

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. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**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):**

-

**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  
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
ПК-17 (профессиональные компетенции)	готовность проводить подготовку документации по менеджменту качества информационных технологий
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность проводить техническое проектирование
ПК-21 (профессиональные компетенции)	способность проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение качества объекта проектирования
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность проводить рабочее проектирование

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 фи-зической 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. Выделение конечных элементов	7	3-4	4	0	4	домашнее задание
3.	Тема 3. Построение аппроксимирующей функции	7	5-6	4	0	4	домашнее задание
4.	Тема 4. Способы нахождения вектора узловых значений функции	7	7-8	4	0	4	контрольная работа
5.	Тема 5. Основы теории теплопередачи	7	9-10	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	
6.	Тема 6. Примеры применения МКЭ.	7	11-12	4	0	4	домашнее задание
7.	Тема 7. Примеры применения МКЭ при решении задач электростатики и магнитостатики	7	13-14	4	0	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Общая архитектура пакетов программ, реализующих МКЭ	7	15-16	4	0	4	домашнее задание
9.	Тема 9. Численные методы, используемые в МКЭ	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. Выделение конечных элементов

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Выделение конечных элементов

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа 2

### Тема 3. Построение аппроксимирующей функции

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Построение аппроксимирующей функции элемента

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа 3

### Тема 4. Способы нахождения вектора узловых значений функции

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Способы нахождения вектора узловых значений функции

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа 4

### Тема 5. Основы теории теплопередачи

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основы теории теплопередачи

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа 5

## Тема 6. Примеры применения МКЭ.

### *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. Примеры применения МКЭ при решении задач электростатики и магнитостатики

### *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. Общая архитектура пакетов программ, реализующих МКЭ

### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Общая архитектура пакетов программ, реализующих МКЭ

### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Лабораторная работа 8

## Тема 9. Численные методы, используемые в МКЭ

### *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. Выделение конечных элементов	7	3-4	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
3.	Тема 3. Построение аппроксимирующей функции	7	5-6	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
4.	Тема 4. Способы нахождения вектора узловых значений функции	7	7-8	подготовка к контрольной работе	12	контрольная работа
5.	Тема 5. Основы теории теплопередачи	7	9-10	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
6.	Тема 6. Примеры применения МКЭ.	7	11-12	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Примеры применения МКЭ при решении задач электростатики и магнитостатики	7	13-14	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
8.	Тема 8. Общая архитектура пакетов программ, реализующих МКЭ	7	15-16	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
9.	Тема 9. Численные методы, используемые в МКЭ	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:

Повторение материала лекции

#### Тема 2. Выделение конечных элементов

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение материала лекции

#### Тема 3. Построение аппроксимирующей функции

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение материала лекции

#### Тема 4. Способы нахождения вектора узловых значений функции

контрольная работа , примерные вопросы:

Темы 1-3

#### Тема 5. Основы теории теплопередачи

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение материала лекции

#### Тема 6. Примеры применения МКЭ.

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение материала лекции

#### Тема 7. Примеры применения МКЭ при решении задач электростатики и магнитостатики

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение материала лекции

#### Тема 8. Общая архитектура пакетов программ, реализующих МКЭ



домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение материала лекции

### **Тема 9. Численные методы, используемые в МКЭ**

контрольная работа , примерные вопросы:

Темы 4-8

### **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.

Основы математического анализа. [Ч.] 1, , 2006г.



1. 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](http://kpfu.ru/publication?p_id=47325)

2. 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>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Формалев, В. Ф. Численные методы [Электронный ресурс] / В. Ф. Формалев, Д. Л.

Ревизников. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 400 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=416540>

## 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/comppmod/fem1\\_2d.pdf](http://www3.msiu.ru/~belova/comppmod/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:

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.

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):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.