

Новосибирский государственный технический университет

Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу  
"Методы конечноэлементного анализа"  
для магистрантов ФПМИ, направление 010400

Новосибирск

2010

Составители: д.т.н., проф. *М.Г. Персова*,

д.т.н., проф. *Ю.Г. Соловейчик*

Работа подготовлена на кафедре прикладной математики

## **Содержание**

Содержание .....	3
Практическая часть .....	4
Общие требования к пояснительной записке.....	7
Список литературы .....	7

## **Практическая часть**

Целью курсового проекта: разработка фрагментов программного комплекса конечноэлементного моделирования с использованием тех типов элементов и сеток, которые могут быть полезны в научной работе.

При выполнении курсового проекта в общем случае может быть выполнено следующее.

1. Разработаны программы построения конечноэлементных сеток в соответствии с заданием. При выполнении этой части работы студент может пользоваться структурами данных и алгоритмами, приведенными в разделах 10.2.1–10.2.5 учебного пособия [1] при использовании регулярных двумерных сеток, и структурами данных и алгоритмами, приведенными в разделах 10.2.6–10.2.7 учебного пособия [1] при использовании нерегулярных двумерных сеток. Если расчетная область в соответствии с заданием является трехмерной, студент может пользоваться структурами данных и алгоритмами, приведенными в разделах 10.3.1 и 10.3.2 учебного пособия [1] соответственно.

2. Разработаны программы генерации локальных матриц и векторов правых частей в соответствии порядком и типом элементов, обозначенных в задании. Если используются двумерные прямоугольные сетки, то студент может пользоваться материалом, приведенным в разделах 5.2.1 учебного пособия [1] (для билинейных скалярных базисных функций), 5.2.4 учебного пособия [1] (для биквадратичных скалярных базисных функций), 5.2.5-5.2.6 учебного пособия [1] (для бикубических скалярных базисных функций). Если используются двумерные треугольные сетки, то студент может пользоваться материалом, приведенным в разделах 5.3.1 учебного пособия [1] (для линейных скалярных базисных функций), 5.3.4 учебного пособия [1] (для квадратичных скалярных базисных функций), 5.3.5 учебного пособия [1] (для кубических скалярных базисных функций). При использовании четырехугольных конечных элементов студент может пользоваться материалом, приведенным в разделе 5.4 учебного пособия [1]. Если задача является трехмерной, то студент может пользоваться материалом, приведенным в разделе 6.1 учебного пособия [1] (для скалярных функций на параллелепипедах), 6.2 учебного пособия [1] (для скалярных функций на тетраэдрах), 6.3 учебного посо-

бия [1] (для скалярных функций на призмах с треугольным основанием), 6.4 учебного пособия [1] (для скалярных функций на призмах с четырехугольным основанием).

В отдельных случаях студенту (по желанию) при высоком уровне начальной подготовки могут быть выданы задания, связанные с реализацией отдельных элементов векторного МКЭ. В этом случае студент может воспользоваться материалом раздела 15.6, 15.8 учебного пособия [1] (при решении двумерных задач) и 15.11, 15.12 учебного пособия [1] (при решении трехмерных задач).

Также студенту (по его желанию или рекомендации его научного руководителя) могут быть выданы специальные задания, связанные с реализацией нестандартных технологий МКЭ. В этом случае студентом должна использоваться специальная литература, рекомендованная его научным руководителем, и при этом он помимо основного задания должен выполнить реализацию поставленной задачи стандартным способом для обеспечения достоверности получаемых им результатов.

3. Проведены тесты, подтверждающие правильность выполненных реализаций. При выполнении тестов, студент может пользоваться как готовыми задачами, приведенными в разделах 5.2.3, 5.2.7, 5.2.9, 5.3.3 учебного пособия [1], так и построенными самостоятельно на основе рекомендаций, приведенных в разделах 5.7 и 6.5 учебного пособия [1].

Варианты заданий выдаются, как правило, в соответствии с темой научной работы студента следующим образом:

– студенты, научная работа которых связана с МКЭ, получают задание на разработку фрагментов программного комплекса конечноэлементного моделирования с использованием тех типов элементов и сеток, которые могут быть полезны в научной работе;

– студенты, научная работа которых не связана с МКЭ, получают задание на разработку фрагментов программного комплекса конечноэлементного моделирования с использованием регулярных или нерегулярных конечноэлементных сеток с элементами первого порядка. При этом решаемая задача выбирается, по возможности, с учётом тематики научной работы студента.

## **Примеры типовых вариантов заданий.**

### **Задание 1.**

МКЭ для двумерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции скалярные квадратичные на четырехугольниках. Коэффициент диффузии  $\lambda$  разложить по линейным базисным функциям.

### **Задание 2.**

МКЭ для двумерной краевой задачи для эллиптического уравнения в цилиндрической системе координат. Базисные функции скалярные квадратичные на четырехугольниках. Коэффициент диффузии  $\lambda$  – кусочно-постоянная функция.

### **Задание 3.**

МКЭ для двумерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции скалярные кубические на прямоугольниках. Коэффициент диффузии  $\lambda$  разложить по линейным базисным функциям.

### **Задание 4.**

МКЭ для двумерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции скалярные квадратичные на треугольниках. Коэффициент диффузии  $\lambda$  разложить по линейным базисным функциям.

### **Задание 5.**

МКЭ для трехмерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции скалярные линейные на тетраэдрах. Коэффициент диффузии  $\lambda$  разложить по линейным базисным функциям.

### **Задание 6.**

МКЭ для трехмерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции скалярные линейные на призмах с треугольным основанием. Коэффициент диффузии  $\lambda$  разложить по линейным базисным функциям.

### **Задание 7.**

МКЭ для трехмерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции скалярные линейные на параллелепипедах. Коэффициент диффузии  $\lambda$  – кусочно-постоянная функция.

### **Задание 8\*.**

МКЭ для трехмерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции векторные первого порядка на призмах с треугольным основанием.

**Задание 9\*.**

МКЭ для двумерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции векторные первого порядка на прямоугольниках.

**Задание 10\*.**

МКЭ для трехмерной краевой задачи для эллиптического уравнения в декартовой системе координат. Базисные функции векторные первого порядка на параллелепипедах.

**Общие требования к пояснительной записке**

Пояснительная записка должна включать следующие разделы:

1. Описание математической модели, расчетной области и пространственной дискретизации.
2. Вариационная постановка и конечноэлементная аппроксимация.
3. Аналитические выражения для вычисления локальных матриц либо схемы численного интегрирования в случае, если интегралы для вычисления локальных матриц предполагается считать численно.
4. Описание разработанных программ:
  - структуры данных, используемые для задания расчетной области и конечноэлементной сетки;
  - структура основных модулей программы, в том числе генерация портрета СЛАУ, вычисление локальных матриц, генерация глобальных матриц, решение СЛАУ.
5. Описание результатов тестирования программ.
6. Тексты программ или основных модулей программ.

**Список литературы**

1. Ю.Г. Соловейчик, М.Э. Рояк, М.Г. Персова. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : учеб. пособие – Новосибирск: Издво НГТУ, 2007. – 896 с.