

**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 РУТ (МИИТ)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Математическое моделирование на транспорте**

Специальность: 23.05.04 Эксплуатация железных дорог

Специализация: Бизнес-аналитика перевозочного процесса

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:  
Подписал:  
Дата: 16.06.2026

### 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	<p>Линейные модели, приводящие к решению систем линейных алгебраических 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>Слайн-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</li> </ul>

№ 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	<b>Аппроксимация функций методом наименьших квадратов</b> 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	<b>Экстраполяция функций в логистике</b> 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	<b>Математические модели на базе дифференциальных задач</b> 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	<b>Метод конечных разностей для аппроксимации дифференциальных задач</b> 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	<b>Численное решение первой краевой задачи для ОДУ</b> 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	<b>Случайные процессы и имитационное моделирование</b> 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	<b>Задачи оптимизации</b> 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	<p>Транспортная задача – постановка и определения</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> <li>- симплекс-метод решения ЗЛП в программных средах Excel, MathCad, Smath Studio.</li> </ul>
18	<p>Задача динамического программирования (ДП), методы решения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- постановка задачи;</li> <li>- принцип оптимальности и уравнения Беллмана, геометрическая интерпретация задачи;</li> <li>- графический способ решения;</li> <li>- примеры применения методов ДП в управлении эксплуатационной работой;</li> <li>- задача о замене оборудования.</li> </ul>
19	<p>Задача коммивояжёра и нейронные сети</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общая постановка задачи;</li> <li>- приближённые и точные методы решения задачи коммивояжёра;</li> <li>- алгоритм решения задачи коммивояжера с использованием рекуррентной нейронной сети;</li> <li>- понятие об архитектуре нейронной сети на примерах задач сортировки вагонов и распознавания символов маркировки вагонов с помощью нейронной сети .</li> </ul>
20	<p>Системы массового обслуживания (СМО)</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналитические и имитационные методы моделирования СМО;</li> <li>- построение фрагментарных моделей технологических линий железнодорожных станций;</li> <li>- имитационное моделирование при расчёте характеристик СМО на примере этапного развития ж-д транспорта.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Функции работы с матрицами в программной среде Excel</p> <p>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</p>
2	<p>Решение СЛАУ прямыми методами в Excel</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык нахождения приближённого решения СЛАУ в программной среде Excel Методом Крамера и методом обратной матрицы.</p>
3	<p>Решение СЛАУ в Excel как задачи оптимизации</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают понимание задачи оптимизации и навык нахождения приближённого решения СЛАУ с помощью надстройки «поиск решения».</p>
4	<p>Основные функции в программной среде Smath Studio</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся приобретают навык выполнения</p>

№ 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	<b>Решение СЛАУ прямыми методами в программной среде Smath Studio</b> 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	<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 обработки 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.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
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 оптимизационных задач в надстройке «поиск решения» в Excel и графической интерпретации решения.
18	<b>Определение кратчайших расстояний между вершинами транспортной сети</b> В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся знакомятся с реализацией алгоритма Дейкстры в Excel, приобретают навык работы с сетями.
19	<b>Транспортная задача</b> 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	<b>Задача коммивояжера и нейронные сети</b> 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	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: <a href="https://urait.ru/bcode/562014">https://urait.ru/bcode/562014</a> (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.	<a href="https://e.lanbook.com/book/421802">https://e.lanbook.com/book/421802</a> (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	<a href="https://e.lanbook.com/book/408545">https://e.lanbook.com/book/408545</a> (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: <a href="https://urait.ru/bcode/569495">https://urait.ru/bcode/569495</a> (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 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: