

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Метод конечных элементов БЗ.ДВ.9

Направление подготовки: 230400.62 - Информационные системы и технологии

Профиль подготовки: Информационные системы в образовании

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Хайруллина Л.Э.

Рецензент(ы):

Галимянов А.Ф.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Галимянов А. Ф.

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

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

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

Регистрационный No 950314

Казань
2014

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) доцент, к.н. Хайруллина Л.Э. Кафедра информационных систем отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Liliya.Hajrullina@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина "Методы конечных элементов" знакомит студентов с основными принципами и методами, применяемыми в конечно-элементных расчетах. В результате изучения этой дисциплины приобретаются знания об особенностях метода конечных элементов как численного метода решения уравнений в частных производных; приобретаются умения в разработке математических моделей, описывающих поведение полей различной физической природы (тепловых, электрических, магнитных и т.д.).

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.9 Профессиональный" основной образовательной программы 230400.62 Информационные системы и технологии и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Метод конечных элементов" относится к дисциплинам по выбору студента профессионального цикла.

Для изучения данной дисциплины студент должен получить необходимые знания, умения и компетенции, которые формируются в результате изучения перечисленных ниже дисциплин: "Компьютерная графика", "Дифференциальные уравнения", "Уравнения математической физики", "Численные методы", "Методы оптимизации".

Знания и умения, полученные в результате освоения данной дисциплины, могут быть использованы в научно-исследовательской работе, при прохождении "Научно-исследовательской практики", а также при подготовке студентом магистерской диссертации.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-5 (общекультурные компетенции)	умение применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для интеллектуального развития, повышения культурного уровня, профессиональной компетенции, сохранения своего здоровья, нравственного и физического самосовершенствования
ОК-6 (общекультурные компетенции)	владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) для решения практических задач в области информационных систем и технологий
ОК-7 (общекультурные компетенции)	умение критически оценивать свои достоинства и недостатки, наметить пути и выбрать средства развития достоинств и устранения недостатков
ПК-16 (профессиональные компетенции)	готовность участвовать в работах по доводке и освоению информационных технологий в ходе внедрения и эксплуатации информационных систем
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность проводить выбор исходных данных для проектирования

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность проводить расчет обеспечения условий безопасной жизнедеятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- особенности метода конечных элементов как численного метода решения уравнений в частных производных;

2. должен уметь:

- получать математические модели, описывающие поведение полей различной физической природы.

3. должен владеть:

- навыками моделирования полей различной физической природы с применением специального программного обеспечения;

- навыками разработки собственных программ для анализа построенных математических моделей на основе метода конечных элементов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применения метода конечных элементов при решении различных задач

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины 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. Общий алгоритм работы МКЭ	7	1-2	4	0	4	домашнее задание
2.	Тема 2. Алгоритмы проекционного метода	7	3-4	4	0	4	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	
3.	Тема 3. Метод Рунца	7	5-6	4	0	4	домашнее задание
4.	Тема 4. Естественные и главные краевые условия	7	7-8	4	0	4	контрольная работа
5.	Тема 5. Метод наименьших квадратов	7	9-10	4	0	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Обобщенный метод моментов	7	11-12	4	0	4	домашнее задание
7.	Тема 7. Проекционный метод в Гильбертовом пространстве	7	13-14	4	0	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Метод Галеркина-Петрова	7	15-16	4	0	4	домашнее задание
9.	Тема 9. Проблемы выбора базисных функций	7	17-18	4	0	4	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Итого			36	0	36	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Общий алгоритм работы МКЭ

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Метод конечных элементов и области его применения. Общий алгоритм работы МКЭ

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 1

Тема 2. Алгоритмы проекционного метода

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Выделение конечных элементов

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 2

Тема 3. Метод Рунца

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Построение аппроксимирующей функции элемента

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 3

Тема 4. Естественные и главные краевые условия

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Способы нахождения вектора узловых значений функции

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 4

Тема 5. Метод наименьших квадратов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основы теории теплопередачи

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 5

Тема 6. Обобщенный метод моментов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Примеры применения МКЭ при решении задач теплопередачи Примеры применения МКЭ при решении задач упругости

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 6

Тема 7. Проекционный метод в Гильбертовом пространстве

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Примеры применения МКЭ при решении задач электростатики Примеры применения МКЭ при решении задач магнитостатики

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 7

Тема 8. Метод Галеркина-Петрова

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Общая архитектура пакетов программ, реализующих МКЭ

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 8

Тема 9. Проблемы выбора базисных функций

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Численные методы, используемые в МКЭ

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Лабораторная работа 9

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
1.	Тема 1. Общий алгоритм работы МКЭ	7	1-2	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
2.	Тема 2. Алгоритмы проекционного метода	7	3-4	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
3.	Тема 3. Метод Ритца	7	5-6	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
4.	Тема 4. Естественные и главные краевые условия	7	7-8	подготовка к контрольной работе	12	контрольная работа
5.	Тема 5. Метод наименьших квадратов	7	9-10	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Обобщенный метод моментов	7	11-12	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
7.	Тема 7. Проекционный метод в Гильбертовом пространстве	7	13-14	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
8.	Тема 8. Метод Галеркина-Петрова	7	15-16	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
9.	Тема 9. Проблемы выбора базисных функций	7	17-18	подготовка к контрольной работе	12	контрольная работа
	Итого				108	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Изучение дисциплины предполагает использование традиционных способов коллективного обучения - лекций, лабораторных занятий, индивидуальных заданий с последующей отчетностью. Применяемые информационные технологии: лекции в форме презентаций, обучающие и тестирующие программы, электронные учебники.

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

Тема 1. Общий алгоритм работы МКЭ

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Что такое проекционно-сеточные алгоритмы? 2. Какие функции называются финитными? 3. Какими качествами обладает проекционно-сеточный алгоритм? 4. В каком случаи возникает потребность в приближенном решении задач?

Тема 2. Алгоритмы проекционного метода

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Гильбертово пространство 2. Что такое базис?

Тема 3. Метод Рунца

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Классический метод Рунца 2. Что такое энергетическое пространство? 3. Приведите необходимое и достаточное условие того чтобы некоторый элемент u_0 сообщал минимальное значение функционалу энергии

Тема 4. Естественные и главные краевые условия

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Какое краевое называется естественным? 2. Используя какие средства, можно найти необходимые условия реализации минимума $F(u)$ функцией u_0 ? 3. Как определяется первая вариация функционала? 4. Формулы Грина

Тема 5. Метод наименьших квадратов

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Какое неравенство является необходимым и достаточным условием линейной независимости системы $y_i = Ax_i$? 2. Какая функция является приближенным решением задачи (4.1) по методу наименьших квадратов? 3. Опишите преимущества и недостатки метода наименьших квадратов

Тема 6. Обобщенный метод моментов

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля. 1. Как реализуется обобщенный метод моментов? 2. Что такое обобщенное решение? 3. Сформулируйте теорему о сходимости приближенных обобщенных решений к точному.

Тема 7. Проекционный метод в Гильбертовом пространстве

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля. 1. Что такое проекционный оператор? 2. Приведите формулировки теорем 1 и 2.

Тема 8. Метод Галеркина-Петрова

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Какой алгоритм называют методом Галеркина ? Петрова? 2. Опишите метод разделения области 3. Запишите общий вид приближенного решения .

Тема 9. Проблемы выбора базисных функций

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Опишите проблему минимизации ошибки аппроксимации при заданном числе базисных функций. 2. Что такое малый числовой параметр?

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету по дисциплине "Метод конечных элементов"

1. МКЭ. История создания. Области применения. Понятие конечного элемента.
2. Четыре этапа алгоритма работы МКЭ: выделение конечного элемента (КЭ), по-строение аппроксимирующей функции элемента, объединение КЭ в ансамбль, нахождение узловых значений функции
3. Выделение КЭ: разбиение области на КЭ, нумерация узлов КЭ, информация о способе разбиения области на КЭ
4. Типы КЭ: одномерные, двумерные, трехмерные. Виды аппроксимирующей функции: линейные, квадратичные, кубические и др.
5. Представление аппроксимирующей функции в виде скалярного произведения вектора функций формы и вектора узловых значений функции.
6. Функции формы КЭ и их свойства
7. Применение метода минимизации функционала и метода Галеркина при нахождении вектора узловых значений функции
8. Применение МКЭ для нахождения стационарного и нестационарного температурных полей одномерного стержня. Вид функционала для минимизации в стационарном и нестационарном случае
9. Применение МКЭ для нахождения напряженно-деформированного состояния стержня при кручении. Вид функционала для минимизации
10. Применение МКЭ при решении задачи о распределении электрического потенциала в пространстве между проводниками коаксиальной линии передач
11. Применение МКЭ при решении задачи о распределении скалярного магнитного потенциала
12. Современный рынок программных продуктов на основе МКЭ
13. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений.
14. Численные методы вычисления определенных интегралов.
15. Численные методы решения систем линейных дифференциальных уравнений
16. Плоские стационарные задачи теплопроводности в линейной и нелинейной постановках.
17. Типы связи между задачами.
18. Учет джоулевых потерь в тепловых задачах.

19. Учет распределения температур в задачах упругости.
20. Учет магнитных сил в задачах упругости.
21. Учет электростатических сил в задачах упругости

7.1. Основная литература:

- Введение в теорию метода конечных элементов, Даутов, Рафаил Замилович;Карчевский, Михаил Миронович, 2011г.
- Введение в теорию метода конечных элементов, Даутов, Рафаил Замилович;Карчевский, Михаил Миронович, 2004г.
- 3.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
4. Даугавет И. К. Теория приближенных методов. Линейные уравнения. ? 2-е изд., перераб. и доп. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2006. ? 288 с <http://znanium.com/bookread.php?book=349979>
- 5.Математический анализ: Учебное пособие / В.Г. Шершнеv. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 288 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=342089>

7.2. Дополнительная литература:

- Основы математического анализа, Фихтенгольц, Григорий Михайлович, 2006г.
- 2.Смирнов В. И. Курс высшей математики. Том I / В.И. Смирнов ; Пред. Л. Д. Фаддеева, пред. и прим. Е. А. Грининой. - 24-е изд. ? СПб. : БХВ-Петербург, 2008. ? 615 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=350185>

7.3. Интернет-ресурсы:

- Алгоритмическое обеспечение МКЭ - <http://cnit.ssau.ru/TechFEM/AlgorithmFEM.htm>
- Базисные функции для конечных элементов -
<http://www.exponenta.ru/soft/Mathemat/pinega/a1/a1.asp>
- Введение в МКЭ - <http://www.cneat.ru/lex3.html>
- Метод конечных элементов - http://www3.msiu.ru/~belova/comprodm/fem1_2d.pdf
- Метод конечных элементов для уравнений с частными производными -
<http://bookfi.org/book/533040>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Метод конечных элементов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Аудитория для проведения лекционных занятий, имеющая необходимое количество посадочных мест и оснащенная оборудованием для проведения презентаций (ноутбук, проектор);

Аудитория с персональными компьютерами для проведения лабораторных занятий, имеющая необходимое количество рабочих мест, оборудованная персональными компьютерами, оснащенных необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 230400.62 "Информационные системы и технологии" и профилю подготовки Информационные системы в образовании .

Автор(ы):

Хайруллина Л.Э. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Галимянов А.Ф. _____

"__" _____ 201__ г.