

УДК 519.87:531/534(075.8)

ББК 22.1+22.2 я73

П 89

*Издается по решению кафедры математического моделирования
Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича
Южного федерального университета (протокол № 9 от 19 мая 2022 г.)*

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Теоретическая и прикладная механика» Донского государственного
технического университета *А. Н. Соловьев*;

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теории упругости
Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича
Южного федерального университета *А. М. Колесников*

Пустовалова О. Г.

П 89 Основы работы в конечно-элементном пакете FlexPDE [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. Г. Пустовалова, В. В. Дударев; Южный федеральный университет. — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. — Электрон. текстовые дан. (1 файл: 4,51 Мб). — 1 электрон. опт. диск (CD-R). — Системные требования: процессор с тактовой частотой 1,5 ГГц и выше, 1 Гб оперативной памяти, Windows 7 SP1, Windows 8, 8.1, Windows 10 (32- и 64-разрядные версии), Acrobat Reader DC, привод DVD-ROM. — Загл. с экрана.

ISBN 978-5-9275-4120-1

Часть 1. — 132 с.

ISBN 978-5-9275-4121-8 (Ч. 1)

Пособие посвящено основам работы в пакете FlexPDE, который предназначен для построения численных решений дифференциальных уравнений в частных производных с помощью метода конечных элементов. Описаны основные разделы типовой программы. Для демонстрации и эффективного освоения базового функционала пакета представлены примеры скриптов и задания для самостоятельной работы. Учебное пособие предназначено для широко круга читателей, в том числе для студентов бакалавриата, обучающихся по направлениям подготовки 01.03.02 прикладная математика или 01.03.03 механика и математическое моделирование.

Публикуется в авторской редакции.

УДК 519.87:531/534(075.8)

ББК 22.1+22.2 я73

ISBN 978-5-9275-4121-8 (Ч. 1)

ISBN 978-5-9275-4120-1

© Южный федеральный университет, 2022

© Пустовалова О. Г., Дударев В. В., 2022

Содержание

| | | |
|------|---|----|
| 1 | Интерфейс пакета FlexPDE | 7 |
| 2 | Разделы программы FlexPDE | 13 |
| 3 | Раздел SELECT | 15 |
| 4 | Раздел программы BOUNDARIES. | |
| | Задание геометрии | 16 |
| 4.1 | Команда line | 16 |
| 4.2 | Команда arc | 18 |
| 4.3 | Задания. Построение плоских фигур с помощью функций line и arc | 20 |
| 4.4 | Команды fillet и bevel | 21 |
| 4.5 | Команда line list . Построение отрезков прямых между опорными точками | 22 |
| 4.6 | Задания. Построение 2D областей по опорным точкам | 26 |
| 4.7 | Команда feature | 28 |
| 4.8 | Задания. Вычисление интегралов вдоль feature | 30 |
| 4.9 | Команда exclude | 32 |
| 4.10 | Задания. Построение плоских фигур с отверстиями | 34 |
| 4.11 | Команда curve | 35 |
| 4.12 | Задания. Построение плоских фигур с использованием curve | 38 |
| 4.13 | 2D объекты, геометрия которых, состоит из нескольких областей | 39 |
| 4.14 | Перекрывающиеся области | 41 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.15 | Задания. Фигуры из нескольких областей | 43 |
| 4.16 | Раздел extrusion . Построение 3D геометрии | 44 |
| 4.17 | Задания. Построение поверхностей второго порядка | 48 |
| 4.18 | Построение многослойных 3D тел | 50 |
| 4.19 | Задания. Построение многослойных 3D тел | 52 |
| 4.20 | Построение многослойных 3D тел с использованием нескольких областей | 53 |
| 4.21 | Построение 3D тел с использованием нескольких областей с оп- циональным заданием поверхностей | 55 |
| 4.22 | Построение 3D тел с заданием поверхностей в виде набора точек | 57 |
| 4.23 | Построение 3D тел со сквозными отверстиями | 59 |
| 4.24 | Задания. Построение 3D тел со сквозными отверстиями | 60 |
| 4.25 | Использование ограниченных областей в 3D объектах | 61 |
| 4.26 | Задания 3D. limited region | 63 |
| 4.27 | Построение пустот в 3D объектах | 64 |
| 4.28 | Задания. Построение 3D объектов с «вырезанными» частями . . | 67 |
| 5 | Параметры, определяющие размер ячеек триангуляции . . . | 68 |
| 6 | Разделы EQUATIONS и VARIABLES | 71 |
| 6.1 | BOUNDARIES . Граничные условия | 77 |
| 6.2 | Связь между уравнениями, переменными и граничными усло- виями | 78 |
| 6.3 | Граничные условия в точке | 79 |
| 6.4 | Описание граничных условий в трехмерных задачах | 80 |
| 6.5 | Особые виды граничных условий | 81 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 7 | Разделы MONITORS и PLOTS | 83 |
| 7.1 | Команда grid | 83 |
| 7.2 | Экспорт графических файлов | 84 |
| 7.3 | Команда contour | 84 |
| 7.4 | Команда surface | 85 |
| 7.5 | Команда vector | 86 |
| 7.6 | Построение графика функции — команда elevation | 87 |
| 7.7 | Переход в режим лупы — опция zoom | 87 |
| 7.8 | Изменение шрифта и подписей осей графиков | 88 |
| 7.9 | Экспорт данных графика в текстовый файл — команда export | 89 |
| 7.10 | Вывод числовых результатов — команда summary | 91 |
| 8 | Модельная задача для стержня | 95 |
| 8.1 | Одномерная задача о растяжении стержня | 97 |
| 8.2 | Задания. Решение задачи о растяжении стержня в одномерном случае | 100 |
| 8.3 | Двумерная задача о растяжении стержня | 102 |
| 8.4 | Задания. Решение задачи о растяжении стержня в двумерном случае | 106 |
| 8.5 | Трехмерная задача о растяжении стержня | 107 |
| 8.6 | Задания. Решение задачи о растяжении стержня в трехмерном случае | 112 |
| 9 | Приложения | 114 |
| 9.1 | Приложение 1. Таблица 1. Схема сечения | 114 |
| 9.2 | Приложение 2. Типы уравнений | 116 |
| 9.3 | Приложение 3. Типы граничных условий | 116 |
| 9.4 | Приложение 4. Граничные условия | 117 |

| | | |
|------------------------------------|--|------------|
| 9.5 | Приложение 5. Функция \mathbf{f} из правой части уравнения Пуассона | 118 |
| 9.6 | Приложение 6. Варианты индивидуальных заданий для уравнения Лапласа | 119 |
| 9.7 | Приложение 7. Варианты индивидуальных заданий для уравнения Пуассона | 119 |
| 9.8 | Приложение 8. Аналитические функции FlexPDE | 121 |
| 9.9 | Приложение 9. Неаналитические функции FlexPDE | 123 |
| 9.10 | Приложение 10. Дифференциальные операторы | 125 |
| 9.11 | Приложение 11. Интегральные операторы | 127 |
| 9.11.1 | Линейные интегралы | 127 |
| 9.11.2 | Поверхностные интегралы 3D | 128 |
| Список литературы | | 130 |