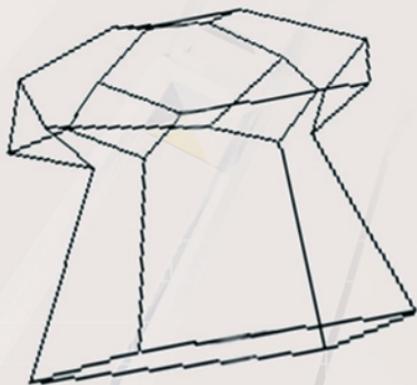
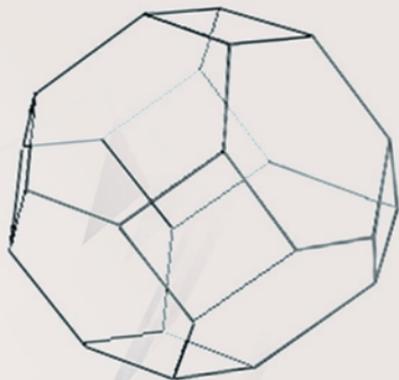


А. А. Воропинов

Методы решения задач газодинамики

на неструктурированных сетках

Часть II



ФГУП «Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной физики»

А. А. Воропинов

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ГАЗОДИНАМИКИ
НА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТКАХ**

Курс лекций
В 3 частях

**Часть 2
РАЗНОСТНЫЕ СХЕМЫ**

Саров
2016

УДК 519.6
ББК 22.19
В75

Воропинов, А. А.

В75 Методы решения задач газодинамики на неструктурированных сетках : курс лекций : в 3 ч. / А. А. Воропинов. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2016.
ISBN 978-5-9515-0207-0

Ч. 2: Разностные схемы. – 2016. – 83 с.: ил.
ISBN 978-5-9515-0325-1

Издание рассматривает методики, предназначенные для решения задач механики сплошной среды на неструктурированных многоугольных и многогранных сетках. Это методики ДМК, ТИМ и МЕДУЗА, применяемые в Институте теоретической и математической физики РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Курс лекций предназначен для студентов старших курсов и аспирантов по специальности «Прикладная математика».

УДК 519.6
ББК 22.19

ISBN 978-5-9515-0325-1 (ч. 2)
ISBN 978-5-9515-0207-0

© ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Этот курс посвящен методикам, предназначенным для решения задач механики сплошной среды на неструктурированных многоугольных и многогранных сетках. Это методики ТИМ [1, 2], ДМК и МЕДУЗА [3], разработанные в Институте теоретической и математической физики (ИТМФ) РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Методика включает в себя совокупность различных методов и алгоритмов, нацеленных на решение определенного класса задач. При этом каждая методика – это «живой» организм: в рамках методики создаются новые методы, улучшаются старые с целью расширить класс решаемых задач, ускорить проведение расчетов, снизить трудозатраты на их проведение. В результате в каждой методике возникает переплетение методов – особенности одного алгоритма учитываются в других. Из-за сильной взаимосвязи различных тем данный курс оказывается труден для студентов. С другой стороны, слишком глубоко особенности методик в курсе не рассматриваются, большая часть математических выкладок остается «за кадром», для самостоятельного изучения, а особое внимание уделено именно взаимосвязи вопросов, характерной не только для рассматриваемых методик, но и всех крупных научных программ.

Настоящий курс лекций состоит из нескольких разделов, в которых рассматриваются вопросы возможности создания методик, позволяющих решать задачи двумерной и трехмерной нестационарной газовой динамики на неструктурированных сетках, сохраняя их несамопересекающимися в процессе расчета задачи. Максимальное внимание уделено вопросам, относящимся именно к неструктурированным методикам: это построение сетки, разностных схем, поддержание качества сетки, возможности адаптации сетки в процессе решения задач.

Первая часть курса [4] описывала алгоритмы построения исходной расчетной сетки. Вторая часть курса посвящена вопросам построения форматов для описания неструктурированных сеток и разностным схемам газовой динамики. В курсе рассматриваются

Содержание

Введение	3
Глава I. Форматы описания неструктурированных сеток произвольного вида	5
1.1. Подходы к выработке формата хранения неструктурированной сетки.....	6
1.2. Двумерные форматы хранения.....	8
1.2.1. О хранении списковых массивов переменной длины.....	9
1.2.2. Формат хранения «по узлам».....	10
1.2.3. Формат хранения «по ребрам».....	12
1.2.4. Формат хранения «по ячейкам».....	13
1.2.5. «Реберно-ячеечный» формат хранения.....	15
1.2.6. «Реберно-ячеечно-узловой» формат хранения.....	16
1.2.7. Сравнение форматов по объему требуемой памяти.....	17
1.2.8. Базовые алгоритмы поиска соседства.....	19
1.3. Трехмерные форматы хранения.....	19
1.3.1. Оценка затрат памяти для различных структур.....	20
1.3.2. Структура хранения «по углам».....	21
1.3.3. Формат хранения «ребро-границы».....	23
1.3.4. Формат хранения «по граням».....	25
1.3.5. Результаты замеров необходимой памяти...	26
Список литературы к главе I.....	27
Глава II. Дискретизация уравнений газовой динамики на неструктурированных сетках	28
2.1. Неконсервативная разностная схема для уравнений газовой динамики в методике ТИМ-2D.....	31
2.1.1. Расчет узловых величин.....	32
2.1.2. Расчет ячеечных величин.....	37
2.2. Полностью консервативная разностная схема в методике ТИМ (дополнительный материал).....	40

2.2.1. Конечно-разностные формулы для расчета компонент тензора скоростей деформаций	47
2.2.2. Аппроксимация уравнения движения	49
2.2.3. Аппроксимация уравнения энергии	52
2.2.4. Аппроксимация уравнения теплопроводности	54
2.2.4.1. Аппроксимация производных первого порядка	57
2.2.4.2. Аппроксимация дифференциального оператора второго порядка	58
2.3. Разностная схема для уравнений газовой динамики в методике МЕДУЗА	59
2.4. Дискретизация уравнений газовой динамики на треугольных сетках (дополнительный материал).....	64
2.4.1. Расчет узловых величин	65
2.4.2. Расчет ячеечных величин	69
2.5. Особенности построения разностной схемы газовой динамики в трехмерном случае на примере методики ТИМ-3D	71
2.5.1. Вычисление объема ячейки	75
2.5.2. Построение узловой ячейки	76
2.5.3. Дискретизация уравнений газовой динамики	77
Список литературы к главе II.....	79
Источники	80

Научное издание

Воропинов Андрей Александрович

**Методы решения задач газодинамики
на неструктурированных сетках**

Курс лекций

В 3 частях

Часть 2

Разностные схемы

Редактор, корректор *Зимакова Н. Ю.*

Компьютерная подготовка оригинала-макета *Мухина К. А.*

Дизайн обложки *Андреева Т. В.*

Подписано в печать 27.12.2016

Формат 60×84/16

Тираж 100 экз.

Печать офсетная

Заказ 35-2016

Усл. печ. л. 4,9

Уч.-изд. л. 4,14

Отпечатано в ИПЦ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
607188, г. Саров Нижегородской обл., ул. Силкина, 23