

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»



Директор ФТИ

Д.В. Артамонов

10 _____ 2014г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФТД.1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Направление подготовки

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль):

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация (степень) – Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения: очная

Пенза – 2014 г.

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются: ознакомление аспирантов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» с вычислительными аспектами математических методов и моделей; выработка навыков численного решения задач математического моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП аспиранта

Учебная дисциплина «Современные методы математического моделирования» относится к факультативным дисциплинам образовательной программы.

Содержание дисциплины базируется на знаниях, приобретенных аспирантам при обучении по образовательным программам специалитета или магистратуры в рамках курсов системного анализа, методов оптимизации и оптимального управления, численных методов, дифференциальных уравнений, языков программирования высокого уровня, а также на материале курса «Вычислительная техника и информационные технологии в профессиональной научной деятельности» настоящей ОПОП.

3. Компетенции аспиранта, формируемые в результате освоения программы дисциплины.

Изучение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-6	способность применять методы вычислительной математики и математического моделирования для решения прикладных задач	Знать: методы математического моделирования; численные методы решения прикладных задач.
		Уметь: строить математические модели реальных задач; реализовывать численные методы на универсальных языках программирования и с использованием математических программных систем.
		Владеть: навыками решения задач вычислительного характера численными методами.

9	Тема 4.1. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона	5	9	1	1			3	3										
10	Тема 4.2. Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов	5	10	1	1			3	3				10						
11	Раздел 5. Численное интегрирование и дифференцирование	5	11	1	1			5	3	2									
12	Тема 5.1. Численное дифференцирование	5	12	1	1			3	3										
13	Тема 5.2. Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона	5	13	1	1			5	3	2									
14	Раздел 6. Численное решение дифференциальных уравнений	5	14	1	1			7	3	4									
15	Тема 6.1. Одношаговые методы решения задачи Коши	5	15	1	1			5	3	2									
16	Тема 6.2. Многошаговые методы	5	16-17	2	2			5	3	2			17						
17	Заключение	5	18	1	1														
	<i>Подготовка к экзамену</i>	5																	
	Общая трудоемкость, в часах			18	18			54	54	16			<i>Промежуточная аттестация</i>						
													<i>Форма</i>			<i>Семестр</i>			
													<i>Зачет</i>			<i>5</i>			

4.2. Содержание дисциплины

4.2.1. Содержание лекций

ВВЕДЕНИЕ

Цель и задачи курса, его структура. Обзор рекомендуемой литературы.

1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ФОРМЫ И ПРИНЦИПЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Компьютерное моделирование как новый метод научных исследований. Классификация математических моделей, особенности их построения. Компьютерное моделирование и вычислительный эксперимент.

Погрешности вычислений: источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры. Погрешности округления. Погрешности арифметических операций над приближенными числами, погрешности вычисления функций.

Свойства вычислительных задач и алгоритмов: корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи, корректность вычислительных алгоритмов, устойчивость вычислительных алгоритмов, чувствительность к погрешностям округлений.

Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам, сложность алгоритма (по памяти, по времени).

2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПАКЕТЫ ПРОГРАММ

Коммерческие математические пакеты MATLAB, Maple, Mathematica, MathCad: основные характеристики и особенности. Свободно распространяемые пакеты: SciLab, GNU Octave, Maxima. Основные возможности и области применения.

3. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ АЛГЕБРЫ

Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Гаусса (схема единственного деления, выбор главного элемента по столбцу и по всей матрице, матрицы перестановок, метод Жордана-Гаусса); метод прогонки; метод LU-разложения; метод Холецкого; метод QR-разложения.

Решение систем с прямоугольными матрицами: переопределенные системы, задача наименьших квадратов, формирование и решение нормальной системы уравнений, использование QR-разложения для решения переопределенных систем, понятие сингулярного (SVD) разложения матриц, применение сингулярного разложения для решения систем с прямоугольными матрицами неполного ранга.

Дискретизация задач и особенности решения систем линейных алгебраических уравнений. Основные теоретические положения итерационных алгоритмов. Классические итерационные методы: методы Рундсона и Якоби, методы Зейделя и последовательной верхней релаксации. Итерационные методы вариационного типа: метод скорейшего спуска, метод минимальных невязок; неявные итерационные методы, предобусловливатели; метод сопряженных градиентов. Понятие о методах Крылова подпространства.

4. ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ

Построение интерполяционного полинома методом неопределенных коэффициентов.

Интерполяционная формула Лагранжа.

Интерполяционные многочлены Ньютона с конечными и разделенными разностями.

Равномерное приближение функций.

Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов.

5. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ

Численное дифференцирование.

Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона

6. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Одношаговые методы решения задачи Коши: метод Эйлера, методы Рунге-Кутты. Решение систем дифференциальных уравнений и уравнений высшего порядка. Оценка по-

грешности одношаговых методов. Адаптивный выбор шага.

Многошаговые методы: методы Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона, методы прогноза и коррекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные тенденции развития вычислительных технологий математического моделирования.

4.3. Особенности организации изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Организация изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с

1. ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
3. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 г. № АК-44/05 вн).

5. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины применяются следующие образовательные технологии:

- чтение лекций проводится с использованием мультимедийного компьютерного проектора с раздачей демонстрируемых слайдов;
- лекции с проблемной постановкой темы;
- мастер-класс по работе в среде MATLAB;
- при выполнении лабораторного практикума и во время самостоятельной работы используются обучающие программы и Интернет-ресурсы.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1 План самостоятельной работы аспирантов

№ нед	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Раздел 1	подготовка к аудиторным занятиям	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	3
2	Раздел 2	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	5
3	Раздел 3	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной	11

				литературы	
4	Тема 3.1	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	7
5	Тема 3.2	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	7
6	Тема 3.3	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	3
7	Раздел 4	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	3
8	Тема 4.1	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	3
9	Тема 4.2	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	3
10	Раздел 5	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	5
11	Тема 5.1	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	3
12	Тема 5.2	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	5
13	Раздел 6	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	7
14	Тема 6.1	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	5
15	Тема 6.2	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	5

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях со следующей тематикой: «Основы программирования в системе MATLAB», «Численное решение систем линейных алгебраических уравнений», «Численное интегрирование», «Численное решение дифференциальных уравнений».

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, на рабочих местах с доступом к ресурсам Internet и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лабораторных занятий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний аспирантов

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Семинар	Все разделы	ПК-6
2	Зачет	Все разделы	ПК-6

Контроль освоения компетенций осуществляется в процессе защиты лабораторных работ и сдачи экзамена.

Освоение компетенции контролируется в процессе защиты лабораторных работ. Оценивается умение использовать систему MATLAB для решения вычислительных задач и навыки решения таких задач численными методами. Критериями оценки является доказательство того, что полученные результаты являются решением задачи.

Во время сдачи экзамена контролируется знание основных численных методов решения задач линейной алгебры и дифференциальных уравнений, обработки результатов экспериментов.

Вопросы к зачету по дисциплине

1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент.
2. Погрешности вычислений: источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры.
3. Свойства вычислительных задач и алгоритмов: корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи, корректность вычислительных алгоритмов, устойчивость вычислительных алгоритмов, чувствительность к погрешностям округлений.
4. Метод Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений.
5. Метод Жордана-Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений.
6. Метод LU-разложения решения систем линейных алгебраических уравнений.
7. Метод прогонки решения систем линейных алгебраических уравнений.
8. Метод Холецкого решения систем линейных алгебраических уравнений.
9. Метод QR-разложения решения систем линейных алгебраических уравнений.
10. Вычисление определителей треугольной декомпозицией матрицы.

11. Обращение матриц путем решения вспомогательных систем линейных уравнений.
12. Решение систем с прямоугольными матрицами: переопределенные системы, задача наименьших квадратов.
13. Формирование и решение нормальной системы уравнений.
14. Использование QR-разложения для решения переопределенных систем.
15. Понятие сингулярного (SVD) разложения матриц, применение сингулярного разложения для решения систем с прямоугольными матрицами неполного ранга.
16. Дискретизация задач и особенности решения систем линейных алгебраических уравнений. Основные теоретические положения итерационных алгоритмов.
17. Классические итерационные методы: методы Рундсона и Якоби.
18. Классические итерационные методы: методы Зейделя и последовательной верхней релаксации.
19. Итерационные методы вариационного типа: метод скорейшего спуска.
20. Итерационные методы вариационного типа: метод минимальных невязок.
21. Неявные итерационные методы, предобуславливатели.
22. Метод сопряженных градиентов. Понятие о методах крыловского подпространства.
23. Решение частичной проблемы собственных значений: степенной метод, градиентный метод.
24. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным: методы половинного деления, ложного положения.
25. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным: методы Ньютона, секущих, простой итерации.
26. Решение систем нелинейных уравнений. Методы простой итерации и Ньютона.
27. Построение интерполяционного полинома методом неопределенных коэффициентов.
28. Интерполяционная формула Лагранжа.
29. Интерполяционные многочлены Ньютона с конечными и разделенными разностями.
30. Равномерное приближение функций.
31. Интерполяция сплайнами: интерполяционные сплайны, базисные сплайны.
32. Дискретное преобразование Фурье, Уолша, быстрое дискретное преобразование Фурье и тригонометрическая интерполяция.
33. Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов.
34. Численное дифференцирование.
35. Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона.
36. Одношаговые методы решения задачи Коши: метод Эйлера, методы Рунге-Кутты.
37. Решение систем дифференциальных уравнений и уравнений высшего порядка. Оценка погрешности одношаговых методов. Адаптивный выбор шага.
38. Вложенные формулы Рунге-Кутты. Методы Фельберга и Дормана-Принса.
39. Многошаговые методы: методы Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона, методы прогноза и коррекции.
40. Численное интегрирование жестких систем ОДУ. Алгоритм Гира.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Фаддеев Д.К., Фаддеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры: Издательство "Лань", 2009 (ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/book/400#authors>).
2. Амосов, А. А. Вычислительные методы / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издат. дом МЭИ, 2008. – 672 с. (ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/book/42190#authors>)
3. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования: Издательство "Горячая линия-Телеком", 2010 (ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/book/5169#authors>).

4. Плохотников К.Э. Метод и искусство математического моделирования. Курс лекций: Издательство "ФЛИНТА", 2012 (ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/book/44670#authors>).

7.2. Дополнительная литература:

1. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB.+CD: Издательство "Лань", 2012 (<https://e.lanbook.com/book/650#authors>).
2. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики: Издательство "Лань", 2011 (<https://e.lanbook.com/book/2025#authors>).
3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики: Издательство "Лань", 2009 (https://e.lanbook.com/book/255#book_name).

7.3 Программное обеспечение и Интернет – ресурсы

1) Программные продукты: система MATLAB

2) Интернет-ресурсы

- Консультационный Центр MATLAB, <http://www.matlab.ru/>
- Образовательный математический сайт, <http://www.exponenta.ru/>
- Образовательный сайт «Интернет – Университет Информационных Технологий», <http://www.intuit.ru/>
- Электронные ресурсы издательства Springer. URL: <http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22Book%22&showAll=false>.
- Электронные ресурсы издательства Elsevier. URL: <http://www.info.sciverse.com/sciencedirect/books/subjects/mathematics>
- Общероссийский математический портал. URL: Math-Net.Ru.
- Видеотека лекций по математике. URL: http://www.mathnet.ru/php/presentation.phtml?eventID=15&option_lang=rus#PRELIST15.
- Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. URL: <http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/75f2ec40-e574-10d2-24eb-dc9b3d288563/25892/?interface=themcol>.
- Видеолекции ведущих ученых мира. URL: <http://www.academicearth.org/subjects/algebra>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной компьютерным проектором, проекционным экраном, шторами, сетью электропитания 220 В.

Лабораторные занятия проводятся в классе, оснащенный персональными компьютерами с операционной системой Windows XP/Windows Vista/Windows 7/8/10.

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Программу составил:

к.т.н., доцент кафедры ИВС Убиенных Г.Ф.

д.ф.-м.н., зав. кафедрой МСМ Смирнов Ю.Г.

Программа обсуждена на заседании кафедры МСМ

Протокол № 1 от «01» 09 2014 года

Зав. кафедрой _____
(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с деканом факультета ВТ

Декан факультета ВТ

(подпись,

Фионова Л.Р. 19.09/14.
Ф.И.О., _____
дата)

Программа одобрена методической комиссией факультета ВТ

Протокол № 1 от «15» 09 2014 года

Председатель методической комиссии факультета ВТ _____ Коннов Н.Н.
(подпись, Ф.И.О.)

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных