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
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теория математического моделирования систем подвижного состава ВСМ

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Инжиниринг подвижного состава высокоскоростных железнодорожных магистралей

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: 5214
Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег Евгеньевич
Дата: 10.11.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины «Теория математического моделирования систем подвижного состава ВСМ» являются:

- изучение студентами принципов и методов математического моделирования;

- умение разработки и решение математических моделей реальных объектов и процессов с использованием современных средств вычислительной техники и стандартных пакетов прикладных программ.

Задачами освоения учебной дисциплины «Теория математического моделирования систем подвижного состава ВСМ» являются:

- освоение основных подходов к построению и анализу математических моделей, общих для различных областей знания, не зависящих от конкретной специфики;

- освоение различных типов математических моделей и их свойств;

- освоение в области формирования представлений о принципах и методах разработки различных математических моделей;

- освоение математических методов: аналитических (точных) и численных (приближённых) для решения инженерных задач с помощью математических моделей;

- освоение практических навыков разработки адекватных математических моделей железнодорожной направленности, а также их алгоритмизации и программирования;

- освоение правильного анализа результатов, полученных в процессе вычислительного эксперимента.

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:

Знать:

Технические и программные средства реализации информационных технологий, программное обеспечение и технологии программирования,применять типовые программные средства Microsoft Office; разрабатывать сложные математические модели, определять цель математического эксперимента

Уметь:

- применять основные методы работы на персональных компьютерах с прикладными программными средствами, компьютером как средством решения сложных математических моделей.

Владеть:

- навыками применения основ теории математического моделирования, технических и программных средств реализации математических моделей, современных языков программирования

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 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		
		№5	№6	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	144	48	48	48
В том числе:				
Занятия лекционного типа	48	16	16	16
Занятия семинарского типа	96	32	32	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 144 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	Общие сведения о моделировании и моделях. Рассматриваемые вопросы: - понятие о модели и моделировании, роль моделирования в инженерной деятельности; - классификация моделей: материальные (натурные, физические) и идеальные (наглядные, знаковые, математические); - геометрическое, физическое и математическое моделирование: сущность, достоинства, ограничения, примеры из практики железнодорожного транспорта; - понятия математического моделирования и математической модели; - основные требования к математической модели: адекватность, точность, универсальность, экономичность; - области применения математического моделирования при проектировании и исследовании подвижного состава ВСМ.
2	Уровни математического моделирования. Рассматриваемые вопросы: - микро-, макро- и метауровни математического моделирования; - объекты моделирования и степень детализации описания на каждом уровне; - соотношение точности модели и трудоёмкости её построения и расчёта; - примеры моделей подвижного состава на разных уровнях: деталь - узел - механическая часть экипажа - поезд; - примеры использования и области применения каждого уровня при решении инженерных задач.
3	Процесс разработки математической модели. Рассматриваемые вопросы: - постановка задачи: цель моделирования, объект и границы модели, исходные данные; - построение концептуальной модели и её формализация: выбор переменных, параметров и допущений; - математическая постановка задачи, выбор метода решения (аналитического или численного); - реализация модели на ЭВМ, организация вычислительного эксперимента; - оценка полученных результатов: проверка адекватности и верификация модели; - корректировка модели по результатам расчёта.
4	Разработка математической модели в процессе проектирования объекта. Рассматриваемые вопросы: - место математического моделирования в жизненном цикле технического объекта; - использование моделей на этапах проектирования: выбор технического решения, эскизный и технический проекты; - многовариантные расчёты, анализ чувствительности и оптимизация параметров конструкции; - вычислительный эксперимент как дополнение (замена) натурных испытаний; - примеры применения моделей при проектировании узлов подвижного состава ВСМ; - оценка полученных результатов и корректировка модели при проектировании.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
5	Математическое моделирование тяговых электрических машин. Рассматриваемые вопросы: - особенности математического описания электромеханических процессов в тяговых электрических машинах; - система уравнений электрического и механического равновесия; - допущения, принимаемые при построении моделей тяговых машин; - математическое моделирование асинхронных электродвигателей: структура модели, параметры, характеристики; - анализ результатов моделирования и их использование при выборе тягового оборудования.
6	Математическое моделирование тяговых электрических машин. Рассматриваемые вопросы: - математическое описание двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением; - система дифференциальных уравнений, описывающих работу двигателя; - электромеханические и тяговые характеристики двигателя; - реализация модели в прикладных программных пакетах, анализ полученных результатов.
7	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Рассматриваемые вопросы: - постановка задачи Коши; причины широкого применения численных методов при моделировании технических систем; - классификация численных методов: одно- и многошаговые, явные и неявные; - представление решения в виде ряда Тейлора; основные преимущества и недостатки методов, основанных на этом представлении; - понятия погрешности, устойчивости и сходимости; влияние шага интегрирования на точность решения.
8	Метод Эйлера для численного решения дифференциальных уравнений. Рассматриваемые вопросы: - вывод расчётной формулы; взаимосвязь метода Эйлера с рядом Тейлора; - графическое представление метода Эйлера; - алгоритм и организация вычислений; - точность метода, накопление погрешности при увеличении интервала интегрирования; - области применения и ограничения метода.
9	Метод Рунге-Кутта четвёртого порядка. Рассматриваемые вопросы: - идея методов Рунге-Кутта; основные формулы метода четвёртого порядка; - графическое представление метода; - точность метода, преимущества и недостатки; - сравнение с методом Эйлера по точности и трудоёмкости; - практическая реализация при моделировании динамических процессов в подвижном составе.
10	Модифицированный метод Эйлера. Рассматриваемые вопросы: - идея модификации метода Эйлера (использование средней точки, итерационный пересчёт); - основные расчётные формулы; - основные отличия от метода Эйлера, повышение точности; - преимущества и недостатки модифицированного метода Эйлера; - области применения метода.
11	САПР в машиностроении. Рассматриваемые вопросы: - определение, назначение и состав САПР; виды обеспечения САПР (техническое, математическое, программное, информационное, лингвистическое, организационно-методическое); - типы систем автоматизированного проектирования: CAD, CAM, CAE, CAPP и их взаимосвязь;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- место САПР в процессе проектирования подвижного состава; - обзор распространённых машиностроительных САПР.
12	История развития САПР. Создание САПР. Развитие САПР от CAD до CAE систем. Рассматриваемые вопросы: - предпосылки возникновения и история создания САПР; - основные этапы развития: от электронного черчения к трёхмерному параметрическому моделированию; - развитие САПР от CAD до CAE-систем, появление инженерного анализа; - интеграция CAD/CAE/CAM/PDM-систем; современные тенденции развития, в том числе отечественные разработки.
13	Системы автоматизированного проектирования (САПР). Уровни программного обеспечения. Рассматрвиаемые вопросы: - классификация САПР по уровням: лёгкие, средние и тяжёлые; - критерии отнесения системы к уровню: функциональность, размерность моделей, требования к аппаратным средствам, стоимость; - примеры САПР различного уровня; - уровни программного обеспечения: системное, базовое (инструментальное), прикладное; - выбор САПР для решения конкретных инженерных задач.
14	Системы автоматизированного проектирования (САПР). Рассматриваемые вопросы: - общие принципы работы в САПР: параметризация, ассоциативность, дерево построения; - этапы создания твёрдотельной модели; - ограничение степеней свободы компонентов сборки; - основы инженерного анализа в среде САПР: назначение материала, граничных условий, построение конечно-элементной сетки.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Моделирование электрического прибора (на примере диода или тиристора) Рассматриваемые вопросы: - разработка модели электрической цепи переменного тока в программном пакете Mathcad; - разработка моделей тиристора и диода; - анализ полученных данных.
2	Моделирование полупроводниковых приборов. Рассматриваемые вопросы: - разработка моделей тиристора и диода; - расчёт и построение вольт-амперных характеристик; - анализ полученных данных.
3	Модель электрического двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Рассматриваемые вопросы: - математическое описание двигателя постоянного тока; - решение в программном пакете Mathcad дифференциальных уравнений описывающем работу двигателя.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
4	Моделирование двухмассовой системы. Рассматриваемые вопросы: - математическое описание механической двухмассовой системы; - решение в Mathcad дифференциальных уравнений; - анализ графиков вертикальных колебаний.
5	Моделирование вертикальных колебаний двухмассовой системы. Рассматриваемые вопросы: - решение дифференциальных уравнений; - построение графиков колебаний; - анализ результатов.
6	Исследование точности при моделировании колебательного процесса. Рассматриваемые вопросы: - оценка количества точек приходящихся на оодин период для получения нужной точности решения
7	Разработка твёрдотельной модели простейшей детали. Рассматриваемые вопросы: - моделирование простейшей детали в программном пакете Soldworks; - понятие эскизной проработки модели; - использование взаимосвязей в эскизе.
8	Разработка твёрдотельной модели детали подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - моделирование простой детали подвижного состава в программном пакете Soldworks
9	Разработка твёрдотельной модели детали подвижного состава сложной формы. Рассматриваемые вопросы: - детали типа кронштейна, рычага; - применение отверстий, массивов, зеркальных элементов.
10	Разработка сборки узла. Рассматриваемые вопросы: - моделирование простейшей сборки в прораммном пакете Solidworks; - понятие сопряжений отдельных деталей; - виды и типы сопряжений сборки.
11	Разработка модели узла механической части подвижного состава с ограничением степеней свободы по перемещению Рассматриваемые вопросы: - моделирование узла механической части в программном пакете Soldworks.
12	Разработка модели и расчёт напряжённо-деформированного состояния узла подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - моделирование детали или узла подвижного состава с проведением инженерного анализа в виде расчета напряженно-деформированного состояния.
13	Разработка модели узла механической части подвижного состава с огрвничением степеней свободы по вращению. Рассматриваемые вопросы: - моделирование узла механической части в программном пакете Soldworks.
14	Частотный анализ узла подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - моделирование детали или узла подвижного состава с проведением инженерного анализа в виде расчета частотного анализа
15	Подготовка модели к инженерному анализу. Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	- назначение материала; - задание закреплений и нагрузок; - построение и сгущение конечно-элементной сетки.
16	Частотный анализ детали подвижного состава. Рассматриваемые вопросы: - расчёт собственных частот и форм колебаний детали; - интерпретация результатов.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение теоретического материала по математическому моделированию
2	Изучение параметров и разработка математических моделей тяговых электрических машин
3	Исследование точности решения дифференциальных уравнения различными численными методами
4	Изучение программной среды. Построение моделей. Навыки работы с программными средами для построения и расчёта математической модели.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В. П. Тарасик. — Минск : Новое знание, 2013. — 584 с. — ISBN 978-985-475-539-7. — Текст : электронны	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/4324 (дата обращения: 27.10.2022).
2	Алямовский, А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации / А. А. Алямовский. — Москва : ДМК Пресс, 2015. — 562 с. — ISBN 978-5-97060-140-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: https://e.lanbook.com/book/69953 (дата обращения: 19.05.2025).
3	Рыбников, Т. О. Вахромеева, С. В. Володин. — Москва : РУТ (МИИТ), 2020. — 86 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: https://e.lanbook.com/book/269342 (дата обращения: 19.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей

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

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU https://elibrary.ru

Электронно-библиотечная система «Лань» https://e.lanbook.com

Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» https://cyberleninka.ru

Поисковые системы: Yandex (https://yandex.ru).

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

ОС MS Windows XP или Vista, MS Office 2007, MS VBA, MathLab, MathCad

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

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и лабораторных работ, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5, 6, 7 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
««Тяговый подвижной состав
железных дорог» » Института
железнодорожного транспорта С.В. Володин

Согласовано:

Директор О.Н. Покусаев

Заведующий кафедрой ТПСЖД О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии Д.В. Паринов