СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие **3**

Глава 1. Кратковременное (ударное) деформирование газа **4**

1.1 Начальные сведения 4
1.2 Модуль линейной упругости кратковременно (ударно) сжатого в осевом направлении газа 5
1.3 Термодинамическое описание одномерного кратковременно (ударно) деформированного газа 6
1.4 Кратковременная анизотропия плотности газа при быстром нагружении 7
1.5 Стадии деформирования нагружаемого газа 8

Глава 2. Основные сведения о стоячей и бегущей волнах **9**

2.1 Основные определения и терминология 9
2.2 «Парадокс (казус)» обнуления энергии звуковой волны в нулевых точках колебаний массовой скорости и акустического давления 11
2.3 Пример осциллографирования звуковых колебаний 11

Глава 3. Молекулярная физика быстрого (ударного) нагружения газа **14**

3.1 Одномерная анизотропия плотности газа 14
3.2 Компоненты тензора напряжений 19
3.3 Распределение молекул газа по скоростям. Анизотропия температурного поля 21
3.4 Двумерная анизотропия газа при быстром нагружении 23
3.5 Возникновение касательных напряжений при звуковых колебаниях нормальных напряжений 24
3.6 Уравнение Ландау–Лифшица 25

Глава 4. Возбуждение колебаний в потоке газа при столкновении с препятствием **27**
4.1 Общие сведения ... 27
4.2 Оценочное моделирование ... 27
4.3 Частота звуковых возбуждаемых колебаний. Свист пули, гудение проводов ... 28

Глава 5. Генерация звука в невозмущенной газовой среде набегающей волной **29**
5.1 Взаимосвязь переноса энергии и количества движения в бегущей волне ... 29
5.2 Внедрение бегущей звуковой волны в неподвижную среду с переходом газа в неравновесное состояние ... 29

Глава 6. Генерация бегущей звуковой волны мембраной или поршнем **31**
6.1 Напряженное состояние среды вблизи мембраны генератора звука ... 31
6.2 Особенности генерации звуковых волн поршнем ... 31
6.3 Формирование линейного количества движения генератором звука ... 34
6.4 Другие неполные волновые уравнения ... 37

Глава 7. Дифференциальные уравнения стоячей волны **39**
7.1 Однородное неполное уравнение стоячей волны ... 39
7.2 Ограничение переноса энергии и «интенсивности» стоячей волны ... 41
7.3 Вырождение однородного волнового дифференциального уравнения при переходе к сопутствующей системе координат ... 42
7.4 Анализ решения уравнения стоячей волны ... 43
7.5 Единое волновое уравнение для описания колебаний перемещений, давления, скорости и плотности ... 44

Глава 8. Линейная интенсивность и громкость звуковой волны **46**
8.1 Основные сведения ... 46
8.2 Усиление громкости звука с помощью раструба патефона, граммофона и рынды ... 48

8.3 Усиление громкости звука раструбами духовых музыкальных инструментов и певцами 50
8.4 Неравновесность газа под действием сдвигов 52
8.5 Уменьшение интенсивности звука в раструбе 53
8.6 Усиление громкости и мощности звука резонатором лягушки и корпусом музыкальных инструментов 53

Глава 9. Расчет характеристик бегущей звуковой волны 56
9.1 Пример расчета характеристик на основе закона Гука 56
9.2 Результаты обработки фонограммы звуковой волны ... 60
9.3 Изменение температурного поля при движении волн ... 61

Глава 10. Линейное и объемное сжатие газа 62
10.1 Возникновение анизотропии плотности при «квазимгновенном» сжатии газа..... 62
10.2 Связь перемещений с волновыми колебаниями давления. Частотная зависимость коэффициента c 65
10.3 Кратковременная анизотропия жидких и газообразных сред при прохождении упругих напряжений волн 67
10.4 Изменение формы диаграммы напряжений Мора в ходе релаксации после ударно-волнового сжатия 68

Глава 11. Уравнения бегущей волны 70
11.1 Уравнение высокочастотной бегущей волны 70
11.2 Уравнение волны звука с учетом приобретенной анизотропии газа 71
11.3 Обобщение уравнений сплошности, сохранения количества движения и энергии 74
11.4 Несовместимость однородных волновых уравнений с движением звуковой волны 75

Глава 12. Разнообразие способов генерации звука 76
12.1 Генерация звуковой волны крыльями мелких насекомых 76
12.2 Возбуждение звука воздушным потоком в патрубке с соосными отверстиями 78
12.3 Генерация высокочастотных звуков насекомыми 80

Глава 13. Основные сведения о моделировании плоской ударной волны 82
13.1 Исходные соотношения ... 82
13.2 Сопоставление моделей ударной и звуковой волн ... 88
13.3 Пример генерации ударной волны ... 92
13.4 Воздействие ударной волны на энергоемкие материлы. Инициирование горения энергоемких материалов ... 95
13.5 Возникновение поперечных, растягивающих образец напряжений под действием ударной волны ... 97
13.6 Упрощенная модель ударной волны ... 100
13.7 Сопоставление моделей колебательного и волнового движений ... 102
13.8 Физически обоснованные волновые функции $f(t)$ и $f_r(r)$ и математически абстрактные функции $f(x-ct)$ и $g(x+ct)$ ... 104
13.9 Ускорение химических реакций быстрым воздействием механических напряжений ... 105
13.10 Компоненты тензора звуковых напряжений в газе и нулевые точки ... 106
13.11 Воздействие ударной волны на окружающую среду. Сохранение энергии в ударной волне ... 106
13.12 Природа ячеистой структуры ударной волны ... 107
13.13 Ударно-волновое разрушение молекулярных структур ... 108

Глава 14. Прикладные разделы теории анизотропии сред 109
14.1 Корректировка критериев подобия с учетом перехода сплошной среды в анизотропное состояние ... 109
14.2 Уравнения состояния одно- и двумерно деформированного газа ... 110
14.3 Сохранение громкости звука голоса в разговоре ... 111
14.4 Практическое подтверждение возникновения кратковременного состояния анизотропии воздуха ... 111
14.5 Реологическая модель одноосного и объемного деформирования газа ... 115
14.6 Определение времени релаксации газа по перекрытию экраном высокочастотной составляющей компоненты поличастотного звука ... 116
14.7 Температурное поле высокочастотных волн ... 116
14.8 Иерархия составляющих времен релаксации ... 117

14.9 Описание неравновесного фазового перехода жидкость–газ ... 118
14.10 Полное уравнение Навье–Стокса движения анизотропного газа ... 119
14.11 Природа диссипации энергии звука ... 121
14.12 Примеры околоравновесных и неравновесных состояний в окружающем мире и в быту ... 122

Глава 15. Наблюдение и воспроизведение неравновесных состояний 124
15.1 Анизотропное состояние сред при чистом сдвиге ... 124
15.2 Турбулизация течения Пуазейля ... 125
15.3 Устойчивость формы вихря и смерча ... 126
15.4 Генератор монохромного звука в форме трубы с боковым отверстием ... 129
15.5 Природа кавитации и дождевых пузырьков ... 131
15.6 Ускорение потока газа соплом Лаваля ... 132
15.7 Оценочный вывод формулы скорости звука в анизотропном газе ... 134
15.8 Очищение верхних дыхательных путей быстрым выдохом ... 135

Глава 16. Изменения свойств газа при его переходе в неравновесное состояние 136
16.1 Напряженное состояние неравновесного газа. Появление звука ... 136
16.2 Решение нулевой проблемы ... 138
16.3 Диссипация энергии звуковой волны ... 139
16.4 Природа возникновения шипящих звуков ... 140
16.5 Примеры перераспределения плотности в неравновесном газе ... 140
16.6 Капиллярный эффект. Природа осмоса ... 141
16.7 Возникновение белого облака конденсата над водопадом и летательными аппаратами ... 142
16.8 Связь коэффициентов расширения и сжимаемости равновесных и неравновесных сплошных сред ... 143

Заключение 144

Приложения **147**
П1 Теплоемкость, вязкость, самодиффузия и показатель адиабаты при быстром нагружении газа 147
П2 Изменение температурного поля и свойств сред при внезапном волновом воздействии 148
П3 Энергия образования фронта ударной волны..... 149
П4 Определение времени релаксации τ_r по опытным данным 150
П4.1 Определение τ_r по кривым громкости 150
П4.2 Определение τ_r по частотной зависимости скорости звука..... 150
П4.3 Определение τ_r по возникновению шумовых помех 152
П5 Коэффициент полезного действия цикла Карно, уравнение Бойля–Мариотта для анизотропного газа 153
П6 Расширение области математически абстрактной стоячей волны функцией $f(x - ct)$ 154
П7 Использование эффекта анизотропного состояния среды летучими мышами и дельфинами в ультразвуковой дефектоскопии, диагностике, стоматологии и других разделах медицины 155
П8 Определение начальной скорости u_i бегущей звуковой волны по увеличению громкости звука движением среды..... 157
П9 Моделирование фонограмм 158
П10 Неравновесный фазовый переход газ–конденсат при быстром (ударном) сжатии. Примеры 159
П11 Трансляционная плотность газа в звуковой волне 160

Литература **161**