

УДК 519.6:532:539.2/.6(075.8)
ББК 22.139
Ч-67

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/6296/>

Рецензенты:

зав. кафедрой газовой и волновой динамики механико-математического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова академик РАН *Е.И. Шемякин*;
зав. лабораторией волновых процессов д-р физ.-мат. наук, проф. *Н.Н. Смирнов*;
зав. кафедрой теоретической и экспериментальной механики Саровского государственного физико-технического института д-р техн. наук, проф. *С.А. Новиков*;
зав. кафедрой прикладной математики МГТУ им. Н.Э. Баумана д-р техн. наук, проф.
В.С. Зарубин

Прикладная механика сплошных сред : учебник для вузов : в 3 т. / под
Ч-67 общ. ред. В. В. Селиванова. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана,
2021.

ISBN 978-5-7038-4946-0

Т. 3 : Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов /
А. В. Бабкин, В. И. Колпаков, В. Н. Охитин, В. В. Селиванов. — 3-е изд., испр. —
2021. — 370, [6] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-4949-1

В третьем томе комплекса учебников серии «Прикладная механика сплошных сред» изложены вопросы использования разностных методов вычислительной математики применительно к задачам физики быстропротекающих процессов. Рассмотрены фундаментальные понятия теории разностных схем, представлены основные сеточные конечно-разностные методы, численный метод характеристик, конечно-разностные методы семейства частиц в ячейках. Приведены постановки, алгоритмы численного решения и результаты решения ряда одномерных и двумерных нестационарных задач при использовании лагранжевых, эйлерово-лагранжевых и эйлеровых методов. Обсуждены проблемы технологии проведения вычислительного эксперимента и приведены примеры, демонстрирующие возможности численного моделирования как инструмента исследования быстропротекающих процессов.

Материал учебника предназначен для первоначального ознакомления учащихся высших технических учебных заведений с теорией разностных схем и основами практического использования численных методов при решении задач физики взрыва и механики высокоскоростного соударения различных деформируемых тел и сред.

В основу учебника положен материал лекций, читаемых авторами студентам МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов технических университетов и машиностроительных вузов.

УДК 519.6:532:539.2/.6(075.8)
ББК 22.139

ISBN 978-5-7038-4949-1 (т. 3)
ISBN 978-5-7038-4946-0

© Оформление. Издательство МГТУ
им. Н. Э. Баумана, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	8
<i>Глава 1. Основные понятия теории разностных схем</i>	18
1.1. Постановка простейшей одномерной плоской нестационарной задачи о движении газа в трубе под действием поршня	18
1.2. Сущность метода конечных разностей	29
1.3. Построение дискретного аналога сплошной среды	30
1.4. Аппроксимация дифференциальных уравнений конечно-разностными соотношениями	35
1.5. Аппроксимация начальных и граничных условий	42
1.6. Понятия сходимости и устойчивости разностных схем. Условие устойчивости Куранта — Фридрихса — Леви	44
Вопросы для самоконтроля	56
<i>Глава 2. Основные разностные схемы и методы численного решения одномерных задач газовой динамики</i>	60
2.1. Сеточные методы	60
2.1.1. Схема «крест»	61
2.1.2. Принцип построения однородных разностных схем с псевдовязкостью. Схема Неймана — Рихтмайера	67
2.1.3. Схема Лакса. Понятие аппроксимационной вязкости	76
2.1.4. Схемы «прямоугольник» и «уголок» как дополняющие схему Лакса при расчете граничных условий	79
2.1.5. Сравнительные особенности практического применения схем Неймана — Рихтмайера и Лакса. Принцип «фиктивной» ячейки	81
2.1.6. Схема Лакса — Вендроффа	88
2.1.7. Разностная схема метода Уилкинса	90
2.1.8. Разностная схема Фромма метода Мейдера. Понятие консервативности разностных схем	94
2.2. Численный метод характеристик	101
2.2.1. Характеристическая форма представления уравнений газовой динамики в лагранжевых массовых координатах	101
2.2.2. Численный метод характеристик с естественной характеристической сеткой	105
2.2.3. Достоинства и недостатки численного метода характеристик по сравнению с сеточными методами	111

2.2.4. Численный метод характеристик с фиксированным шагом сетки по времени	115
2.3. Методы семейства «частиц в ячейках»	117
2.3.1. Метод «частиц в ячейках»	119
2.3.2. Метод «крупных частиц»	130
Вопросы для самоконтроля.....	134
<i>Глава 3. Примеры постановки, алгоритмов численного решения и результатов решения одномерных нестационарных задач физики взрыва и удара</i>	
3.1. Соударение сжимаемых пластин (лагранжев метод Мейдера).....	139
3.2. Схлопывание металлического упругопластического кольца под действием продуктов детонации (лагранжев метод Уилкинса) ...	168
3.3. Сферический взрыв в воде (комбинированный сеточно-характеристический метод)	194
Вопросы для самоконтроля.....	217
<i>Глава 4. Примеры постановки, алгоритмов численного решения и результатов решения двумерных нестационарных задач физики взрыва и удара</i>	
4.1. Соударение осесимметричного металлического упругопластического стержня с жесткой поверхностью (лагранжев метод Уилкинса)	224
4.2. Взрыв заряда топливно-воздушной смеси над жесткой поверхностью (эйлеров метод Лакса — Вендроффа).....	246
4.3. Формирование кумулятивной струи при функционировании кумулятивного заряда (эйлеров метод «концентраций»).....	274
4.4. Верификация метода «концентраций» на примерах решения задач физики взрыва и удара	294
Вопросы для самоконтроля.....	303
<i>Глава 5. Возможности вычислительного эксперимента как инструмента исследований быстропротекающих процессов</i>	
5.1. Основные этапы вычислительного эксперимента	305
5.2. Распространение волн детонации и дефлаграции в зарядах взрывчатых веществ	310
5.3. Схлопывание металлических облицовок и пластин с образованием кумулятивной струи	354
5.4. Проникание элементов кумулятивной струи в плотную среду	360
Вопросы для самоконтроля.....	365
Литература.....	368
Оглавление.....	369