- классификация матриц специального вида и операции над ними</li> <li>-метод обратной матрицы и правило Крамера.</li> </ul>
3	<p>Решение СЛАУ с квадратной матрицей методом Гаусса</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- элементарные преобразования строк матрицы СЛАУ</li> <li>-эквивалентные матрицы и равносильные системы уравнений</li> <li>- расширенная матрица, ранг матрицы и совместность систем</li> <li>- прямой и обратный ход</li> <li>- решение СЛАУ методом Гаусса в Mathcad</li> </ul>
4	<p>Задача принятия решений (ЗПР) в условиях неопределённости</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модели ЗПР при управлении перевозочным процессом;</li> <li>- решение СЛАУ с прямоугольной матрицей, когда число уравнений меньше числа неизвестных;</li> <li>- решения СЛАУ, зависящие от параметра задаваемого Лицом Принимающим Решение (ЛПР).</li> </ul>
5	<p>Решение нелинейных алгебраических уравнений в задачах с полиномиальными моделями</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-этап отделения корней численным и графическим методами</li> <li>-метод дихотомии, итерационные методы касательных ( Ньютона) и секущих уточнения корней</li> <li>-нахождение решения в Mathcad</li> </ul>
6	<p>Задача на собственные значения и собственные вектора матриц</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-применение задачи в проблематике предельного объема информации по каналу связи, собственных частот подвижного состава и мостовых конструкций</li> <li>-нахождение характеристического уравнения и его решение, спектр и спектральный радиус матрицы</li> <li>-решение однородных СЛАУ для нахождения собственных векторов</li> <li>-функции eigenvalues и eigenvectors в Mathcad</li> </ul>
7	<p>Модель Леонтьева межотраслевого баланса</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-исследование линейной модели и нахождения решения задачи планирования с использованием матричных методов решения систем уравнений. .</li> </ul>
8	<p>Аппроксимация функций, интерполяция многочленом Лагранжа</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-классификация и применение методов аппроксимации функций в отраслевых задачах</li> <li>-аппроксимация заданных в небольшом количестве точек сеточных (табличных) функций искомой непрерывной функцией в виде одного алгебраического многочлена не выше 5-й степени.</li> </ul>
9	<p>Сплайн-интерполяция</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разновидности функций распределения случайных величин (Пуассона-, Вейбула-, Гамма-распределения), дискретные и непрерывные распределения;</li> <li>- задача замены сложновычисляемых трансцендентных функций простыми многочленами;</li> <li>- аппроксимация заданных в большом количестве точек-узлов сеточных функций искомыми непрерывными функциями в виде системы алгебраических многочленов 1-й или 2-й или 3-й степени для каждой пары соседних узлов.</li> </ul>
10	<p>Аппроксимация функций методом наименьших квадратов</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- статистическая обработка результатов измерений временных перемещений поездов и построение приближающей функции методом наименьших квадратов (МНК);</li> <li>- анализ качества приближения с помощью критерия Пирсона;</li> <li>- сравнительный анализ разных методов аппроксимации функций.</li> </ul>
11	<p><b>Экстраполяция функций в логистике</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экстраполяция исходных функций, полученных МНК при обработке времени прохождения поездом промежуточных станций и её использование для прогнозирования времени прибытия поезда на конечную станцию</li> </ul>
12	<p><b>Математические модели на базе дифференциальных задач</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация дифференциальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)</li> <li>- примеры математических моделей отраслевых задач на базе начально-краевых задач для дифференциальных уравнений</li> <li>- аналитические и численные методы решения дифференциальных задач</li> </ul>
13	<p><b>Метод конечных разностей для аппроксимации дифференциальных задач</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие разностной сетки и сеточной функции, знакомство с разреженными матрицами специального вида, конечно-разностные аналогии 1-й и 2-й производных;</li> <li>- сведение начальных (для ОДУ 1-ого и 2-ого порядка) и краевых задач (для ОДУ 2-ого порядка) к решению СЛАУ, составление матриц СЛАУ;</li> <li>- 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.</li> </ul>
14	<p><b>Численное решение первой краевой задачи для ОДУ</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решения линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами с краевыми условиями 1-го рода сведением задачи методом конечных разностей к СЛАУ;</li> <li>- решение СЛАУ методами простой итерации и Зейделя;</li> <li>- решение задачи в программной среде Smath Studio, включая встроенные функции ПО.</li> </ul>
15	<p><b>Случайные процессы и имитационное моделирование</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- случайные процессы на транспорте;</li> <li>- имитационное моделирование, как статистическое моделирование при его многократном воспроизведении с последующей статистической обработкой;</li> <li>- метод Монте-Карло, Монте-Карло симуляция;</li> <li>- гравитационная модель в задачах железнодорожных перевозок.</li> </ul>
16	<p><b>Задачи оптимизации</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- постановка задачи нахождения условного экстремума;</li> <li>- сведение исходной задачи к отысканию безусловного экстремума функции множителей Лагранжа;</li> <li>- имитационное моделирование в задаче определения оптимальной этапности наращивания провозной способности ж-д станций.</li> </ul>
17	<p><b>Транспортная задача – постановка и определения</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общая постановка транспортной задачи;</li> <li>- транспортная задача в матричной постановке, замкнутая и открытая задачи;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- 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: - 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 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

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	приближённого решения СЛАУ в программной среде Smath Studio, а также понимания преимуществ и недостатков разных прямых методов решения и программных сред.
6	<b>Метод Гаусса решения СЛАУ с квадратной матрицей</b> 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	<b>Метод Гаусса решения СЛАУ с прямоугольной матрицей</b> 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	<b>Модель Леонтьева межотраслевого баланса</b> 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	<b>Интерполяция многочленом Лагранжа</b> В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык обработки результатов измерений и нахождения приближения функции в виде многочлена.
10	<b>Сплайн-интерполяция</b> В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык обработки результатов измерений и нахождения приближенных функциональных зависимостей для случайных процессов.
11	<b>Сравнение разных методов интерполяции</b> В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык исследования моделей разного типа и выбора соответствующего метода решения задачи.
12	<b>Аппроксимация методом наименьших квадратов</b> 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	<b>Экстраполяция функций в логистике</b> В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык экстраполяции исходных функций, полученных МНК при обработке времени прохождения поездом промежуточных станций и её использование для прогнозирования времени прибытия поезда на конечную станцию.
14	<b>Решение задачи Коши</b> 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	<b>Решение первой краевой задачи</b> 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.
16	<b>Задача динамического программирования</b> В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык решения задач динамического программирования по методу на основе принципа оптимальности Беллмана.
17	<b>Решение ОЗЛП</b> В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык решения

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	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 А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. М.Наука, Физматлит, 2-е изд., 2001, 320 с.— ISBN 5-9221-0120-X	<a href="https://samarskii.ru/ru/trudy/monografii">https://samarskii.ru/ru/trudy/monografii</a> - Текст: электронный.
2	Математическое моделирование транспортных систем и процессов : учебное пособие / А. Н. Рахмангулов, А. В.	<a href="https://figshare.com/articles/book/_____/14609553?file=28562115">https://figshare.com/articles/book/_____/14609553?file=28562115</a> - Текст: электронный.

	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.	
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.	<a href="https://urait.ru/bcode/537305">https://urait.ru/bcode/537305</a> - 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	<a href="https://urait.ru/bcode/510512">https://urait.ru/bcode/510512</a> (дата обращения: 05.01.24). - Текст: электронный.
5	Зорич В.А. Математический анализ задач естествознания, изд. МЦНМО, 2020. - 160 с. - ISBN 978-5-4439-1225-7	<a href="https://e.lanbook.com&gt;book/267617">https://e.lanbook.com&gt;book/267617</a> - Текст: электронный.
6	Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. – 552 с.	<a href="https://djvu.online/file/drARRZJ8UHtCU">https://djvu.online/file/drARRZJ8UHtCU</a> (дата обращения: 05.01.24). - Текст: электронный.
7	Имитационное моделирование: учебное пособие / Ю.А. Кораблев. – Москва: КНОРУС, 2017. – 146 с. -	<a href="https://www.litres.ru/book/uriy-korablev/imitacionnoe-modelirovanie-22832131.pdf/">https://www.litres.ru/book/uriy-korablev/imitacionnoe-modelirovanie-22832131.pdf/</a>

	ISBN 978-5-406-05739-1	
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.	<a href="https://urait.ru/bcode/514005">https://urait.ru/bcode/514005</a>
9	Smath Studio Руководство пользователя.	<a href="https://studfile.net/preview/16882620/">https://studfile.net/preview/16882620/</a>

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. Сеницына

Заведующий кафедрой ЦТУТП

В.Е. Нутович

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова