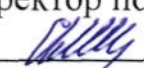


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Уральский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВПО УрГУПС)**

Кафедра «Вагоны»

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
 Е.А. Малыгин
«20» 06 2013 г.

Основная образовательная программа
«Подвижной состав железных дорог»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Математическое моделирование систем и процессов»
(Наименование дисциплины (модуля))

Шифр дисциплины – **С2.В.ДВ.1.1**

Специальность – **190300.65 «Подвижной состав железных дорог»**

Специализация – **Вагоны**

Квалификация – **Специалист**

Форма обучения – **Очная**

Екатеринбург
2013

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов» составлена в соответствии с основной образовательной программой подготовки специалистов «Подвижной состав железных дорог».

Дисциплина «Математическое моделирование систем и процессов» преподается на основе ранее изученных дисциплин:

- 1) Математика
- 2) Теоретическая механика
- 3) Сопротивление материалов

и является фундаментом для изучения следующих дисциплин

- 1) Надежность подвижного состава
- 2) Компьютерные технологии расчета и проектирования
- 3) Динамика подвижного состава
- 4) Конструирование и расчет вагонов

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Вагоны» «22» мая 2013 г. протокол № 9.

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Механического факультета «18» июня 2013 г.

Автор

д.т.н., профессор



В.Ф. Лапшин

Программа согласована:

Заведующий кафедрой «Вагоны»

к.т.н., доцент



К.М. Колясов

Декан МФ

к.т.н., доцент



А.В. Архипов

Председатель учебно-методической
комиссии МФ, к.т.н., доцент



А.В. Сирин

Начальник учебного отдела



М.Н. Оськина

Рецензент

Начальник службы вагонного хозяйства
Свердловской дирекции инфраструктуры –
филиала ОАО «РЖД»



В.Ю. Баскал

Курс	3
Семестр(ы)	5
Зачетные единицы	4

Лекции	17 ч.
Лабораторные работы	34 ч.
Аудиторные занятия	51 ч.
Самостоятельная работа	93 ч.
Экзамен	36
Всего часов	144 ч.

Курсовая работа	5 сем.
Экзамен	5 сем.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Требования к результатам освоения дисциплины.....	6
1. Распределение учебных часов по темам, видам занятий и видам самостоятельной работы	7
2. Содержание курса	8
3. Самостоятельная и индивидуальная работа студентов	11
4. Примерная тематика практических занятий	14
5. Перечень лабораторных работ	14
6. Тематика курсовой работы	17
7. Образовательные технологии	19
8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости	20
9. Примерные вопросы к экзамену (зачету)	20
10. Понятийно-терминологический словарь дисциплины (гlossарий)	21
11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	23
12. Материально-техническое обеспечение дисциплины	24
13. Лист дополнений и изменений	26

ВВЕДЕНИЕ

Учебный курс «Математическое моделирование систем и процессов» предназначен для студентов, обучающихся по специальности 190300 «Подвижной состав железных дорог», специализации «Вагоны». Включение данной дисциплины в учебный план специальности обусловлено необходимостью формирования у студентов компетенций, позволяющих решать профессиональные задачи проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности:

- формулирование целей проекта (подвижного состава, депо, средств механизации и автоматизации), критериев и способов достижения целей, построение структуры их взаимосвязей;

- анализ, интерпретация и моделирование на основе существующих научных концепций отдельных явлений и процессов с формулировкой аргументированных умозаключений и выводов;

- сбор научной информации, подготовка обзоров, аннотаций, составление рефератов и отчетов, библиографий; анализ информации по объектам исследования; участие в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня; выступление с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований; анализ состояния и динамики объектов деятельности; разработка планов, программ и методик проведения исследований, анализ их результатов.

- обоснование технических решений.

В этих условиях студенты специальности «Подвижной состав железных дорог» специализации «Вагоны» должны обладать высоким уровнем знаний методики разработки математических моделей, методов и алгоритмов их решения расчета конструкций вагонов и систем с применением компьютерных программ, а также владеть навыками анализа полученных результатов, чтобы максимально эффективно реализовывать на производстве последние достижения науки и техники в области автоматизированного проектирования объектов вагоностроения и вагонного хозяйства.

Целью дисциплины является формирование у студентов знаний и навыков использования методов математического моделирования и овладение принципами разработки математических моделей, которые позволят студентам специальности «Подвижной состав железных дорог» в дальнейшем эффективно, как с технической, так и экономической точек зрения, выполнять возложенные на них функции по расчету и проектированию механических систем (и явлений).

Поставленная цель достигается путем решения следующих задач:

- изучить методику разработки математических моделей для различных классов задач, встречающихся при проектировании и эксплуатации подвижного состава железных дорог, а также процессов и явлений, присущих подвиж-

ному составу железных дорог, освоить основные принципы инженерного анализа объектов и процессов;

- привить практические навыки владения математическими моделями, их составлением, отладкой и оперированием с целью получения данных о свойствах объектов и процессов, а также основ анализа конструкций подвижного состава железных дорог и их узлов.

Изучение дисциплины направлено на формирование и развитие общекультурных и профессиональных компетенций. Наибольшее влияние рассматриваемый курс оказывает на формирование следующих компетенций:

- а) профессиональные (ПК)

- способностью применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-1);

- способностью приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ПК-3);

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины студент **должен**:

Знать:

- основные понятия и методы математического анализа; основы математического моделирования;
- технические и программные средства реализации информационных технологий; современные языки программирования и технологии программирования;
- основы компьютерного моделирования деталей подвижного состава;

Уметь:

- применять методы математического анализа и моделирования;
- применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач;
- использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения;

Владеть:

- методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств;
- навыками применения автоматизированных компьютерных технологий и средств при решении профессиональных задач;
- навыками построения расчетных моделей, анализа численных значений и проверки точности и адекватности полученных решений.

1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНЫХ ЧАСОВ ПО ТЕМАМ, ВИДАМ ЗАНЯТИЙ И ВИДАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ темы	Наименование тем рабочей программы	Количество часов					Рекомен- дуемая литерату- ра
		Всего	в том числе				
			Лекции	Прак. заня- тия	Лаб. работы	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Предмет дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов». Задачи и содержание дисциплины. Основные понятия. Роль математического моделирования в системах автоматизированного проектирования. Виды обеспечения систем автоматизированного проектирования.	4	4		4	2	1, 2, 8
2.	Математическое моделирование. Основные понятия и принципы моделирования. Свойства математических моделей. Методика разработки математических моделей.	14	2			8	1-4, 6, 7, 9
3.	Математические модели статического состояния конструкций и методы их решения	14	2		4	6	1, 2, 15
4.	Математические модели динамики твердых тел и методы их решения	38	4		8	26	1, 2, 5, 12-13
5.	Математические модели в задачах математической физики и методы их решения	10	1		2	7	1,2
6.	Математические модели оптимизационных задач и методы их решения	14	2		8	4	1, 4, 6, 7
7.	Математические модели в обработке экспериментальных данных и методы их решения	14	2		8	4	1, 2, 4
	ИТОГО:	108	17		34	57	
	Подготовка к экзамену	36				36	
	ИТОГО:	144	17		34	93	

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Тема 1. Предмет дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов». Задачи и содержание дисциплины. Основные понятия. Роль математического моделирования в системах автоматизированного проектирования. Виды обеспечения систем автоматизированного проектирования.

Назначение, роль и место математического моделирования в решении задач производства, ремонта и технического обслуживания подвижного состава железных дорог. Связь с другими дисциплинами. Основные понятия автоматизированного проектирования: объект проектирования, проектная операция, проектная процедура, программно-методический комплекс, программно-технический комплекс. Основные принципы (декомпозиция и иерархичность, многоэтапность и итерационность, типизация и унификация) и аспекты (конструкторский, функциональный и технологический) проектирования. Виды обеспечения систем автоматизированного проектирования.

Контрольные вопросы:

1. Понятие «автоматизированное проектирование».
2. Принципы проектирования.
3. Виды обеспечения автоматизированного проектирования.
4. Основные компоненты автоматизированного проектирования.
5. Аспекты проектирования.
6. Понятие «объект проектирования».
7. Понятие «программно-методический комплекс».
8. Роль математического моделирования в системах автоматизированного проектирования.
9. Понятия «проектная операция», «проектная процедура», «проектное решение».

Тема 2. Математическое моделирование. Основные понятия и принципы моделирования. Свойства математических моделей. Методика разработки математических моделей.

Математическое моделирование. Основные понятия. Категории математического моделирования: математические модели, методы, алгоритмы. Требования, предъявляемые к математическим моделям: точность, адекватность, универсальность, экономичность. Общая методика разработки математических моделей. Математические методы и алгоритмы в постановке типовых задач анализа конструкций подвижного состава. Одновариантный и многовариантный анализ.

Контрольные вопросы:

1. Понятие «математическое моделирование».
2. Категории математического моделирования.
3. Понятие «математическая модель»

4. Понятия «точность», «адекватность», «экономичность», «универсальность».
5. Классификация методов решения математических моделей.
6. Что понимается под «идентификацией» параметров математической модели.

Тема 3. Математические модели статического состояния конструкций и методы их решения

Методы получения моделей статического состояния вагонов. Структура математической модели. Методы решения: метод Гаусса, итерационный метод Зейделя. Сравнительная характеристика методов решения моделей статического состояния вагонов. Примеры построения математических моделей статического состояния.

Контрольные вопросы:

1. Понятие задачи статического состояния объекта.
2. Структура математической модели задач статического состояния.
3. Записать в матричной форме общее уравнение статического состояния конструкций.
4. Методы получения моделей статического состояния.
5. Сущность метода Гаусса.
6. Что такое «прямой ход» метода Гуса.
7. Методика преобразования прямоугольной системы уравнений к треугольной.
8. В чем заключается преимущество итерационного метода Зейделя.
9. Записать математическую модель статического состояния боковой стены полувагона.

Тема 4. Математические модели динамики твердых тел и методы их решения

Методы получения моделей динамики твердых тел: принцип Д'Аламбера, уравнение Лагранжа 2 рода. Структура математической модели. Задачи Коши. Определение начальных условий. Методы решения: метод Эйлера, Милна, Адамса. Разностные методы решения ОДУ. Шаблон интегрирования. Алгоритм решения математических моделей динамики твердых тел разностным методом. Примеры построения математических моделей динамики твердых тел.

Контрольные вопросы:

1. Сущность принципа Д'Аламбера.
2. Для груза на пружине с использованием принципа Д'Аламбера записать уравнение движения.
3. Записать в общем виде уравнение Лагранжа 2 рода.
4. Структура математической модели динамики твердых тел.
5. Понятие задачи с начальными условиями.

6. Методика определения начальных условий в задачах динамики твердых тел.

7. Записать разностные аналоги для первой и второй производной по перемещению.

8. Сущность разностного метода решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

9. Записать математическую модель колебаний подпрыгивания кузова вагона на рессорном подвешивании.

10. Записать математическую модель колебаний галопирования кузова вагона на рессорном подвешивании.

Тема 5. Математические модели в задачах математической физики и методы их решения

Уравнения математической физики. Структура математических моделей задач математической физики. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных. Характеристика параболических, гиперболических, эллиптических уравнений. Математическая модель теплопроводности. Структура математических моделей динамики упругих тел. Начальные и граничные условия. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить физические явления, которые описываются уравнениями математической физики.

2. Структура математической модели в задачах математической физики.

3. Понятие граничных условий.

4. На какие группы подразделяются дифференциальные уравнения в частных производных.

5. Какие явления описываются гиперболическими дифференциальными уравнениями в частных производных.

6. Структура математической модели задачи теплопроводности.

7. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.

7. Сущность сеточных методов.

8. Записать сеточный аналог частной производной второго порядка.

Тема 6. Математические модели оптимизационных задач и методы их решения

Введение в оптимальное проектирование. Примеры задач, связанных с поиском наилучшего варианта. Структура математических моделей. Понятия целевой функции. Область возможных решений. Метод линейного программирования в оптимизационных решениях. Решение транспортной задачи.

Контрольные вопросы:

1. Дать понятия «область проектных параметров», «область возможных решений».
2. Сущность оптимизационных задач.
3. Структура математической модели оптимизационной задачи.
4. Дать понятие «целевой функции».
5. Сущность метода линейного программирования.

Тема 7. Математические модели в обработке экспериментальных данных

Аппроксимация и интерполяция. Метод наименьших квадратов. Общее уравнение аппроксимирующие многочлена. Основные понятия: свободный член, шаг аппроксимации, степень многочлена. Примеры задач, связанных с обработкой экспериментальных данных.

Контрольные вопросы:

1. Дать понятия «аппроксимация», «интерполяция».
2. Сущность метода наименьших квадратов.
3. Записать общее уравнение аппроксимирующие многочлена оптимизационных задач.
4. Какому значению может быть равна максимальная степень аппроксимации.

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов включает практическое освоение методики разработки математических моделей, изучение технической литературы по теме курсовой работы, подготовку к лабораторным работам, выполнение курсовой работы. Индивидуальная работа студентов предполагает посещение тематических консультаций преподавателей.

Вопросы для самостоятельной работы.

Тема 1. Предмет дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов». Задачи и содержание дисциплины. Основные понятия. Роль математического моделирования в системах автоматизированного проектирования. Виды обеспечения систем автоматизированного проектирования.

2 часа. Принципы проектирования: декомпозиция и иерархичность, многоэтапность и итерационность, типизация и унификация.

Изучение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов». Освоение основных понятий, аспектов проектирования, принципов проектирования,

стадий и этапов проектирования конструкций подвижного состава. Подготовка к лабораторной работе и к защите отчета по лабораторной работе.

Тема 2: Математическое моделирование. Основные понятия и принципы моделирования. Свойства математических моделей. Методика разработки математических моделей.

8 часов. Общая методика разработки математических моделей (приобретение практических навыков).

Изучение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов».

Тема 3: Математические модели статического состояния конструкций и методы их решения

6 часов. Построение и решение математических моделей статического состояния конструкций подвижного состава (приобретение практических навыков).

Изучение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов». Изучение интернет-ресурсов (видео-уроки): <http://funnystudy.ru/stroymeh.html> (расчет статически-неопределимых систем). Подготовка к лабораторной работе и к защите отчета по лабораторной работе.

Тема 4: Математические модели динамики твердых тел и методы их решения

26 часов. Разностные методы решения ОДУ. Алгоритм решения математических моделей динамики твердых тел разностным методом.

Изучение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов». Изучение интернет - ресурсов (Видеоурок «Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений»):

- <http://video.yandex.ru/>;

- <http://www.youtube.com/>.

Доступ к ресурсам через функцию «Поиск».

Интернет-университет информационных технологий
<http://www.intuit.ru/department/calculate/calcmathbase/4/> - раздел «Видеолекции по методам решения ОДУ».

Подготовка к лабораторным работам и к защите отчетов по лабораторным работам. Разработка алгоритма решения системы ОДУ разностным методом в курсовой работе по дисциплине.

Тема 5: Математические модели в задачах математической физики и методы их решения

7 часов. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Изучение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов». Изучение интернет - ресурсов (Видеоурок «Метод сеток»):

- <http://video.yandex.ru/>;

- <http://www.youtube.com/>.

Доступ к ресурсам через функцию «Поиск».

Подготовка к лабораторной работе и к защите отчета по лабораторной работе.

Тема 6: Математические модели оптимизационных задач и методы их решения

4 часа. Решение транспортной задачи.

Изучение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов».

Подготовка к лабораторным работам и к защите отчетов по лабораторным работам.

Тема 7: Математические модели в обработке экспериментальных данных и методы их решения

4 часа. Метод наименьших квадратов.

Изучение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов». Изучение интернет - ресурсов (Видеоурок «Метод наименьших квадратов»):

- <http://video.yandex.ru/>;

- <http://www.youtube.com/>.

Доступ к ресурсам через функцию «Поиск».

Подготовка к лабораторным работам и к защите отчетов по лабораторным работам.

Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине.

36 часов. Промежуточная аттестация состоит из двух частей: теоретической и практической. Форма аттестации по теоретической части определяется студентом: в форме экзамена по билетам, содержащим два вопроса, один из которых включает вопрос по методам решения математических моделей, или в форме тестовых испытаний. В качестве теоретической части промежуточной аттестации может быть зачтена научная статья, самостоятельный (выполненный единолично или в группе) проект, связанный с изучением поведения (свойств) объектов по профилю специальности на математических моде-

лях, а также по результатам выступления на олимпиадах и конкурсах, как внутривузовских, так и внешних.

Практическая часть аттестуется в течение семестра по результатам работы курсовой работы и ее защиты, а также выполнения и защиты отчетов по лабораторным работам.

4. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Тема 1. Предмет дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов». Задачи и содержание дисциплины. Основные понятия. Роль математического моделирования в системах автоматизированного проектирования. Виды обеспечения систем автоматизированного проектирования.

Лабораторная работа № 1. Разработка функциональной структуры системы автоматизированного проектирования – 4 часа.

Цель работы: изучить принципы проектирования, стадии и этапы проектирования, освоить методику проектирования структуры САПР.

Порядок выполнения работы.

1. В соответствии с индивидуальным заданием выполнить декомпозицию объекта проектирования, предварительно изучив его конструкцию.

2. Изучить стадии и этапы проектирования (перечень работ, выполняемых на этих стадиях). Сформировать технологическую цепочку проектирования.

3. Для указанного объекта проектирования сформировать состав проектных процедур (по 2-3 для каждой стадии проектирования).

4. Для сформированного списка проектных процедур определить (назначить) программное обеспечение и сформировать перечень программно-методических комплексов (ПМК).

5. Для каждого ПМК определить (назначить) техническое обеспечение, обеспечивающее практическую реализацию проектной процедуры. Сформировать перечень программно-технических комплексов и оформить структурную схему системы автоматизированного проектирования.

Тема 3: Математические модели статического состояния конструкций и методы их решения

Лабораторная работа № 2. Разработка и решение математической модели статического состояния конструкции подвижного состава – 4 часа.

Цель работы: изучить структуру математической модели статического состояния, освоить методику составления и решения математических моделей статического состояния конструкций подвижного состава.

Порядок выполнения работы.

1. В соответствии с индивидуальным заданием составить математическую модель статического состояния указанного элемента конструкции подвижного состава, предварительно определив степень статической неопределимости.

2. Изучить методику решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

3. Выполнить пошаговые процедуры прямого и обратного хода метода Гаусса.

4. Освоить методику решения СЛАУ с применением MathCad.

Тема 4: Математические модели динамики твердых тел и методы их решения

Лабораторная работа № 3. Исследование собственных колебаний кузова грузового вагона на рессорах методами математического моделирования – 8 часов.

Цель работы: изучить структуру математической модели динамики твердых тел, освоить методику составления и решения математических моделей поведения конструкций подвижного состава, построенных на принципах динамики твердых тел.

Порядок выполнения работы.

1. Освоить методику разработки математических моделей подвижного состава на основе принципа Д'Аламбера.

2. В соответствии с индивидуальным заданием разработать математическую модель для исследования колебаний кузова на рессорном подвешивании.

3. Изучить методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).

4. Освоить методику разностного метода решения задачи Коши. Представить разработанную математическую модель в разностном виде.

5. Освоить методику решения ОДУ с применением MathCad.

Тема 5. Математические модели в задачах математической физики и методы их решения.

Лабораторная работа № 4. Построение и решение математической модели упругих колебаний элементов кузова вагона – 2 часа.

Цель работы: изучить структуру математической модели динамики упругих тел, освоить методику составления и решения математических моделей поведения вагонных конструкций, построенных на принципах динамики упругих тел.

Порядок выполнения работы.

1. Изучить классификацию дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП). Освоить методику разработки математических моделей на основе ДУЧП, формирование начальных и граничных условий.

2. В соответствии с индивидуальным заданием разработать математическую модель для исследования физического явления (процесса), с записью уравнения движения, начальных и граничных условий.

3. Изучить метод сеток и освоить методику сеточного метода решения задачи на основе ДУЧП. Представить разработанную математическую модель в виде системы линейных алгебраических уравнений.

4. Освоить методику решения задач на основе ДУЧП с применением MathCad. Решить задачу при заданных исходных данных.

Тема 6. Математические модели оптимизационных задач и методы их решения.

Лабораторная работа № 5. Решение транспортной задачи – 4 часа.

Цель работы: изучить структуру математической модели оптимизационной задачи, освоить методику составления и алгоритм решения оптимизационных задач на примере транспортной задачи.

Порядок выполнения работы.

1. Изучить основные положения методики решения оптимизационных задач методом линейного программирования. Изучить структуру математической модели, основные принципы формирования критерия поиска оптимального решения – функции цели.

2. Решить контрольный пример.

3. В соответствии с индивидуальным заданием (выдается преподавателем на занятиях) сформулировать формализованное описание оптимизационной задачи, разработать математическую модель.

4. Решить полученную математическую модель методом линейного программирования. Выполнить проверку полученного решения.

Тема 7. Математические модели в обработке экспериментальных данных и методы их решения.

Лабораторная работа № 6. Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов – 4 часа.

Цель работы: изучить структуру математической модели аппроксимации экспериментальных данных и область использования полученных моделей в практике проектирования и эксплуатации подвижного, освоить метод обработки экспериментальных данных.

Порядок выполнения работы.

1. Изучить основные положения метода наименьших квадратов. Получить представление о целях и задачах аппроксимации.

2. Изучить порядок использования программы «NAPOLI», освоив графический интерфейс пользователя, структуру и систему меню.

3. Освоить основные принципы выбора степени аппроксимирующего полинома при построении математической модели. Особое внимание уделить физической сущности рассматриваемого процесса. Освоить способы компьютерной аппроксимации экспериментальных данных.

4. В соответствии с индивидуальным заданием решить задачу аппроксимации данных методом наименьших квадратов в программе «NAPOLI».

5. Выполнить аппроксимацию экспериментальных данных (по индивидуальному заданию) в программах Excel, MathCad, освоить методику решения этой задачи в Excel, MathCad.

6. ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа «Оценка нагруженности вагона методами математического моделирования» по дисциплине «Математические модели систем и процессов» имеет характер исследовательской работы, направленной на изучение функциональных возможностей и свойств вагонов и их элементов методами математического моделирования. Порядок выполнения курсовой работы и основные требования к оформлению пояснительной записки изложены в методических указаниях [8].

При выполнении курсовой работы закрепляются основные принципы и положения методики разработки математических моделей и технологии математического моделирования, прививаются навыки к самостоятельной работе и анализу полученных результатов. В процессе выполнения курсовой работы студенты для полученной математической модели разрабатывают алгоритм решения модели, программу для ЭВМ на любом (рекомендуется Basic, Pascal, C++) известном студенту алгоритмическом языке.

Полученные знания используются студентами при выполнении курсового проекта по дисциплине «Конструирование и расчет вагонов», 7 семестр.

СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Введение

1. Характеристика объекта исследования

- 1.1. Конструктивные особенности и технические параметры объекта исследования
- 1.2. Анализ диапазона частот и амплитуд собственных колебаний объекта исследования

2. Разработка математической модели собственных колебаний кузова вагона на рессорном подвешивании

- 2.1. Выбор и обоснование расчетной схемы
- 2.2. Вывод уравнений математической модели

3. Выбор метода решения обыкновенных дифференциальных уравнений

- 3.1. Анализ методов решения ОДУ
- 3.2. Описание алгоритма выбранного метода решения обыкновенных дифференциальных уравнений

4. Разработка программы расчета собственных колебаний кузова на рессорном подвешивании

- 4.1. Блок-схема алгоритма решения задачи

4.2. Исходный текст программы

5. Анализ результатов математического моделирования

5.1. Графики собственных колебаний

5.2. Определение параметров, характеризующих колебательный процесс кузова

5.3. Оценка влияния жесткости рессорного подвешивания на параметры колебательного процесса

Заключение

Список использованных источников

Приложение А. Результаты расчета собственных колебаний

Темы курсовой работы (тип вагона, исследуемые параметры и диапазон их значения) определяется индивидуально для каждого студента в задании на курсовую работу.

Исходные данные для курсовой работы формируются индивидуально каждому студенту по 20 темам (типам вагонов) и 5 – ти вариантам исследуемых параметров по каждой теме (исходные данные приведены в таблице). Типы вагонов в задании на курсовую работу могут быть изменены, в зависимости от тематики НИРС кафедры «Вагоны».

Таблица - Примерные варианты заданий на курсовую работу.

№ вар	Тип вагона	Модель	Жесткость рессорного подвешивания C , Нс ² /м	Масса груза M , т	Время инт. t , с
1	2	3	4	5	6
1.	4-х осный крытый	11-066	Задается индивидуально диапазон изменения жесткости рессорного подвешивания и количества пружин в рессорном подвешивании (5 вариантов по каждой теме)	6	2
2.	4-х осный крытый	11-217		5	2,5
3.	4-х осный крытый	11-260		4	3
4.	4-х осный крытый	11-264		6,5	2
5.	4-х осный крытый	11-K001		5,5	2,5
6.	4-х осная платформа	13-401		6,2	3
7.	4-х осная платформа	13-4012		5,4	2
8.	4-х осная платформа	13-9004		4,5	2,5
9.	4-осный полувагон	12-753		6,1	3
10.	4-осный полувагон	12-1592		5,3	2
11.	4-осный полувагон	12-119		5,1	2,5
12.	4-осный полувагон	22-478		6,4	3
13.	4-х осный крытый	11-270		6,7	2
14.	4-х осный крытый	11-259		5,9	2,5
15.	4-х осный крытый	11-K255		6,8	3
16.	4-осный полувагон	12-757		4,9	2
17.	4-осный полувагон	12-726		6,0	2,5
18.	4-осный полувагон	12-4004		5,1	3
19.	8-осный полувагон	12-508		7,6	2
20.	4-х осная платформа	23-469		6,8	3

Рекомендуемая литература для выполнения курсовой работы: [5, 8, 12 - 14].

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекции;
- лабораторные занятия, для отработки практических навыков и приемов разработки математических моделей, получения данных о свойствах объекта исследования и анализа этих данных;
- выбор по желанию студентов тем для творческой работы;
- консультации преподавателей, включая СРС;
- работа в группах по разработке не типовых математических моделей, выполнение творческой проектной работы;
- обсуждение и защита творческих проектных работ;
- самостоятельная работа студентов, в которую входит освоение теоретического лекционного материала, раздаточного материала, представленного на страничке кафедры «Вагоны» сайта университета в разделе «Очное образование – Кафедры – Вагоны – Для студентов». Изучение интернет-ресурсов (видео-уроки). Подготовка к лабораторным работам и к защите отчетов по лабораторным работам;
- защита курсовой работы;
- подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Результаты освоения дисциплины	Текущий контроль лекционного материала и материала на самостоятельное изучение	Защита отчетов по лабораторным работам	Анализ и оценка конкурирующих групп, уточняющих ответов	Защита курсовой работы	Подготовка статьи для сборника студ. работ, доклада на студ. конференции.
Знать: - основные понятия и методы математического анализа; основы математического моделирования; - технические и программные средства реализации информационных технологий; современные языки программирования и технологии программирования; - основы компьютерного моделирования деталей подвижного состава.	*				
Уметь: - применять методы математического анализа и моделирования; - применять математические методы, физические законы и вычислительную технику	*	*		*	*

для решения практических задач; - использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения.					
Владеть: - методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств; - навыками применения автоматизированных компьютерных технологий и средств при решении профессиональных задач; - навыками построения расчетных моделей, анализа численных значений и проверки точности и адекватности полученных решений.		*	*	*	*

9. ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

1. Основные понятия автоматизированного проектирования и расчета конструкций: объект проектирования, проектная процедура, проектная операция.

2. Принципы проектирования (декомпозиция и иерархичность, многоэтапность и итерационность, типизация и унификация), их характеристика, примеры.

3. Принцип декомпозиции и иерархичности (на примере тележки 18-100).

4. Принцип многоэтапности и итерационности, сущность принципа, стадии и этапы проектирования, виды работ на этих стадиях, примеры итерационности процесса проектирования.

5. Принцип типизации и унификации, сущность принципа, примеры, его роль в проектировании новых конструкций подвижного состава.

6. Аспекты проектирования. Роль и место математического моделирования в процессе создания, отработки и изготовления объектов вагоностроения.

7. Основные понятия структуры автоматизированного проектирования: ПМК, ПТК, подсистема.

8. Математическое моделирование, основные определения, категории математического моделирования.

9. Математические модели: определение, назначение, свойства, примеры математических моделей, классификация.

10. Методы решения математических моделей, классификация методов.

11. Математические модели статического состояния конструкций подвижного состава: структура модели, методы получения, методы решения.

12. Метод Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений.

13. Уравнения математической физики, структура математических моделей. Примеры задач технического обслуживания подвижного состава, описываемых уравнениями математической физики.

14. Сеточные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Сущность методов. Получение сеточных аналогов дифференциальных уравнений в частных производных

15. Методы аппроксимации экспериментальных данных, назначение этих методов, понятие аппроксимации и интерполяции, структура аппроксимирующего многочлена.

16. Метод наименьших квадратов. Практическое применение метода в задачах проектирования подвижного состава и его технического обслуживания.

17. Математические модели динамики твердых тел: структура модели, методы получения, методы решения.

18. Математическая модель собственных колебаний подпрыгивания вагона-цистерны на рессорном подвешивании.

19. Математическая модель собственных колебаний галопирования вагона-цистерны на рессорном подвешивании.

20. Общая характеристика математических моделей подвижного состава и его технического обслуживания (сводная таблица по курсу лекций).

21. Вывод разностных аналогов первой и второй производной при решении ОДУ разностным методом.

22. Сущность оптимизационных задач, область возможных решений, система ограничений, понятие функции цели, структура математической модели.

23. Транспортная задача: структура математической модели, решение транспортной задачи.

24. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных. Физические явления, описываемые дифференциальными уравнениями в частных производных.

25. Разностный метод решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

26. Итерационный метод Зейделя. Алгоритм решения СЛАУ методом Зейделя.

27. Методика разработки математических моделей.

28. Принцип Д'Аламбера: основные положения, методика построения моделей на основе этого принципа.

10. ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ КУРСА (ГЛОССАРИЙ)

Адекватность – способность математической модели отражать свойства объекта проектирования с точностью не выше заданной.

Алгоритм – точное предписание (последовательность действий) по выполнению некоторого вычислительного процесса.

Аппроксимация – замена функции $f(x)$, заданной таблично, функцией $z(x)$, которая на рассматриваемом участке имеет ограниченное отклонение от функции $f(x)$.

Безусловная оптимизация – вид оптимизации, при которой оптимальное решение находится в области возможных решений.

Задача Коши – задача с начальными условиями.

Интерполяция – приближенная замена функции $f(x)$, заданной таблично, функцией $z(x)$, которая принимает те же значения, что и функция $f(x)$ в узлах интерполяции.

Математическая модель – совокупность математических выражений и связей между ними, описывающих свойства объектов в процедурах автоматизированного проектирования.

Математическое обеспечение САПР – совокупность математических моделей, методов их решения и алгоритмов, направленных на реализацию проектных процедур автоматизированного проектирования.

Моделирование – процесс разработки, отладки и оперирования математической моделью с целью получения данных о свойствах объекта проектирования (расчета).

Метод наименьших квадратов – метод аппроксимации таблично заданных экспериментальных данных аналитической зависимостью, график которой близко проходит к заданным точкам (мера отклонения минимизируется по квадрату отклонений от таблично заданной функции).

Метод Гаусса – метод нахождения точного решения систем линейных алгебраических уравнений, основанный на последовательном исключении неизвестных (состоит из двух этапов: первый этап (прямой ход) – система линейных алгебраических уравнений приводится к треугольному виду); второй этап (обратный ход) – последовательное определение неизвестных из треугольной системы).

Метод Зейделя (итерационный) – метод нахождения приближенного решения систем линейных алгебраических уравнений, основанный на последовательном приближении к точному решению.

Метод линейного программирования – метод решения оптимизационных задач, в которых целевая функция и все ограничения проектных параметров являются линейными функциями этих параметров.

Метод Эйлера – метод решения дифференциальных уравнений первого порядка, основанный на разложении функции $y(x)$ в ряд Тейлора в h -окрестности точки X_0 .

Множество возможных значений – совокупность значений проектных параметров, удовлетворяющих условиям работоспособности объекта.

Неустойчивый вычислительный процесс – процесс вычислений, при котором погрешности округления неограниченно нарастают.

Программно-методический комплекс – взаимосвязанная совокупность частей программного, методического и информационного обеспечения, необходимая для получения законченного проектного решения по объекту проектирования.

Программно-технический комплекс – взаимосвязанная совокупность программно-методических комплексов, объединенных по некоторому признаку, и средств технического обеспечения системы автоматизированного проектирования.

Разностный метод – метод решения обыкновенных дифференциальных уравнений, основанный на замене всех производных их разностными аналогами.

Сеточный метод – метод решения дифференциальных уравнений в частных производных, основанный на замене всех частных производных их сеточными аналогами.

Собственные колебания – колебания, совершаемые системой только под действием внутренних упругих сил.

Точность – свойство математической модели, заключающееся в оценке погрешности вычислений на математической модели.

Универсальность – свойство математической модели отражать множество свойств объекта проектирования. Универсальность характеризует полноту отображения в математической модели свойств реального объекта.

Экономичность – свойство математической модели, определяемое временем машинной реализации.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Основная литература

1. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: Учебное пособие. – СПб: Изд-во «Лань», 2013. – 192 с.

[<http://e.lanbook.com/view/book/4862/>]

2. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 398 с.

[<http://znanium.com/bookread.php?book=392652>].

11.2 Дополнительная литература

3. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: Учебное пособие / И.В. Орлова, В.А. Половников. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Вуз. учебник: ИНФРА-М, 2010. - 366 с.

[<http://znanium.com/bookread.php?book=206783>]

4. Румянцев С.А. Основы математического моделирования и вычислительной математики. – Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – 116 с.*

5. Соколов М.М., Хусидов В.Д., Минкин Ю.Г. Динамическая нагруженность вагонов. – М.: Транспорт, 1981. – 207 с.*

6. Гниломедов П.И., Пирогова И.Н., Скачков П.П. Математическое моделирование: Учебно-методическое пособие для занятий и самостоятельной работы студентов заочной формы обучения - Екатеринбург: УрГУПС, 2012*

7. Пирогова И.Н., Скачков П.П. Математические модели: Методические указания - Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – 44 с.

[https://www.usurt.ru/in/files/umm/umm_2053.pdf]

8. Лапшин В.Ф., Архипов А.В., Архипова Ю.Ю. Математические модели вагонов и процессов: Методические указания. – Екатеринбург, УрГУПС, 2008. – 25 с. [https://www.usurt.ru/in/files/umm/umm_1863.pdf]

9. Лапшин В.Ф., Павлюков А.Э., Колясов К.М. Компьютерные технологии проектирования и расчета: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2012. – 92 с.*

10. Архипова Ю.Ю., Колясов К.М., Лапшин В.Ф. Математические модели вагонов и процессов, Компьютерные технологии расчета вагонов и систем: Тестовые задания для текущего контроля знаний студентов и промежуточной аттестации. – Екатеринбург: УрГУПС, 2012. – 6 с.
[https://www.usurt.ru/in/files/umm/umm_2926.pdf]

11.3 Интернет–ресурсы

11. MathCad видео уроки онлайн
[<http://compteacher.ru/engineering/mathcad/>]

12. Видео лекции по методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений [<http://www.intuit.ru/departament/calculate/calcmathbase/4/>].

13. Расчет статически - неопределимых систем
[<http://funnystudy.ru/stroymeh.html>].

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лаборатории «Компьютерные технологии» (ауд. 91, 328):

Техническое обеспечение:

Автоматизированные рабочие места на базе ПЭВМ Р4 – 22 рабочих места.

Программное обеспечение:

WinWord – текстовый редактор в среде Windows.

Excel – табличный процессор (электронные таблицы) в среде Windows.

Basic – среда программирования на языке Бейсик.

Paskal - среда программирования на языке Паскаль.

MathCad – программная среда моделирования.

NAPOLI – обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов.

Индивидуальные программы, разрабатываемые студентами при решении конкретных задач (лабораторные работы № 2,3) в среде программирования Basic, Paskal.

Дидактические материалы

Для проведения отдельных тематических лекций и лабораторных занятий применяются мультимедийные пособия и презентации, расположенные на сервере компьютерного класса.

При проведении лабораторных работ используются методические руководства, разработанные на кафедре. Методические указания имеются в библиотеке. При необходимости студенты могут воспользоваться методическими разработками, находящимися в компьютерных классах.

Для контроля знаний в режиме электронного тестирования разработаны тестовые задания в объеме 155 единиц. Ниже приведена характеристика и структура тестовых материалов. Студенты для отработки практических навыков могут воспользоваться тестовыми материалами на индивидуальных и групповых консультациях в специализированных классах (ауд. 328, 91).

Характеристика тестовых материалов

Расположение: C:\Documents and Settings\VLapshin\Рабочий стол\АСТ тестирование\Тесты по ТПРВ\ Математическое моделирование систем и процессов _16-01-12_155 ТЗ.ast

Дата создания: 01.12.2011

Наименование: Математическое моделирование систем и процессов

Авторский коллектив: Лапшин В.Ф.

Комментарий: Контроль знаний по дисциплине «Математическое моделирование систем и процессов»

Структура тестовых материалов

Темы: Основные понятия и определения

Разделы: Свойства математических моделей

Разделы: Понятия автоматизированного проектирования

Разделы: Принципы проектирования

Разделы: Виды обеспечения автоматизированного проектирования

Темы: Математическое моделирование в задачах статики

Разделы: Математические модели в задачах статики

Разделы: Методы решения математических моделей задач статики

Темы: Математическое моделирование в задачах динамики твердых тел

Разделы: Математические модели в задачах динамики твердых тел

Разделы: Методы решения математических моделей динамики твердых тел

Темы: Математическое моделирование в задачах динамики упругих тел

Темы: Математическое моделирование в задачах оптимизации

Темы: Математическое моделирование в задачах аппроксимации экспериментальных данных

Темы: Общие вопросы по результатам курса

13. ЛИСТ ДОПОЛНЕНИЙ И ИЗМЕНЕНИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВПО УрГУПС)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ на 20__ / 20__ учебный год

По дисциплине «Математическое моделирование систем и процессов» для специальности
190300 «Подвижной состав железных дорог» специализации «Вагоны», очной формы обу-
чения

Основание:

(итоги ежегодного рассмотрения на кафедре, внесение изменений в учебный план, введение нового

учебного плана, введение новой типовой учебной программы, иные причины – указать, какие)

В рабочую программу вносятся следующие изменения: _____

Дополнения и изменения внесены на заседании кафедры «Вагоны» протокол № ____ от
_____ 20__ г.

Автор рабочей программы (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой «Вагоны» (Ф.И. О.)

Декан МФ (Ф.И.О.)