

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ	
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ	
Введение	6
Глава 1	
Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	8
§ 1.1. Метод Гаусса	9
§ 1.2. Нормы векторов и матриц	11
§ 1.3. Погрешность вычислений и обусловленность матриц	13
§ 1.4. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	16
§ 1.5. Метод простой итерации	17
Документ 1.1. Решение СЛАУ методом простой итерации	18
§ 1.6. Метод Гаусса–Зейделя	19
Задания к главе 1	20
Глава 2	
Решение нелинейных уравнений и систем	21
§ 2.1. Метод простой итерации	21
Документ 2.1. Решение системы нелинейных уравнений методом простой итерации	25
§ 2.2. Метод Ньютона	25
Документ 2.2. Решение системы уравнений методом Ньютона	28
Задания к главе 2	30
Глава 3	
Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений	32
§ 3.1. Формулировка теоремы о существовании и единственности решения обыкновенных дифференциальных уравнений	33
§ 3.2. Решение задачи Коши	33
Документ 3.1. Метод Пикара	34

§ 3.3. Метод Эйлера	35
Документ 3.2. Метод Эйлера	36
§ 3.4. Схемы типа Рунге–Кутта	37
Документ 3.3. Метод Эйлера–Коши	38
Документ 3.4. Метод Рунге–Кутта	39
§ 3.5. Правило Рунге для определения погрешности интегрирования	39
§ 3.6. Понятие об устойчивости разностных схем	40
Задания к главе 3	42
Г л а в а 4	
Уравнения в частных производных	44
§ 4.1. Типы уравнений и их конечно-разностная аппроксимация	45
§ 4.2. Гиперболическое уравнение	46
Документ 4.1. Решение волнового уравнения	49
§ 4.3. Параболическое уравнение	50
Документ 4.2. Решение уравнения теплопроводности явным методом	51
Документ 4.3. Решение уравнения теплопроводности неявным методом	53
Документ 4.4. Метод прогонки для уравнения теплопроводности	56
§ 4.4. Эллиптическое уравнение	57
Документ 4.5. Решение уравнения Лапласа	59
Задания к главе 4	60
Г л а в а 5	
Оптимизация функций без ограничений	63
§ 5.1. Необходимые и достаточные условия безусловного оптимума	63
§ 5.2. Классификация методов оптимизации	65
§ 5.3. Методы нулевого порядка	67
Документ 5.1. Метод золотого сечения	67
§ 5.4. Метод покоординатного спуска (метод Гаусса–Зейделя)	68
Документ 5.2. Метод покоординатного спуска	69
§ 5.5. Методы первого порядка	70
Документ 5.3. Градиентный метод без дробления шага	70
Документ 5.4. Градиентный метод с дроблением шага	71
§ 5.6. Метод наискорейшего спуска	72
Документ 5.5. Метод наискорейшего спуска	73
§ 5.7. Метод Ньютона	75
Документ 5.6. Метод Ньютона	76
Задания к главе 5	78
Г л а в а 6	
Оптимизация функций при наличии ограничений	80
§ 6.1. Необходимые условия оптимальности	80
Документ 6.1. Метод множителей Лагранжа	81
Документ 6.2. Метод исключения переменных	83
Документ 6.3. Решение задачи с неактивным ограничением	85
§ 6.2. Задачи линейного программирования	85
Документ 6.4. Задача об оптимальном составе смеси	89
6.2.1. Задача об оптимальной производственной программе	90
Документ 6.5. Задача об оптимальной производственной программе	91

6.2.2. Двойственная задача линейного программирования	92
Документ 6.6. Двойственная задача линейного	
программирования	94
6.2.3. Транспортная задача	94
Документ 6.7. Задача об оптимальной	
транспортной программе	99
§ 6.3. Задачи динамического программирования	101
Документ 6.8. Задача об оптимальном распределении	
ресурсов методом динамического	
программирования	106
§ 6.4. Комбинаторные задачи. Задача коммивояжера	108
Документ 6.9. Метод ветвей и границ	
в задаче коммивояжера	115
Задания к главе 6	117
Заключение	119

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Введение	122
Глава 7	
Статические модели	125
§ 7.1. Ошибки моделирования	125
§ 7.2. Построение модели по экспериментальным данным.	
Задача интерполяции	126
Документ 7.1. Задача интерполяции	128
Документ 7.2. Задача интерполяции	
с большим числом узлов	129
§ 7.3. Сплайн-интерполяция	129
Документ 7.3. Задача сплайн-интерполяции	130
Документ 7.4. Задача сплайн-интерполяции	
с большим числом узлов	131
§ 7.4. Аппроксимация функций	131
Документ 7.5. Аппроксимация и интерполяция	
в задаче с помехами	132
Документ 7.6. Аппроксимация полиномиальной функцией . . .	136
Документ 7.7. Определение модели, линейной	
по параметрам	138
Документ 7.8. Определение параметров	
модели Кобба–Дугласа	139
§ 7.5. Адекватность математической модели	140
Документ 7.9. Проверка адекватности по критерию Фишера .	141
§ 7.6. Планирование эксперимента	143
§ 7.7. Полный факторный эксперимент	146
§ 7.8. D-оптимальные планы	148
Документ 7.10. Определение D-оптимального плана	150
Задания к главе 7	152
Глава 8	
Динамические модели	154
§ 8.1. Линеаризация в окрестности рабочего режима	154
Документ 8.1. Интегрирование уравнений движения КА	157
Документ 8.2. Уравнения движения КА	
в полярных координатах	158

<i>Документ 8.3.</i> Линеаризация уравнений движения	161
§ 8.2. Формула Коши. Свободное и вынужденное движение	165
<i>Документ 8.4.</i> Определение матрицы перехода при помощи ряда Тейлора	167
<i>Документ 8.5.</i> Определение матрицы перехода численным интегрированием	168
§ 8.3. Определение матрицы перехода	169
<i>Документ 8.6.</i> Определение матрицы перехода в символьном виде	171
Задания к главе 8	175
 Г л а в а 9	
Идентификация параметров динамических систем	177
§ 9.1. Условия идентифицируемости	177
<i>Документ 9.1.</i> Идентификация элементов матрицы перехода	178
§ 9.2. Определение параметров линейной системы во временной области	179
<i>Документ 9.2.</i> Определение импульсной переходной функции	181
<i>Документ 9.3.</i> Проверка решения по интегралу свертки при другом управлении $u(t)$	182
§ 9.3. Идентификация в пространстве преобразований	182
<i>Документ 9.4.</i> Идентификация в частотной области	183
<i>Документ 9.5.</i> Проверка с другим воздействием	184
§ 9.4. Параметрическая идентификация	185
<i>Документ 9.6.</i> Определение параметров системы	185
<i>Документ 9.7.</i> Сравнение модели с новыми параметрами с экспериментом	187
<i>Документ 9.8.</i> Исходные данные в задаче определения параметров	188
Задания к главе 9	191
 Г л а в а 10	
Системы массового обслуживания	194
§ 10.1. Модели потоков событий	195
§ 10.2. Понятие о марковских процессах	198
<i>Документ 10.1.</i> Имитационное моделирование случайного процесса	200
§ 10.3. Уравнения Колмогорова	201
<i>Документ 10.2.</i> Интегрирование уравнений Колмогорова	203
<i>Документ 10.3.</i> Интегрирование уравнений Колмогорова с интенсивностями перехода	203
§ 10.4. Одноканальная система массового обслуживания с отказами	204
<i>Документ 10.4.</i> Одноканальная СМО с отказами	205
§ 10.5. Многоканальная система массового обслуживания с отказами	205
<i>Документ 10.5.</i> Многоканальная СМО с отказами	206
§ 10.6. Многоканальная система массового обслуживания с очередью	207
<i>Документ 10.6.</i> Многоканальная СМО с очередью	209
<i>Документ 10.7.</i> Расчет основных характеристик СМО	209
Задания к главе 10	210

Глава 11	
Матричные игры и анализ конфликтных ситуаций	212
§ 11.1. Задача о дуэли	213
Документ 11.1. Решение задачи о дуэли	214
§ 11.2. Пример игры	215
§ 11.3. Пример принятия решения в условиях неопределенности	216
§ 11.4. Чистые и смешанные стратегии	218
Документ 11.2. Нижняя и верхняя цены игры	220
§ 11.5. S-игра и доминирующие стратегии	221
§ 11.6. Решение игр	224
Документ 11.3. Удаление доминирующих стратегий	226
Документ 11.4. Решение игры	228
§ 11.7. Поведение двух конкурентов на рынке	228
Документ 11.5. Пример функций цен и издержек	228
Документ 11.6. Решение игры для первого игрока	229
Документ 11.7. Максимизация функции прибыли	230
Задания к главе 11	231
Заключение	232

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Введение	236
Глава 12	
Постановка задачи управления	237
§ 12.1. Уравнения движения	239
Документ 12.1. Интегрирование уравнений движения	241
Документ 12.2. Динамика несвязанных секторов экономики	242
Документ 12.3. Интегрирование уравнений движения КА	244
§ 12.2. Критерии оптимальности	244
§ 12.3. Ограничения	246
§ 12.4. Пример постановки задачи	248
Задания к главе 12	250
Глава 13	
Управляемость и наблюдаемость линейных обыкновенных дифференциальных уравнений	252
§ 13.1. Терминальная задача управления с линейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений.	
Вполне управляемая система	252
Документ 13.1. Проверка линейной системы на управляемость	256
§ 13.2. Условия наблюдаемости	256
Документ 13.2. Проверка линейной системы на наблюдаемость	260
§ 13.3. Принцип двойственности в линейных системах	261
Задания к главе 13	262
Глава 14	
Классическое вариационное исчисление	264
§ 14.1. Вариация функционала	265
§ 14.2. Уравнение Эйлера	266
§ 14.3. Вариационные задачи на условный экстремум	268

<i>Документ 14.1.</i> Решение краевой задачи как системы нелинейных уравнений	272
§ 14.4. Каноническая форма уравнений Эйлера. Гамильтониан и сопряженные переменные	273
<i>Документ 14.2.</i> Решение краевой задачи с помощью подпрограммы <i>sbval</i>	278
§ 14.5. Формула полной вариации функционала	279
§ 14.6. Условия трансверсальности	281
<i>Документ 14.3.</i> Решение задачи управления с условиями трансверсальности	283
<i>Документ 14.4.</i> Характеристики оптимального управления при $T = 3$	284
<i>Документ 14.5.</i> Решение задачи управления с помощью программы <i>sbval</i>	286
Задания к главе 14	288
 <i>Глава 15</i>	
Принцип максимума	290
§ 15.1. Формулировка принципа максимума Понтрягина	290
§ 15.2. Принцип максимума в терминальной задаче. Краевая двухточечная задача	292
§ 15.3. Различные постановки задач в принципе максимума	293
<i>Документ 15.1.</i> Решение задачи быстродействия	297
Задания к главе 15	299
 <i>Глава 16</i>	
Динамическое программирование	302
§ 16.1. Дискретный принцип Беллмана	303
<i>Документ 16.1.</i> Решение задачи динамического программирования	304
§ 16.2. Динамическое программирование в непрерывном случае	306
Задания к главе 16	310
 <i>Глава 17</i>	
Линейные управляемые системы	311
§ 17.1. Задача о регуляторе состояния	311
§ 17.2. Задача о регуляторе выхода	314
<i>Документ 17.1.</i> Синтез регулятора состояния	316
§ 17.3. Метод моментов в управлении линейными системами	319
<i>Документ 17.2.</i> Метод моментов	324
Задания к главе 17	326
Заключение	328
 <i>Приложение</i>	
Основы работы в системе МАТНСАД	332
Библиографический список	341