

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i> . . . . .	3
<i>Введение</i> . . . . .	6

### ЗАМЕДЛЕНИЕ НЕЙТРОНОВ

<b>Глава 1. Кинетическое уравнение реактора</b> . . . . .	9
§ 1. Кинетическое уравнение замедления . . . . .	9
§ 2. Граничные условия . . . . .	21
§ 3. Односкоростное кинетическое уравнение . . . . .	22
§ 4. Кинетическое уравнение для бесконечной однородной среды . . . . .	24
§ 5. Диффузионное приближение . . . . .	26
<b>Глава 2. Сопряженные уравнения</b> . . . . .	30
§ 1. Общая теория сопряженных уравнений реактора . . . . .	30
§ 2. Сопряженные уравнения реактора . . . . .	33
§ 3. Теория возмущений . . . . .	38
§ 4. Формулы теории возмущений . . . . .	40
§ 5. Сопряженные уравнения в диффузионном приближении . . . . .	42

### МЕТОД ГРУПП

<b>Глава 3. Многогрупповые кинетические уравнения реактора</b> . . . . .	44
§ 1. Основные положения . . . . .	44
§ 2. Формулы усреднения для групповых констант . . . . .	45
§ 3. Многогрупповая система основных и сопряженных уравнений реактора . . . . .	49
§ 4. Дальнейшие обобщения метода групп . . . . .	52
§ 5. Многогрупповая теория возмущений . . . . .	53
§ 6. Многогрупповые уравнения реактора в диффузионном приближении . . . . .	55

### ЭФФЕКТИВНАЯ ОДНОГРУППОВАЯ ТЕОРИЯ

<b>Глава 4. Одногрупповое кинетическое уравнение</b> . . . . .	60
§ 1. Эффективное одногрупповое кинетическое уравнение реактора . . . . .	60
§ 2. Общий метод одногруппового усреднения физических констант . . . . .	63
§ 3. Одногрупповые уравнения реактора в диффузионном приближении . . . . .	67

	Стр.
<b>Глава 5. Решение односкоростных задач теории переноса . . . . .</b>	<b>72</b>
§ 1. Формулировка задачи переноса и некоторые обозначения . . . . .	72
§ 2. Кинетическое уравнение для различных геометрий . . . . .	81
§ 3. О краевых условиях на границе бесконечного цилиндра . . . . .	88
§ 4. Интегральное уравнение Пайерлса . . . . .	91
§ 5. Нахождение элементарных решений однородных задач . . . . .	99
§ 6. Фундаментальное решение для однородной бесконечной среды . . . . .	114
§ 7. Фундаментальные решения самосопряженного уравнения . . . . .	117
§ 8. $2\ell T$ -периодические решения . . . . .	120
<b>Глава 6. Метод сферических гармоник, метод Галеркина . . . . .</b>	<b>125</b>
§ 1. Основные положения метода сферических гармоник . . . . .	125
§ 2. Плоскопараллельные и сферически симметричные системы . . . . .	127
§ 3. Бесконечные цилиндрические системы . . . . .	131
§ 4. $P_1$ -приближение. Уравнение диффузии . . . . .	137
§ 5. Выражение функционала В. С. Владимирова через сферические гармоник в тензорной форме ( $P_3$ -приближение) . . . . .	141
§ 6. Решение уравнения переноса методом сферических гармоник применительно к квадратной и шестиугольной ячейкам гетерогенного реактора . . . . .	144
§ 7. Решение уравнения переноса методом сферических гармоник применительно к ячейкам со сложной геометрией . . . . .	155
§ 8. Метод Галеркина для решения диффузионных уравнений . . . . .	157
§ 9. Метод Галеркина для решения кинетических уравнений . . . . .	166
<b>Глава 7. Конечно-разностные уравнения метода сферических гармоник . . . . .</b>	<b>173</b>
§ 1. Конечно-разностные уравнения $P_n$ -приближения для плоской геометрии . . . . .	173
§ 2. Конечно-разностные уравнения $P_n$ -приближения для сферической геометрии . . . . .	178
§ 3. Конечно-разностные уравнения метода сферических гармоник для цилиндрической геометрии . . . . .	180
§ 4. Разностные уравнения повышенной точности для уравнений типа $P_1$ -приближения и диффузии для плоской, сферической и цилиндрической геометрий . . . . .	183
§ 5. Метод факторизации . . . . .	191
§ 6. Метод факторизации для решения конечно-разностных уравнений, аппроксимирующих $P_n$ -уравнения для одномерных задач . . . . .	195
§ 7. Устойчивость метода факторизации для $P_1$ -приближения . . . . .	198
<b>Глава 8. <math>P_{NI}</math>-уравнения. . . . .</b>	<b>205</b>
§ 1. Вывод $P_{NI}$ -уравнений . . . . .	205
§ 2. $P_{II}$ -уравнения . . . . .	208
§ 3. $P_{NI}$ -уравнения . . . . .	215
§ 4. О выборе угловых направлений . . . . .	217
<b>Глава 9. Разностные аналоги кинетических уравнений . . . . .</b>	<b>220</b>
§ 1. Метод дискретных ординат . . . . .	220
§ 2. $S_n$ -метод . . . . .	222
§ 3. Устойчивые системы конечно-разностных уравнений и некоторые их свойства . . . . .	232
§ 4. Разностные схемы метода характеристик для общего случая . . . . .	242

§ 5. Построение сетки и разностная аппроксимация кинетического уравнения для цилиндрически симметричных областей (бесконечный цилиндр) . . . . .	248
§ 6. Квадратурные формулы в методе характеристик для интегральных операторов в цилиндрически симметричных геометриях . . . . .	253
§ 7. Построение сетки и разностная аппроксимация повышенной точности кинетического уравнения для плоского слоя . . . . .	259
§ 8. Разностные схемы метода характеристик для самосопряженного уравнения (плоский слой) . . . . .	262
§ 9. Нахождение общего решения разностных уравнений для плоского слоя . . . . .	264
§ 10. Исследование самосопряженных систем разностных уравнений . . . . .	267
§ 11. Оценка погрешности метода сеток для плоской периодической задачи . . . . .	271

## Глава 10. Итерационные методы решения операторных уравнений 277

§ 1. Принцип сжатых отображений . . . . .	277
§ 2. Некоторые сведения из теории банаховых алгебр ограниченных операторов . . . . .	280
§ 3. Метод последовательных приближений для линейных уравнений второго рода . . . . .	288
§ 4. Итерационные методы решения линейных уравнений 1-го рода . . . . .	291
§ 5. О существовании итерационных методов для решения линейных уравнений 1-го рода . . . . .	294
§ 6. Итерационные методы решения. $KP$ -метод . . . . .	299
§ 7. Вариационные методы . . . . .	303
§ 8. Вариационные методы с квадратичным функционалом . . . . .	307
§ 9. Построение одного класса операций $P$ в $KP$ -методе . . . . .	310
§ 10. Два способа построения операции $P_2$ в $KP_1P_2$ -методе . . . . .	317
§ 11. Задачи на собственные значения . . . . .	319
§ 12. Многошаговые итерационные процессы . . . . .	322
§ 13. Метод расщепления оператора . . . . .	330
§ 14. О принципах, положенных в основу обзора методов построения итерационных процессов . . . . .	339
§ 15. Стационарные итерационные методы . . . . .	343
§ 16. Обобщенные методы Якоби . . . . .	346
§ 17. Метод Л. А. Люстерника . . . . .	351
§ 18. $\delta^2$ -Процесс Эйткина . . . . .	353
§ 19. Чебышевские циклические итерационные методы . . . . .	354
§ 20. Чебышевский полуитерационный метод, использующий методы суммирования рядов . . . . .	361
§ 21. Трехчленные итерационные методы . . . . .	364
§ 22. Итерационные методы, основанные на теории возмущений оператора . . . . .	372
§ 23. Метод последовательного приближения обратного оператора . . . . .	374
§ 24. Итерационные методы, основанные на аппроксимации нестационарных задач . . . . .	375
§ 25. Случайные итерационные процессы . . . . .	380
§ 26. Итерационные схемы с балансными множителями . . . . .	382
§ 27. Нелинейный итерационный метод . . . . .	383
§ 28. Методы наискорейшего спуска . . . . .	384
§ 29. Негradientные методы спуска . . . . .	386
§ 30. Gradientные методы с неполной релаксацией . . . . .	387
§ 31. Итерационный метод двусторонних приближений . . . . .	388

	Стр.
Глава 11. Итерационные методы решения задач переноса . . . . .	391
§ 1. Специфика итерационных методов для задач переноса. Метод простой итерации . . . . .	391
§ 2. Метод Л. А. Люстерника . . . . .	394
§ 3. Метод оценки итерационных отклонений . . . . .	396
§ 4. Итерационные схемы с балансными множителями и мультипликативными поправками . . . . .	400
§ 5. Квазидиффузионный метод . . . . .	404
§ 6. $KP_1$ -метод . . . . .	412
§ 7. Сходимость $KP_1(n)$ -метода . . . . .	414
§ 8. Циклический $KP_1(0)$ -метод . . . . .	416
§ 9. $KP_1(n)$ -метод для периодической задачи . . . . .	417
§ 10. Выбор параметров операции $P$ и оценка $\ \Phi\ $ . . . . .	419
§ 11. $KP_1(n)P_2(0)$ -метод . . . . .	423
§ 12. $K^2P$ -метод . . . . .	424
§ 13. $(K^2P_1(1))^m KP_2(n)$ -метод . . . . .	426
§ 14. Факторизованные операции $P$ . . . . .	428
§ 15. Циклический $KP_1(1)$ -метод . . . . .	429
§ 16. Определение оптимальных коэффициентов в циклическом $KP_1(1)$ -методе . . . . .	433
§ 17. Циклические $K^2P_1(1)$ - и $KP_1(2)$ -методы . . . . .	435
§ 18. Сходимость $KP_1(n)$ -метода для всего пространства . . . . .	437
§ 19. Исследование $KP_1$ -метода для задач с не четной индикатрисой рассеяния . . . . .	440
§ 20. $KP_1(n)$ -метод для конечно-разностных аналогов плоской периодической задачи . . . . .	444
§ 21. $KP_1(1)$ -метод для задач с цилиндрической симметрией (бесконечный цилиндр) . . . . .	448
§ 22. Уравнения $KP_1(2)$ -метода для задач в плоской геометрии и с не четной индикатрисой рассеяния . . . . .	454
§ 23. Решение кинетического уравнения методом расщепления . . . . .	456
§ 24. О некоторых монотонных схемах расщепления . . . . .	465
§ 25. Многошаговые итерационные процессы, основанные на методе простой итерации . . . . .	470
§ 26. Метод расщепления для решения системы сферических гармоник . . . . .	475
Литература . . . . .	479

Марчук Гурий Иванович      Лебедев Вячеслав Иванович

#### ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В ТЕОРИИ ПЕРЕНОСА НЕЙТРОНОВ

Редактор В. А. Кузьмичева    Художественный редактор А. С. Александров  
Переплет художника Н. В. Носова    Технический редактор С. А. Бирюкова  
Корректоры Е. П. Пьянкова, Н. А. Смирнова

Сдано в набор 11/XI 1970 г. Подписано к печати 21/VII 1971 г. Т-12039  
Формат 60×90/16. Бумага типографская № 1 Усл. печ. л. 31,0 Уч.-изд. л. 28,97

Тираж 2 000 экз. Цена 3 р. 14 к. Зак. изд. 69075. Зак. тип. 1522

Атомиздат, Москва, К-31, ул. Жданова, 5/7

Московская типография №4 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
Б. Переяславская, 46