

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Методы решения сеточных уравнений М2.ДВ.3

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Мазо А.Б.

Рецензент(ы):

-

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой:

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2013

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Мазо А.Б. Кафедра аэрогидромеханики отделение механики, Alexander.Mazo@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Методы решения сеточных уравнений" (МРСУ) является изучение и практическое освоение прямых и итерационных методов решения сеточных схем для задач вычислительной гидродинамики, которые представляют собой разреженные системы алгебраических уравнений большой размерности. Изучаются элементы алгебры разреженных матриц. Рассматривается связь портрета матрицы сеточного уравнения с топо-логией сетки. Студент знакомится с алгоритмами оптимальной перенумерации узлов сетки, позволяющей минимизировать заполнение при LU или LDU разложении. Итерационные методы решения больших систем уравнений излагаются с общих позиций в терминах операторов перехода, расщепления и предобуславливания. Даны конкретные алгоритмы реализации как основных методов (простой итерации, Зейделя, градиентного суска), так и быстрых методов типа SOR и CG, ускоренных за счет применения различных предобуславливателей и выбора параметров экстраполяции. Излагаются основы геометрического многосеточного метода.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1, 2 семестры.

Дисциплина входит в специальную часть профессионального цикла; она является продолжением курса "Методы решения сеточных уравнений". Для ее освоения нужны первоначальные знания из курсов функционального анализа, линейной алгебры, а также умение программировать. Получаемые знания, умения и навыки необходимы для решения математических задач, сводящихся к разреженным системам алгебраических уравнений большой размерности, и используются при выполнении магистерских диссертаций по направлению "механика и математическое моделирование".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

методы получения, хранения и обработки больших разреженных систем уравнений. Приемы конструирования предобуславливающих матриц.

2. должен уметь:

применять численные методы для решения на компьютере типичных задач гидродинамики и теплопереноса.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре; зачет во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

- 86 баллов и более - "отлично" (отл.);
 71-85 баллов - "хорошо" (хор.);
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Сеточные схемы МКР, МКО и МКЭ для задач термогидродинамики как большие разреженные системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).	1	1-2	0	0	0	
2.	Тема 2. Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц. Связь топологии сеток и портретов матриц. Алгоритм перенумерации узлов Катхил-ла-Макки и минимальной степени Ленточные матрицы. Разреженный строчный формат хранения.	1	3-6	0	0	0	
3.	Тема 3. Прямые методы решения СЛАУ. Метод прогонки для ленточных матриц. Метод факторизации Холецкого и LDU-разложение.	1	7-10	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Итерационные методы решения СЛАУ. Общая теория итерационных методов. Сведения из алгебры и функционального анализа. Сеточные уравнения как матричные и операторные уравнения. Условия сходимости итерационных методов. Базовые стационарные итерационные методы: Рундсона, Якоби, Зейделя, простой итерации, наискорейшего спуска. Выбор оптимальных параметров. Методы релаксации SOR, SSOR.	1	11-16	0	0	0	
5.	Тема 5. Быстрые нестационарные итерационные процессы. Метод сопряженных направлений, чебышевский метод	2	1-4	0	0	0	
6.	Тема 6. Предобуславливающие операторы (preconditioners). Предобуславливатель Якоби. Неполное разложение Холецкого, модифицированное неполное разложение. Предобуславливание и масштабирование	2	5-10	0	0	0	
7.	Тема 7. Многосеточный метод. Операторы сглаживания и продолжения. V и W циклы	2	11-14	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Сеточные схемы МКР, МКО и МКЭ для задач термогидродинамики как большие разреженные системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Тема 2. Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц. Связь топологии сеток и портретов матриц. Алгоритм перенумерации узлов Катхил-ла-Макки и минимальной степени Ленточные матрицы. Разреженный строчный формат хранения.

Тема 3. Прямые методы решения СЛАУ. Метод прогонки для ленточных матриц. Метод факторизации Холецкого и LDU-разложение.

Тема 4. Итерационные методы решения СЛАУ. Общая теория итерационных методов. Сведения из алгебры и функционального анализа. Сеточные уравнения как матричные и операторные уравнения. Условия сходимости итерационных методов. Базовые стационарные итерационные методы: Ричардсона, Якоби, Зейделя, простой итерации, наискорейшего спуска. Выбор оптимальных параметров. Методы релаксации SOR, SSOR.

Тема 5. Быстрые нестационарные итерационные процессы. Метод сопряженных направлений, чебышевский метод

Тема 6. Предобуславливающие операторы (preconditioners). Предобуславливатель Якоби. Неполное разложение Холецкого, модифицированное неполное разложение. Предобуславливание и масштабирование

Тема 7. Многосеточный метод. Операторы сглаживания и продолжения. V и W циклы

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции с применением средств мультимедиа, самостоятельная работа (программирование) с использованием учебного пособия по курсу ВГ, лабораторные занятия, контрольные работы, зачет. В течение семестра студенты решают набор модельных задач ВГ, указанных преподавателем, к каждому лабораторному занятию. В каждом семестре проводятся контрольные работы (на лабораторных занятиях). К экзамену допускаются студенты, сдавшие все задачи и показавшие положительные результаты по текущей работе в течение семестра.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Сеточные схемы МКР, МКО и МКЭ для задач термогидродинамики как большие разреженные системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Тема 2. Схемы хранения разреженных матриц и элементы алгебры разреженных матриц. Связь топологии сеток и портретов матриц. Алгоритм перенумерации узлов Катхил-ла-Макки и минимальной степени Ленточные матрицы. Разреженный строчный формат хранения.

Тема 3. Прямые методы решения СЛАУ. Метод прогонки для ленточных матриц. Метод факторизации Холецкого и LDU-разложение.

Тема 4. Итерационные методы решения СЛАУ. Общая теория итерационных методов. Сведения из алгебры и функционального анализа. Сеточные уравнения как матричные и операторные уравнения. Условия сходимости итерационных методов. Базовые стационарные итерационные методы: Рундсона, Якоби, Зейделя, простой итерации, наискорейшего спуска. Выбор оптимальных параметров. Методы релаксации SOR, SSOR.

Тема 5. Быстрые нестационарные итерационные процессы. Метод сопряженных направлений, чебышевский метод

Тема 6. Предобуславливающие операторы (preconditioners). Предобуславливатель Якоби. Неполное разложение Холецкого, модифицированное неполное разложение. Предобуславливание и масштабирование

Тема 7. Многосеточный метод. Операторы сглаживания и продолжения. V и W циклы

Тема . Итоговая форма контроля

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Проверка теоретических знаний и практических навыков осуществляется по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ. 50 баллов отводится для оценки текущей успеваемости, 50 - для оценки на зачете. Проводятся две контрольные работы в конце каждого семестра; на лабораторных работах проверяются и зачитываются компьютерные программы, составленные каждым студентом и реализующие все MPCY.

Зачет принимается в конце семестра А; зачет ставится, если сумма баллов текущей успеваемости и оценки на зачете превышает 51.

7.1. Основная литература:

1. Мазо А.Б. Методы решения сеточных уравнений. Конспект лекций
2. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука. 1978. 592 с.
3. Хейгеман Л., Янг Д. Прикладные итерационные методы. М.: Мир. 1986. 446 с.

7.2. Дополнительная литература:

4. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Т.1,2. М. : Мир, 1991.
5. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. М.: Мир, 1988. 412 с.
6. Кадыров Р.Ф., Мазо А.Б. Численные алгоритмы расчета тепловых полей при электронно-лучевой сварке трехмерных конструкций // НИИММ им. Н.Г. Чеботарева Казанского ун-та. 2003-2007 гг. Казань: Изд-во КГУ, 2008. С. 338-352

7.3. Интернет-ресурсы:

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Методы решения сеточных уравнений" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .

Автор(ы):

Мазо А.Б. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

"__" _____ 201__ г.