

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Математические модели вагонов**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Грузовые вагоны

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: 3331  
Подписал: заведующий кафедрой Петров Геннадий Иванович  
Дата: 23.12.2022

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Дисциплина «Математические модели вагонов» ставит своей целью изучение студентами принципов и методов математического моделирования, умение разрабатывать математические модели реальных объектов и процессов и решать на их основе инженерные задачи с помощью современных средств вычислительной техники и стандартных пакетов прикладных программ.

Задачи дисциплины:

- изучение основных подходов к построению и анализу математических моделей, общих для различных областей технических наук, не зависящих от конкретной специфики;
- изучение студентами методов математического моделирования: аналитических (точных) и численных (приближённых) для решения инженерных задач с помощью математических моделей;
- приобретение студентами практических навыков применения методов математического моделирования при решении задач вагоностроения и вагонного хозяйства, а в том числе алгоритмизации и программирования;
- овладение студентами навыками 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 с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Знать:**

основы методов математического моделирования

**Уметь:**

решать инженерные задачи вагоностроения и вагонного хозяйства с использованием методов математического моделирования

**Владеть:**

навыками разработки математических моделей и решения на их основе инженерных задач вагоностроения и вагонного хозяйства

### 3. Объем дисциплины (модуля).

#### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 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	Сем. №5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	48	48

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 28 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	<p>Общие сведения о математическом моделировании. Процесс разработки математической модели</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- цели и задачи дисциплины;</li> <li>- рекомендуемая основная и дополнительная литература;</li> <li>- основные понятия математического моделирования;</li> <li>- классификация математических моделей;</li> <li>- разработка математической модели.</li> </ul>
2	<p>Оценка полученных результатов. Корректировка моделей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способы оценки результатов моделирования;</li> <li>- оценка сходимости модели;</li> <li>- оценка чувствительности модели;</li> <li>- верификация и корректировка модели</li> </ul>
3	<p>Системы координат в математических моделях</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- декартова, полярная системы координат на плоскости;</li> <li>- цилиндрическая, сферическая декартова косистемы координат в пространстве;</li> <li>- преобразования параллельного переноса и поворота декартовой системы координат;</li> <li>- переход между системами координат</li> </ul>
4	<p>Применение матриц в математическом моделировании. Основные матричные операции</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятия матрицы и вектора;</li> <li>- обращение к элементам матрицы;</li> <li>- операции сложения, умножения матриц, транспонирования и обращения.</li> </ul>
5	<p>Применение матричных операций</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила выполнения матричных операций</li> <li>- сферы применения матричных операций в задачах математического моделирования</li> </ul>
6	<p>Применение матриц при решении систем уравнений</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обращение матрицы;</li> <li>- применение метода обратной матрицы для решения систем линейных уравнений;</li> <li>- применение метода Крамера для решения систем линейных уравнений</li> </ul>
7	<p>Методы численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы численного интегрирования дифференциальных уравнений;</li> <li>- шаг интегрирования;</li> <li>- начальные условия;</li> <li>- преобразование дифференциальных уравнений.</li> </ul>
8	<p>Метод Эйлера для интегрирования дифференциальных уравнений</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сущность метода Эйлера;</li> <li>- аппроксимация приращения функций;</li> <li>- переход к системе дифференциальных уравнений первого порядка.</li> </ul>
9	<p>Модифицированный метод Эйлера</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сущность модифицированного метода Эйлера;</li> <li>- особенность алгоритма расчета на каждом шаге интегрирования;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- сравнение сходимости методов численного интегрирования.
10	Метод Рунге-Кутты Рассматриваемые вопросы: - сущность метода Рунге-Кутты; - алгоритм применения метода на каждом шаге интегрирования; - оценка сходимости метода
11	Методы Адамса Рассматриваемые вопросы: - сущность методов Адамса; - неявные схемы метода Адамса, их преимущество; - неявный метод Адамса второго порядка; - оценка сходимости метода Адамса

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Разработка математической модели В результате формируются навыки: - составления расчетной схемы; - выбора метода решения задачи; - разработка математической модели.
2	Анализ математической модели В результате формируются навыки: - верификации математической модели; - проверки сходимости; - оценки чувствительности модели
3	Системы координат В результате формируются навыки: - применения основных систем координат; - преобразований систем координат; - перехода от одной системы координат к другой.
4	Матричные операции В результате формируются навыки: - применения матричной формы записи систем уравнений; - использования матриц и векторов
5	Применение матричных операций В результате формируются навыки: - применения операций произведения матриц, умножения матрицы (вектор) на число, сложения матриц, скалярного произведения векторов; - вычисления определителей.
6	Применение матриц при решении систем уравнений В результате формируются навыки: - вычисления обратной матрицы; - применения обратной матрицы для решения системы уравнений в матричной форме; - применения определителей для решения системы уравнений
7	Математическая модель продольных колебаний вагона. Вывод дифференциальных

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	<p>уравнений</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбора расчетной схемы в динамике вагона;</li> <li>- применения аксиомы связей;</li> <li>- составления детализированной расчетной схемы;</li> <li>- составления уравнений движения.</li> </ul>
8	<p>Математическая модель продольных колебаний вагона. Применение метода Эйлера</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- реализации метода численного интегрирования для задач динамики;</li> <li>- применения метода Эйлера;</li> <li>- задания и применения начальных условий;</li> <li>- преобразования уравнений движения к системе дифференциальных уравнений первого порядка</li> </ul>
9	<p>Математическая модель колебаний подпрыгивания вагона с применением модифицированного метода Эйлера</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбора расчетной схемы в колебаний подпрыгивания вагона;</li> <li>- составления детализированной расчетной схемы;</li> <li>- составления системы дифференциальных уравнений движения для случая подпрыгивания</li> </ul>
10	<p>Математическая модель продольных колебаний вагона с применением метода Рунге-Кутты</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использования метода численного интегрирования повышенной точности;</li> <li>- вычисления коэффициентов Рунге-Кутты;</li> <li>- составления математической модели с применением метода Рунге-Кутты.</li> </ul>
11	<p>Алгоритм численного интегрирования с применением метода Рунге-Кутты</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления алгоритма с применением метода Рунге-Кутты;</li> <li>- реализации математической модели с применением метода Рунге-Кутты;</li> <li>- получения и анализа результатов имитационного моделирования.</li> </ul>
12	<p>Математические модели поглощающих аппаратов автосцепки</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задания силовых характеристик поглощающих аппаратов различных типов;</li> <li>- вычисления сил упругости и трения в аппарате;</li> <li>- определения силовой характеристики после закрытия поглощающего аппарата;</li> <li>- разработки силовой характеристики автосцепного устройства в целом.</li> </ul>
13	<p>Принципы проектирования характеристик поглощающих аппаратов автосцепки</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нахождения энергоемкости поглощающего аппарата по силовой характеристике;</li> <li>- определения величины поглощенной энергии;</li> <li>- нахождения и оценки величины коэффициента полноты силовой характеристики;</li> <li>- задания максимальных хода и реакции, реализуемых в аппарате</li> </ul>
14	<p>Математическая модель котла цистерны для расчета на прочность. Уравнения безмоментной теории оболочек</p> <p>В результате формируются навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использования уравнений теории оболочек для котлов цистерн;</li> <li>- составления расчетной схемы котла.</li> </ul>
15	<p>Математическая модель котла цистерны для расчета на прочность. Применение принципа Лагранжа</p> <p>В результате формируются навыки:</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	- применения принципа Лагранжа; - преобразования исходных уравнений теории оболочек
16	Математическая модель котла цистерны для расчета на прочность. Аппроксимация перемещений двойными рядами Фурье. Алгоритм расчета В результате формируются навыки: - применения аппроксимации перемещений в виде двойных тригонометрических рядов; - интегрирования выражений для полной потенциальной энергии деформации оболочки; - формирования разрешающей системы уравнений при статическом расчете

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Освоение среды программирования Embarcadero C++ Builder
2	Подготовка к реализации методов математического моделирования на лабораторных работах
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Разработка математической модели конструкции для выполнения расчётов (задаются варианты элементов, уровни нагрузок)

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Элементы теории математических моделей : монография / А.Д. Мышкис. - М. : Физматлит, ВО "Наука", 1994. - 192 с. - ISBN 5-02-014850-4	НТБ (уч.12); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.4)
2	Сборник задач по линейной алгебре : учеб. пособие / И.В. Проскуряков. - 10-е изд., стер. - СПб. : "Лань", 2007. - 480 с. - ISBN 978-5-8114-0707-1	НТБ (уч.2); НТБ (уч.13); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.2)

3	<p>Введение в численные методы : учеб. пособие для вузов / А.А. Самарский. - 3-е изд., стер. - СПб. : "Лань", 2005. - 288 с. : ил. - ISBN 5-8114-0602-9</p>	<p>НТБ (фб.); НТБ (чз.11); НТБ (чз.2); НТБ (чз.4)</p>
4	<p>Определение температурного поля котла цистерны в очаге пламени : метод. указ. к курс. и дипл. проектированию по дисц. "Конструирование и расчет вагонов" для студ. спец. "Вагоны" / С.В. Беспалько, С.С. Андриянов, В.М. Меланин . - М. : МИИТ, 2009. - 26 с.</p>	<p><a href="http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18971.pdf">http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18971.pdf</a> (дата обращения: 01.02.2022) Текст: электронный.</p>
5	<p>Определение напряженно-деформированного состояния котла цистерны : метод. указ. к курсовому и дипломному проектированию по дисц. "Конструирование и расчет вагонов" С.В. Беспалько, С.С. Андриянов . - М. : МИИТ, 2009. - 30 с.</p>	<p><a href="http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18970.pdf">http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/03-18970.pdf</a> (дата обращения: 01.02.2022) Текст: электронный.</p>
6	<p>Вариационное исчисление и интегральные уравнения : справочное руководство / Л.Я. Цлаф. - 3-е изд., стер. - СПб. : "Лань", 2005. - 192 с. - ISBN 5-8114-0596-0</p>	<p>НТБ (уч.13); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)</p>
7	<p>Прикладные численные</p>	<p>НТБ (уч.13)</p>



<p>методы в физике и технике : научное издание / Т.Е. Шуп; Пер. с англ. С.Ю.Славянова; Ред. С.П.Меркурьев. - М. : Высшая школа, 1990. - 255 с. : ил. - ISBN 5-06-001014-7</p>	
---	--

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

Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>;

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР) - <http://www.fcior.edu.ru/> ;

Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ" - <https://e.lanbook.com/>;

Электронно-библиотечная система "ЮРАЙТ" - <https://urait.ru/>;

Электронно-библиотечная система "BOOK.RU" - <http://www.book.ru/>;

Электронно-библиотечная система ibooks.ru - <http://ibooks.ru/>;

Электронно-библиотечная система «Академия» - <http://academia-moscow.ru/>;

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - [http://www.znanium.com](http://www.znanium.com;);

Информационный портал нормативных документов ОАО «РЖД» - <http://rzd.ru/>;

База нормативных документов (ГОСТ) - <https://docs.cntd.ru/document/>;

Электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ - <http://library.miit.ru/>;

Информационно-справочный портал Проект Российской государственной библиотеки для молодежи - <http://www.library.ru/>.

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

ОС MS Windows

MS Office 2007

Среда программирования C++ Builder

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

Сетевой компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами на платформе IBM PC

Канал связи с Интернетом со скоростью не менее 5 Мбит/сек

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

Курсовая работа в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

профессор, профессор, д.н. кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

С.В. Беспалько

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВВХ

Г.И. Петров

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин