

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 Б1.В.ДВ.12

Направление подготовки: 09.03.02 - 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

Казань
2018

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. (доцент) 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 " Б1.В.ДВ.12 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 09.03.02 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 | Письменное домашнее задание |
| 2. | Тема 2. Алгоритмы проекционного метода | 7 | 3-4 | 4 | 0 | 4 | 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 | |
| 3. | Тема 3. Метод Рунца | 7 | 5-6 | 4 | 0 | 4 | Письменное 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 | Письменное домашнее задание |
| 6. | Тема 6. Обобщенный метод моментов | 7 | 11-12 | 4 | 0 | 4 | Письменное домашнее задание |
| 7. | Тема 7. Проекционный метод в Гильбертовом пространстве | 7 | 13-14 | 4 | 0 | 4 | Письменное домашнее задание |
| 8. | Тема 8. Метод Галеркина-Петрова | 7 | 15-16 | 4 | 0 | 4 | Письменное 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 Рунца | 7 | 5-6 | подготовка домашнего задания | 12 | домашнее задание |

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|--|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 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 |
| 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 Ритца

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопросы для самоконтроля: 1. Классический метод Ритца 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/comprmod/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 09.03.02 "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.