

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное учреждение

высшего профессионального образования

"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

" " 20__ г.

Программа дисциплины

Метод конечных элементов решения эллиптических краевых задач Б1.В.ДВ.10

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Даутов Р.З.

Рецензент(ы):

Карчевский М.М.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

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

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

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

Регистрационный №

Казань

2017

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. (профессор) Даутов Р.З. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики , Rafail.Dautov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины 'Метод конечных элементов' является подготовка квалифицированных специалистов в области применения метода конечных элементов для моделирования полей различной физической природы, описываемых уравнениями математической физики.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.04 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7 семестры.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам. Читается для студентов обучающихся по направлению 'Прикладная математика'. Базируется на дисциплинах 'Алгебра и геометрия', 'Математический анализ', 'Дополнительные главы математической физики'.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-10 (профессиональные компетенции)	Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов
ПК-12 (профессиональные компетенции)	Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальной математики
ПК-9 (профессиональные компетенции)	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические знания о понятиях и задачах, связанных с аппроксимацией функциональных пространств Соболева.

2. должен уметь:

понимать и применять на практике компьютерные технологии для решения различных задач линейной алгебры и уравнений задач математической физики

3. должен владеть:

навыками самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с численным решением краевых задач математической физики методом конечных элементов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:
применять полученные знания и навыки в своей профессиональной деятельности

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 6 семестре; зачет в 7 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. Введение в метод конечных элементов на примере обыкновенного уравнения второго порядка.	6	1	0	0	2	
2.	Тема 2. Линейные уравнения с положительно определенным оператором в пространстве Гильберта. Лемма Лакса-Мильграма. Эквивалентность задаче на минимум квадратичного функционала.	6	2	0	0	2	
3.	Тема 3. Метод Ритца. Метод Галеркина. Лемма Сеа. Метод Галеркина с возмущениями.	6	3	0	0	2	
4.	Тема 4. Элементы теории пространств Соболева. Эквивалентные нормировки. Примеры. Лемма Брамбла-Гильберта.	6	4	0	0	2	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Обобщенные решения краевых задач для эллиптических уравнений второго порядка. Свойства форм. Корректность обобщенной задачи.	6	5-6	0	0	4	
6.	Тема 6. Интерполяция в R^n . Разрешимость задачи.	6	7	0	0	2	
7.	Тема 7. Критерии принадлежности конечного элемента к классу C_k	6	8	0	0	2	
8.	Тема 8. Определение базисного конечного элемента. 9. Прямоугольный и треугольный лагранжевый элемент степени m .	6	9-10	0	0	4	
9.	Тема 9. Неполные прямоугольные лагранжевые элементы	6	11	0	0	2	
10.	Тема 10. Эрмитов кубический элемент (одномерный, двумерный - прямоугольный и треугольный)	6	12-13	0	0	4	
11.	Тема 11. Конечный элемент Белла класса C_1	6	14	0	0	2	
12.	Тема 12. Ассоциированные конечные элементы. Критерии их принадлежности классам C_0 и C_1 .	6	15	0	0	2	
13.	Тема 13. Регулярность семейства ассоциированных конечных элементов.	6	16-17	0	0	4	
14.	Тема 14. Аффинно-эквивалентные элементы. Регулярность.	6	18	0	0	2	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
15.	Тема 15. Криволинейные элементы. Регулярность.	7	1	0	0	2	
16.	Тема 16. Изопараметрические элементы. Регулярность.	7	2	0	0	2	Письменное домашнее задание
17.	Тема 17. Пространства конечных элементов. Примеры пространств лагранжевых и эрмитовых элементов.	7	3	0	0	2	Письменное домашнее задание
18.	Тема 18. Аппроксимация подпространств H_k , $k=1,2$.	7	4-5	0	0	4	Письменное домашнее задание
19.	Тема 19. Оценка погрешности интерполяции на базисном элементе. Оценка погрешности интерполяции для аффинных элементов.	7	6-7	0	0	4	
20.	Тема 20. Оценка погрешности интерполяции для криволинейных и изопараметрических элементов.	7	8	0	0	2	
21.	Тема 21. МКЭ для уравнений: в многоугольных областях аффинные элементы; в областях с кусочно-гладкой границей криволинейные элементы. Оценки точности.	7	9-10	0	0	4	
22.	Тема 22. МКЭ для задачи Дирихле в области с кусочно-гладкой границей, изопараметрические элементы. Оценки точности.	7	11	0	0	2	Контрольная работа Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
23.	Тема 23. МКЭ с численным интегрированием. Примеры квадратурных формул для треугольных и прямоугольных элементов. Разрешимость, оценка точности.	7	12	0	0	2	
24.	Тема 24. Форма данных для представления триангуляции в ЭВМ.	7	13	0	0	2	Письменное домашнее задание
25.	Тема 25. Алгоритм сборки системы МКЭ (для однородной задачи Неймана). Пример для оператора Лапласа и линейных треугольных элементов.	7	14	0	0	2	Письменное домашнее задание
26.	Тема 26. Учет главных и естественных краевых условий.	7	15	0	0	2	
27.	Тема 27. Способ вычисления локальной матрицы жесткости и локального вектора сил для элементов различного типа.	7	16-17	0	0	4	Контрольная работа Письменное домашнее задание
28.	Тема 28. Методы решения систем уравнений: прямые и итерационные методы для разреженных систем.	7	18	0	0	2	Письменное домашнее задание
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Зачет
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			0	0	72	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в метод конечных элементов на примере обыкновенного уравнения второго порядка.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Рассмотрение двухточечной краевой задачи. Ее аппроксимация простейшими конечными элементами.

Тема 2. Линейные уравнения с положительно определенным оператором в пространстве Гильберта. Лемма Лакса-Мильграма. Эквивалентность задаче на минимум квадратичного функционала.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Примеры вариационных задач в гильбертовом пространстве. Понятие билинейной положительно определенной формы и ассоциированного с ней линейного положительно определенного оператора. Разрешимость вариационной задачи (лемма Лакса-Мильграма)

Тема 3. Метод Ритца. Метод Галеркина. Лемма Сеа. Метод Галеркина с возмущениями.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

азличные подходы приближенного решения вариационной задачи в гильбертовом пространстве. Метод Галеркина.

Тема 4. Элементы теории пространств Соболева. Эквивалентные нормировки. Примеры. Лемма Брамбла- Гильберта.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Понятие слабой, или обобщенной, производной. Пространства Соболева функций, имеющие интегрируемые с квадратом обобщенные производные. Различные эквивалентные нормировки. Примеры.

Тема 5. Обобщенные решения краевых задач для эллиптических уравнений второго порядка. Свойства форм. Корректность обобщенной задачи.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Понятие слабого решения краевой эллиптической задачи, основанное на понятии обобщенной производной. Корректность постановки обобщенной задачи.

Тема 6. Интерполяция в R^n . Разрешимость задачи.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Полиномы и кусочные полиномы в R^n . Интерполяция полиномами в R^n .

Тема 7. Критерии принадлежности конечного элемента к классу C_k

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Конечный элемент как множество в R^n с заданным набором узлов и полиномов. Понятие унимультивентности. Классы гладкости конечных элементов.

Тема 8. Определение базисного конечного элемента. Прямоугольный и треугольный лагранжевый элемент степени m .

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Семейства аффинно-эквивалентных конечных элементов, определяемых базисным, или ссылочным, конечным элементом. Примеры: прямоугольный и треугольный лагранжевые элементы степени m .

Тема 9. Неполные прямоугольные лагранжевые элементы

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Уменьшение числа узлов и базисных функций для прямоугольного лагранжевого конечного элемента.

Тема 10. Эрмитов кубический элемент (одномерный, двумерный - прямоугольный и треугольный)

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Использование производных в качестве степеней свободы конечного элемента. Пример: эрмитовый кубический конечный элемент в одномерном и двумерном случаях.

Тема 11. Конечный элемент Белла класса C_1

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Треугольный конечный элемент, использующий в качестве степеней свободы частные производные до 2-го порядка в каждой вершине - треугольник Белла с 18-ю степенями свободы.

Тема 12. Ассоциированные конечные элементы. Критерии их принадлежности классам C_0 и C_1 .

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Триангуляция области на конечные элементы классов С0 и С1

Тема 13. Регулярность семейства ассоциированных конечных элементов.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Условие невырождения, или регулярности, семейств конечных элементов.

Тема 14. Аффинно-эквивалентные элементы. Регулярность.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Достаточные условия регулярности семейств триангуляций расчетной области на конечные элементы

Тема 15. Криволинейные элементы. Регулярность.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Триангуляция криволинейной области с использованием вблизи границы криволинейных конечных элементов.

Тема 16. Изопараметрические элементы. Регулярность.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Пример криволинейных конечных элементов: изопараметрические конечные элементы.

Тема 17. Пространства конечных элементов. Примеры пространств лагранжевых и эрмитовых элементов.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Ассоциированное с триангуляцией расчетной области пространство конечных элементов.

Пространства лагранжевых и эрмитовых элементов треугольных конечных элементов.

Тема 18. Апроксимация подпространств H_k , $k=1,2$.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Приближение кусочными полиномами функций из пространств Соболева.

Тема 19. Оценка погрешности интерполяции на базисном элементе. Оценка погрешности интерполяции для аффинных элементов.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Оператор локальной полиномиальной интерполяции на базисном элементе. Оценка ошибки интерполяции на базисном элементе. Ошибка интерполяции для аффинно-эквивалентных элементов.

Тема 20. Оценка погрешности интерполяции для криволинейных и изопараметрических элементов.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Апроксимация на криволинейных и изопараметрических элементах. Оценки ошибки.

Тема 21. МКЭ для уравнений: в многоугольных областях аффинные элементы; в областях с кусочно-гладкой границей криволинейные элементы. Оценки точности.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Апроксимация конечными элементами эллиптических краевых задач в многоугольных областях и в областях с кусочно-гладкой границей. Оценки погрешности конечно-элементной аппроксимации.

Тема 22. МКЭ для задачи Дирихле в области с кусочно-гладкой границей, изопараметрические элементы. Оценки точности.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Применение изопараметрических конечных элементов для аппроксимации задачи Дирихле в области с кусочно-гладкой границей. Погрешность аппроксимации

Тема 23. МКЭ с численным интегрированием. Примеры квадратурных формул для треугольных и прямоугольных элементов. Разрешимость, оценка точности.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Приближенное вычисление интегралов в методе конечных элементов. Квадратурные формулы для треугольных и прямоугольных элементов. Влияние численного интегрирования на погрешность приближения.

Тема 24. Форма данных для представления триангуляции в ЭВМ.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Нумерация узлов и конечных элементов триангуляции. Матрица связности локальной и глобальной нумерации.

Тема 25. Алгоритм сборки системы МКЭ (для однородной задачи Неймана). Пример для оператора Лапласа и линейных треугольных элементов.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Генерирование результирующей системы МКЭ. Различные алгоритмы сборки матрицы и правой части системы.

Тема 26. Учет главных и естественных краевых условий.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Влияние главных и естественных краевых условий на вариационную постановку задачи и их учет в результирующей системе МКЭ

Тема 27. Способ вычисления локальной матрицы жесткости и локального вектора сил для элементов различного типа.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Применение различных подходов для вычисления локальной матрицы жесткости и локального вектора сил для треугольных и прямоугольных конечных элементов.

Тема 28. Методы решения систем уравнений: прямые и итерационные методы для разреженных систем.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Алгебраические аспекты метода конечных элементов. Ограниченност примениния прямых методов решения систем уравнений МКЭ. Многоуровневые итерационные методы для систем МКЭ: многосеточные методы, методы декомпозиции области

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
16.	Тема 16. Изопараметрические элементы. Регулярность.	7	2	подготовка домашнего задания	9	письменное домашнее задание
17.	Тема 17. Пространства конечных элементов. Примеры пространств лагранжевых и эрмитовых элементов.	7	3	подготовка домашнего задания	9	письменное домашнее задание
18.	Тема 18. Аппроксимация подпространств H_k , $k=1,2$.	7	4-5	подготовка домашнего задания	9	письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
22.	Тема 22. МКЭ для задачи Дирихле в области с кусочно-гладкой границей, изопараметрические элементы. Оценки точности.	7	11	подготовка домашнего задания	4	письменное домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	5	контрольная работа
24.	Тема 24. Форма данных для представления триангуляции в ЭВМ.	7	13	подготовка домашнего задания	9	письменное домашнее задание
25.	Тема 25. Алгоритм сборки системы МКЭ (для однородной задачи Неймана). Пример для оператора Лапласа и линейных треугольных элементов.	7	14	подготовка домашнего задания	9	письменное домашнее задание
27.	Тема 27. Способ вычисления локальной матрицы жесткости и локального вектора сил для элементов различного типа.	7	16-17	подготовка домашнего задания	4	письменное домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	5	контрольная работа
28.	Тема 28. Методы решения систем уравнений: прямые и итерационные методы для разреженных систем.	7	18	подготовка домашнего задания	9	письменное домашнее задание
Итого					72	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Необходимый теоретический материал излагается на занятиях. Причем конспект, который остается у студента в результате прослушивания материала не может заменить учебник. Его цель - формулировка основных утверждений и определений. Дополнительно полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. Список литературы разделен на две категории: необходимый для сдачи экзамена минимум и дополнительная литература.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к зачетам.

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

Тема 1. Введение в метод конечных элементов на примере обыкновенного уравнения второго порядка.

Тема 2. Линейные уравнения с положительно определенным оператором в пространстве Гильберта. Лемма Лакса-Мильграма. Эквивалентность задаче на минимум квадратичного функционала.

Тема 3. Метод Ритца. Метод Галеркина. Лемма Сеа. Метод Галеркина с возмущениями.

Тема 4. Элементы теории пространств Соболева. Эквивалентные нормировки. Примеры. Лемма Брамбла- Гильберта.

Тема 5. Обобщенные решения краевых задач для эллиптических уравнений второго порядка. Свойства форм. Корректность обобщенной задачи.

Тема 6. Интерполяция в R^n . Разрешимость задачи.

Тема 7. Критерии принадлежности конечного элемента к классу C_k

Тема 8. Определение базисного конечного элемента. Прямоугольный и треугольный лагранжевый элемент степени m .

Тема 9. Неполные прямоугольные лагранжевые элементы

Тема 10. Эрмитов кубический элемент (одномерный, двумерный - прямоугольный и треугольный)

Тема 11. Конечный элемент Белла класса C_1

Тема 12. Ассоциированные конечные элементы. Критерии их принадлежности классам C_0 и C_1 .

Тема 13. Регулярность семейства ассоциированных конечных элементов.

Тема 14. Аффинно-эквивалентные элементы. Регулярность.

Тема 15. Криволинейные элементы. Регулярность.

Тема 16. Изопараметрические элементы. Регулярность.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Построить отображение треугольного конечного элемента на изопараметрический.

Тема 17. Пространства конечных элементов. Примеры пространств лагранжевых и эрмитовых элементов.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Построить глобальный базис пространства конечных элементов в одномерном случае.

Тема 18. Аппроксимация подпространств H_k , $k=1,2$.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Для заданной функции пространства Соболева вычислить наилучшее приближение в соболевской норме.

Тема 19. Оценка погрешности интерполяции на базисном элементе. Оценка погрешности интерполяции для аффинных элементов.

Тема 20. Оценка погрешности интерполяции для криволинейных и изопараметрических элементов.

Тема 21. МКЭ для уравнений: в многоугольных областях аффинные элементы; в областях с кусочно-гладкой границей криволинейные элементы. Оценки точности.

Тема 22. МКЭ для задачи Дирихле в области с кусочно-гладкой границей, изопараметрические элементы. Оценки точности.

контрольная работа , примерные вопросы:

Для задачи Дирихле с оператором Лапласа в круговой области оценить необходимое число конечных элементов для получения заданной точности приближенного решения

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Составить систему уравнений МКЭ в круговой области.

Тема 23. МКЭ с численным интегрированием. Примеры квадратурных формул для треугольных и прямоугольных элементов. Разрешимость, оценка точности.

Тема 24. Форма данных для представления триангуляции в ЭВМ.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

ля заданной триангуляции выписать матрицу связности

Тема 25. Алгоритм сборки системы МКЭ (для однородной задачи Неймана). Пример для оператора Лапласа и линейных треугольных элементов.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Для оператора Лапласа и линейных треугольных элементов провести сборку матрицы жесткости и вектора сил для как для задачи Дирихле, так и Неймана.

Тема 26. Учет главных и естественных краевых условий.

Тема 27. Способ вычисления локальной матрицы жесткости и локального вектора сил для элементов различного типа.

контрольная работа , примерные вопросы:

Написать процедуру сборки системы МКЭ в Матлаб

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Написать процедуру вычисления локальных матриц жесткости и локальных векторов сил в Матлаб.

Тема 28. Методы решения систем уравнений: прямые и итерационные методы для разреженных систем.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Написать программу в Матлаб решения системы МКЭ методом сопряженных градиентов

Тема . Итоговая форма контроля

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

По данной дисциплине предусмотрено проведение двух зачетов.

Примерные вопросы для зачета в 6 семестре

Постановка краевой задачи в вариационном виде. Метод Галеркина аппроксимации вариационной задачи в гильбертовом пространстве.

Основные аспекты метода Галеркина: выбор аппроксимирующего подпространства, выбор базиса, генерирование системы

линейных алгебраических уравнений, ее решение прямым или итерационным методом.

Понятие конечного элемента в одномерном, двумерном, общем случае. Триангуляция расчетной области, условие регулярности семейства триангуляций.

Пространства конечных элементов. Локальный и глобальный базис. Локальная и глобальная интерполяция, оценки погрешности интерполяции.

Примерные вопросы для зачета в 7 семестре

Аппроксимация конечными элементами функций пространств Соболева, оценки погрешности аппроксимации. Применение пространств конечных элементов

для аппроксимации краевых задач. Локальные и глобальные матрицы жесткости и вектора сил. Алгоритмы сборки систем МКЭ.

Учет существенных и естественных краевых условий в вариационной постановке задачи. Учет существенных и естественных краевых условий в системе МКЭ.

Прямые методы решения систем МКЭ: метод Гаусса, LU-разложение, метод Холецкого.

Итерационные методы решения систем МКЭ: метод сопряженных

градиентов с предобусловливанием, многосеточные методы, методы декомпозиции области.

7.1. Основная литература:

1. Даутов Р.З. Введение в теорию метода конечных элементов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 'Прикладная математика и информатика' и по направлению 'Прикладная математика и информатика' / Р. З. Даутов, М. М. Карчевский. - Изд. 2-е, испр.. - Казань: Казанский университет, 2011. - 237 с.: ил.; 21. ? Библиогр.: с. 228-229 (25 назв.). ? Предм. указ.: с. 234-237. ? ISBN 978-5-98180-993-4.
2. Даутов Р.З., Карчевский М.М. Введение в теорию метода конечных элементов: [Учебное пособие]. - Казань: Казанский университет. 2012. - 240 с. (с грифом УМО). http://kpfu.ru/publication?p_id=47325.
3. Даутов Р.З. Метод Галеркина с возмущениями для задач на собственные значения. [Учебное пособие]. - Казань, 2010. - 94 с. http://kpfu.ru/publication?p_id=21045
4. Самогин, Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2012. ? 200 с. ? Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59633 ? Загл. с экрана.
5. Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2015. ? 448 с. ? Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65043 ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

1. Стренг, Гилберт. Теория метода конечных элементов. / Г. Стренг, Дж. Фикс; под ред. Г. И. Марчука; пер. с англ. В. И Агошкова [и др.]. ? М.: Мир, 1977. ? 348 с.: ил.; 22. ? Библиогр.: с. 324-335. ? Имен. указ.: с. 342-344. ? Предм. указ.: с. 345-347.
2. Ильин В. П. Методы и технологии конечных элементов / В.П. Ильин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т вычисл. математики и мат. геофизики. ? Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 2007. ? 370 с.: ил.; 22. ? Библиогр.: с. 357-361 (71 назв.). ? Предм. указ.: с. 362-367. ? ISBN 978-5-901548-30-1, 460.
3. Репченков В. И. Физические основы метода конечных элементов: пособие для студентов механико-математического факультета / В. И. Репченков, Ю. Е. Нагорный. ? Минск: БГУ, 2009. ? 90, [1] с.: ил.; 20. ? Библиогр.: с. 89. ? ISBN 978-985-518-194-2, 100.
4. Съярле Ф. Метод конечных элементов для эллиптических задач: перевод с английского / Ф. Съярле; Под ред. Н. Н. Яненко; Пер. Б. И. Класов. ? Москва: Мир, 1980. ? 512с.
5. Деклу Ж. Методы конечных элементов / Ж. Деклу. ? Москва: Мир, 1976. ? 95с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Естественно-научный портал - <http://en.edu.ru/>
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>
Портал образовательных математических ресурсов - <http://www.allmath.com/>
Сайт образовательных ресурсов по математике - <http://www.exponenta.ru/>
Сайт с учебными материалами по математике - <http://mathhelp.spb.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Метод конечных элементов решения эллиптических краевых задач" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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.

Занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе, оснащенной доской и мелом или маркером.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки Математическое моделирование .

Автор(ы):

Даутов Р.З. _____
"___" 201 ___ г.

Рецензент(ы):

Карчевский М.М. _____
"___" 201 ___ г.