

# Краткое содержание

<b>Введение</b> .....	35
<b>Благодарности и адреса для связи</b> .....	40
<b>Урок 1. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С MATLAB</b> .....	41
<b>Урок 2. ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ</b> .....	91
<b>Урок 3. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ</b> .....	151
<b>Урок 4. ОПЕРАЦИИ С ВЕКТОРАМИ И МАТРИЦАМИ</b> .....	193
<b>Урок 5. ТИПЫ ДАННЫХ – МАССИВЫ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА</b> .....	233
<b>Урок 6. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБЫЧНОЙ ГРАФИКИ</b> .....	277
<b>Урок 7. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ГРАФИКИ</b> .....	341

---

<b>Урок 8. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ .....</b>	<b>383</b>
<b>Урок 9. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ .....</b>	<b>441</b>
<b>Урок 10. РАБОТА СО СТРОКАМИ, ФАЙЛАМИ И ЗВУКАМИ .....</b>	<b>493</b>
<b>Урок 11. ТИПОВЫЕ СРЕДСТВА ПРОГРАММИРОВАНИЯ .....</b>	<b>531</b>
<b>Урок 12. ВИЗУАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ GUI .....</b>	<b>591</b>
<b>Урок 13. ОБЗОР РАСШИРЕНИЙ MATLAB .....</b>	<b>659</b>
<b>Урок 14. СТЫКОВКА MATLAB С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ .....</b>	<b>717</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>743</b>
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>747</b>

# Содержание

<b>Введение</b> .....	35
<b>Благодарности и адреса для связи</b> .....	40
<b>Урок 1. Первое знакомство с MATLAB</b> .....	41
1.1. Назначение и особенности системы MATLAB ...	42
1.1.1. Начальные сведения о матрицах .....	42
1.1.2. Назначение матричной системы MATLAB .....	43
1.1.3. Системные требования к установке .....	44
1.1.4. Инсталляция системы MATLAB 7 + Simulink 6 .....	45
1.1.5. Файловая система MATLAB .....	45
1.2. Начало работы с MATLAB .....	46
1.2.1. Запуск MATLAB и работа в режиме диалога .....	46
1.2.2. Понятие о сессии работы с системой MATLAB .....	47
1.2.3. Новый и старый облики системы MATLAB .....	48
1.2.4. Операции строчного редактирования .....	49
1.2.5. Команды управления окном .....	49
1.3. Простые вычисления в MATLAB .....	50
1.3.1. MATLAB в роли мощного научного калькулятора .....	50
1.3.2. Форма вывода и перенос строки в сессии .....	53
1.3.3. Запуск примеров применения MATLAB из командной строки .....	54
1.4. Основные объекты MATLAB .....	55

---

1.4.1. Понятие о математическом выражении .....	55
1.4.2. Действительные и комплексные числа .....	55
1.4.3. Форматы чисел .....	56
1.4.4. Константы и системные переменные .....	57
1.4.5. Текстовые комментарии в программах .....	58
1.4.6. Переменные и присваивание им значений .....	58
1.4.7. Уничтожение определений переменных .....	59
1.4.8. Операторы и встроенные функции MATLAB .....	60
1.4.9. Применение оператора : (двоеточие) .....	62
1.4.10. Функции пользователя .....	63
1.4.11. Сообщения об ошибках и исправление ошибок .....	64
1.5. Формирование векторов и матриц .....	66
1.5.1. Задания векторов и матриц и доступ к их элементам .....	66
1.5.2. Задание векторов и матриц с комплексными элементами .....	67
1.5.3. Понятие о матричных операциях и магические матрицы .....	68
1.5.4. Конкатенация (объединение) матриц .....	69
1.5.5. Удаление столбцов и строк матриц .....	70
1.6. Операции с рабочей областью, текстом сессии и редактором m-файлов .....	70
1.6.1. Дефрагментация рабочей области .....	70
1.6.2. Сохранение рабочей области сессии .....	71
1.6.3. Ведение дневника .....	71
1.6.4. Загрузка рабочей области сессии .....	72
1.6.5. Работа с редактором m-файлов .....	73

---

1.6.6. Завершение вычислений и работы с системой .....	73
<b>1.7. Интерактивная справка из командной строки .....</b>	<b>74</b>
1.7.1. Вызов списка разделов интерактивной справки .....	74
1.7.2. Справка по конкретному объекту .....	75
1.7.3. Справка по группе объектов .....	76
1.7.4. Справка по ключевому слову .....	77
1.7.5. Дополнительные справочные команды .....	77
<b>1.8. Работа с демонстрационными примерами с командной строки .....</b>	<b>78</b>
1.8.1. Вызов списка демонстрационных примеров .....	78
1.8.2. Пример – вывод изображения поверхности .....	79
1.8.3. Что больше – $e^{\pi i}$ или $\pi i^e$ ? .....	80
1.8.4. Встроенные фигуры .....	81
1.8.5. Просмотр текстов примеров и m-файлов .....	81
<b>1.9. Знакомство с двумерной графикой MATLAB .....</b>	<b>82</b>
1.9.1. Особенности двумерной графики MATLAB .....	82
1.9.2. Графики функций одной переменной .....	83
1.9.3. Графики ряда функций .....	84
1.9.4. Графическая функция fplot .....	85
<b>1.10. Знакомство с трехмерной графикой MATLAB .....</b>	<b>86</b>
1.10.1. Построение трехмерных графиков .....	86
1.10.2. Вращение графиков мышью .....	87
1.10.3. Контекстное меню графиков .....	88

---

<b>Урок 2. Знакомство с интерфейсом пользователя .....</b>	<b>91</b>
2.1. Интерфейс основного окна MATLAB .....	92
2.1.1. Средства панели инструментов .....	92
2.1.2. Браузер рабочей области .....	93
2.1.3. Команды просмотра рабочей области who и whos .....	95
2.1.4. Браузер файловой структуры .....	96
2.2. Работа с меню .....	96
2.2.1. Команды, операции и параметры .....	96
2.2.2. Меню системы MATLAB .....	97
2.2.3. Меню File .....	97
2.2.4. Установка путей доступа файловой системы .....	98
2.2.5. Настройка элементов интерфейса .....	99
2.2.6. Меню Edit – средства редактирования документов .....	99
2.2.7. Интерфейс по умолчанию .....	100
2.3. Основы редактирования и отладки m-файлов ...	100
2.3.1. Интерфейс редактора/отладчика m-файлов .....	100
2.3.2. Цветовые выделения и синтаксический контроль ..	102
2.3.3. Понятие о файлах-сценариях и файлах-функциях ..	102
2.3.4. Панель инструментов редактора и отладчика .....	103
2.4. Новинки графического интерфейса MATLAB .....	104
2.4.1. Новая позиция меню Graphics .....	104
2.4.2. Работа с окном 2D-графики MATLAB .....	104
2.4.3. Работа с редактором графики MATLAB .....	105
2.4.4. Построение графиков из их каталога .....	108

---

2.4.5. Некоторые другие особенности применения редактора графики .....	111
2.4.6. Новый вид окна MATLAB .....	114
<b>2.5. Интерфейс графических окон .....</b>	<b>115</b>
2.5.1. Обзор интерфейсов графических окон .....	115
2.5.2. Панель инструментов камеры обзора .....	117
2.5.3. Меню инструментов Tools .....	117
2.5.4. Вращение графиков мышью .....	117
2.5.5. Операции вставки .....	118
<b>2.6. Основы форматирования графиков .....</b>	<b>118</b>
2.6.1. Форматирование двумерных графиков .....	118
2.6.2. Форматирование линий графиков .....	118
2.6.3. Работа с инструментом Plot Tool .....	120
2.6.4. Работа с редактором графики MATLAB .....	120
2.6.5. Форматирование линий графиков и маркеров опорных точек .....	121
2.6.6. Форматирование линий и маркеров для графика нескольких функций .....	123
2.6.7. Форматирование осей графиков .....	124
2.6.8. Позиция Tools меню окна графики .....	124
2.6.9. Нанесение надписей и стрелок прямо на график ...	125
2.6.10. Применение графической «лупы» .....	126
2.6.11. Построение легенды и шкалы цветов на графике ...	127
2.6.12. Работа с камерой 3D-графики .....	128
<b>2.7. Работа с Мастером импорта данных .....</b>	<b>130</b>
2.7.1. Открытие окна Мастера импорта данных .....	130
2.7.2. Информация об импортируемых бинарных данных .....	132

2.7.3. Импорт данных mat-формата .....	133
2.7.4. Импорт данных текстового формата .....	133
2.7.5. Об экспорте данных .....	135
<b>2.8. Работа со справкой и демонстрационными примерами .....</b>	<b>135</b>
2.8.1. Запуск справочной системы Help Desk .....	136
2.8.2. Справка по функциям и полнотекстовый обзор .....	137
2.8.3. Работа с демонстрационными примерами .....	139
<b>2.9. Интерфейс и новые возможности MATLAB R2007 .....</b>	<b>140</b>
2.9.1. Интерфейс MATLAB R2007a по умолчанию .....	140
2.9.2. Упрощенный интерфейс MATLAB R2007a .....	141
2.9.3. Редактор/отладчик программ и файлов MATLAB R2007a .....	143
2.9.4. Справка MATLAB R2007a .....	144
2.9.5. Новые возможности MATLAB R2007a,b .....	144
2.9.6. Интерфейс и справка MATLAB R2007b .....	145
2.9.7. Общая настройка MATLAB R2007b .....	146
2.9.8. Производительность реализаций MATLAB R2007a,b .....	148

## **Урок 3. Программные средства**

### **математических вычислений .....**

<b>3.1. Вычислительные и логические операции .....</b>	<b>152</b>
3.1.1. Арифметические матричные операторы и функции ...	152
3.1.2. Операции отношения .....	153
3.1.3. Логические операции и операторы .....	155



---

3.2. Специальные символы .....	156
3.2.1. Специальные символы .....	156
3.2.2. Системные переменные и константы .....	159
3.3. Работа со специальными данными .....	161
3.3.1. Поразрядная обработка данных .....	161
3.3.2. Обработка множеств .....	162
3.3.3. Работа с функциями времени и даты .....	165
3.4. Встроенные элементарные функции .....	168
3.4.1. Алгебраические и арифметические функции .....	168
3.4.2. Тригонометрические и обратные тригонометрические функции .....	173
3.4.3. Вычисление гиперболических и обратных гиперболических функций .....	177
3.5. Числовые функции .....	180
3.5.1. Округление и смена знака чисел .....	180
3.5.2. Операции с комплексными числами .....	181
3.6. Специальные математические функции .....	182
3.6.1. Функции Эйри .....	182
3.6.2. Функции Бесселя .....	183
3.6.3. Бета-функция и ее варианты .....	186
3.6.4. Эллиптические функции и интегралы .....	187
3.6.5. Функции ошибки .....	188
3.6.6. Интегральная показательная функция .....	189
3.6.7. Гамма-функция и ее варианты .....	189
3.6.8. Ортогональные полиномы Лежандра .....	190
3.6.9. Полигамма-функция $\psi$ .....	191

---

<b>Урок 4. Операции с векторами и матрицами</b> .....	193
4.1. Создание матриц с заданными свойствами ....	194
4.1.1. Создание единичной матрицы .....	194
4.1.2. Создание матрицы с единичными элементами .....	194
4.1.3. Создание матрицы с нулевыми элементами .....	195
4.1.4. Создание линейного массива равноотстоящих точек .....	195
4.1.5. Создание вектора равноотстоящих в логарифмическом масштабе точек .....	196
4.1.6. Создание массивов со случайными элементами ...	196
4.1.7. Создание массивов с логическими значениями элементов .....	198
4.2. Операции с матрицами .....	199
4.2.1. Конкатенация матриц .....	199
4.2.2. Создание матриц с заданной диагональю .....	200
4.2.3. Перестановки элементов матриц .....	201
4.2.4. Вычисление произведений .....	201
4.2.5. Суммирование элементов массивов .....	203
4.2.6. Функции формирования матриц .....	204
4.2.7. Поворот матриц .....	205
4.2.8. Выделение треугольных частей матриц .....	205
4.2.9. Операции с пустыми матрицами .....	206
4.3. Создание и вычисление специальных матриц .....	207
4.3.1. Сопровождающие матрицы .....	207
4.3.2. Тестовые матрицы .....	207

---

4.3.3. Матрицы Адамара .....	208
4.3.4. Матрицы Ганкеля .....	208
4.3.5. Матрицы Гильберта .....	209
4.3.6. Матрицы магического квадрата .....	210
4.3.7. Матрицы Паскаля .....	210
4.3.8. Матрицы Россера .....	211
4.3.9. Матрицы Теплица .....	212
4.3.10. Матрица Вандермонда .....	212
4.3.11. Матрицы Уилкинсона .....	213
<b>4.4. Матричные операции линейной алгебры .....</b>	<b>213</b>
4.4.1. Матричные функции .....	213
4.4.2. Вычисление нормы и чисел обусловленности матрицы .....	215
4.4.3. Определитель и ранг матрицы .....	217
4.4.4. Определение нормы вектора .....	217
4.4.5. Определение ортонормированного базиса матрицы .....	218
4.4.6. Функции приведения матрицы к треугольной форме .....	219
4.4.7. Определение угла между двумя подпространствами .....	219
4.4.8. Вычисление следа матрицы .....	220
4.4.9. Разложение Холецкого .....	220
4.4.10. Обращение матриц – функции $\text{inv}$ , $\text{pinv}$ .....	221
4.4.11. LU- и QR-разложение .....	222
4.4.12. Вычисление собственных значений и сингулярных чисел .....	225
4.4.13. Приведение матриц к форме Шура и Хессенберга .....	227

4.5. О скорости выполнения матричных операций ...	231
4.5.1. О повышении скорости вычислений в старых версиях MATLAB .....	231
4.5.2. Ситуация со скоростью вычислений в MATLAB 7.* ...	231

## **Урок 5. Типы данных – массивы**

<b>специального вида .....</b>	<b>233</b>
5.1. Разреженные матрицы .....	234
5.1.1. Роль и назначение разреженных матриц .....	234
5.1.2. Элементарные разреженные матрицы .....	234
5.1.3. Преобразование разреженных матриц .....	237
5.1.4. Работа с ненулевыми элементами разреженных матриц .....	240
5.1.5. Функция sru визуализации разреженных матриц ..	241
5.1.6. Алгоритмы упорядочения .....	242
5.2. Применение разреженных матриц .....	245
5.2.1. Смежные матрицы и графы .....	245
5.2.2. Пример построения фигуры bisku .....	246
5.2.3. Оцифровка узлов графа .....	246
5.2.4. Применение разреженных матриц в аэродинамике .....	247
5.2.5. Визуализация разреженных матриц, возведенных в степень .....	249
5.2.6. Демонстрационные примеры на визуализацию разреженных матриц .....	250
5.3. Функции разреженных матриц .....	250
5.3.1. Норма, число обусловленности и ранг разреженной матрицы .....	250

---

5.3.2. Функции разложения Холецкого для разреженных матриц .....	252
5.3.3. LU-разложение разреженных матриц .....	253
5.3.4. Собственные значения и сингулярные числа разреженных матриц .....	255
<b>5.4. Многомерные массивы .....</b>	<b>255</b>
5.4.1. Понятие о многомерных массивах .....	255
5.4.2. Применение оператора : в многомерных массивах ....	257
5.4.3. Удаление размерности у многомерного массива ....	258
5.4.4. Доступ к отдельному элементу многомерного массива .....	258
5.4.5. Создание страниц, заполненных константами и случайными числами .....	259
5.4.6. Функции ones, zeros, rand и randn .....	259
5.4.7. Объединение многомерных массивов .....	260
5.4.8. Функция преобразования размеров многомерного массива reshape .....	261
<b>5.5. Работа с размерностями массивов .....</b>	<b>262</b>
5.5.1. Вычисление числа размерностей массива .....	262
5.5.2. Перестановки размерностей массивов .....	262
5.5.3. Сдвиг размерностей массивов .....	263
5.5.4. Удаление единичных размерностей .....	264
<b>5.6. Тип данных – структуры .....</b>	<b>264</b>
5.6.1. Структура записей .....	264
5.6.2. Создание структур и доступ к их компонентам .....	265
5.6.3. Функция создания структур .....	266
5.6.4. Проверка имен полей и структур .....	266
<b>5.7. Функции полей структур .....</b>	<b>267</b>

5.7.1. Функция возврата имен полей .....	267
5.7.2. Функция возврата содержимого полей структуры ...	267
5.7.3. Функция присваивания значений полям .....	268
5.7.4. Удаление полей .....	268
5.7.5. Применение массивов структур .....	268
<b>5.8. Массивы ячеек .....</b>	<b>269</b>
5.8.1. Создание массивов ячеек .....	269
5.8.2. Создание ячеек с помощью функции cell .....	270
5.8.3. Визуализация массивов ячеек .....	271
5.8.4. Создание массива символьных ячеек из массива строк .....	271
5.8.5. Присваивание с помощью функции deal .....	272
5.8.6. Тестирование имен массивов ячеек .....	273
5.8.7. Функции преобразования типов данных .....	273
<b>5.9. Многомерные массивы ячеек .....</b>	<b>274</b>
5.9.1. Создание многомерных массивов ячеек .....	274
5.9.2. Вложенные массивы ячеек .....	275

## **Урок 6. Программные средства**

### **обычной графики .....**

<b>6.1. Графики функций и данных .....</b>	<b>278</b>
6.1.1. Построение графиков отрезками прямых .....	278
6.1.2. Графики в логарифмическом масштабе .....	282
6.1.3. Графики в полулогарифмическом масштабе .....	283
6.1.4. Столбцовые диаграммы .....	284
6.1.5. Гистограммы .....	285

---

6.1.6. Лестничные графики .....	286
6.1.7. Графики с зонами погрешности .....	287
6.1.8. Графики дискретных отсчетов функции .....	288
<b>6.2. Визуализация в полярной системе координат .....</b>	<b>289</b>
6.2.1. Графики в полярной системе координат .....	289
6.2.2. Угловые гистограммы .....	290
<b>6.3. Визуализация векторов .....</b>	<b>291</b>
6.3.1. Графики векторов .....	291
6.3.2. График проекций векторов на плоскость .....	292
<b>6.4. Основы трехмерной графики .....</b>	<b>293</b>
6.4.1. Контурные графики .....	293
6.4.2. Создание массивов данных для трехмерной графики .....	294
6.4.3. Графики поля градиентов .....	296
6.4.4. Графики поверхностей .....	297
6.4.5. Сетчатые 3D-графики с окраской .....	298
6.4.6. Сетчатые 3D-графики с проекциями .....	301
6.4.7. Построение поверхности столбцами .....	301
<b>6.5. Улучшенные средства визуализации 3D-графики .....</b>	<b>302</b>
6.5.1. Построение поверхности с окраской .....	302
6.5.2. Построение поверхности и ее проекции .....	305
6.5.3. Построение освещенной поверхности .....	306
6.5.4. Средства управления подсветкой и обзором фигур .....	307

---

6.5.5. Построение графиков функций трех переменных ..	308
6.5.6. График трехмерной слоеной поверхности .....	310
6.5.7. Трехмерные контурные графики .....	310
<b>6.6. Текстовое оформление графиков .....</b>	<b>312</b>
6.6.1. Установка титульной надписи .....	312
6.6.2. Установка осевых надписей .....	312
6.6.3. Ввод текста в любое место графика .....	312
6.6.4. Позиционирование текста с помощью мыши .....	315
<b>6.7. Форматирование графиков .....</b>	<b>316</b>
6.7.1. Вывод пояснений и легенды .....	316
6.7.2. Маркировка линий уровня на контурных графиках...	319
6.7.3. Управление свойствами осей графиков .....	319
6.7.4. Включение и выключение сетки .....	321
6.7.5. Наложение графиков друг на друга .....	322
6.7.6. Разбиение графического окна .....	324
6.7.7. Изменение масштаба графика .....	324
<b>6.8. Цветовая окраска графиков .....</b>	<b>327</b>
6.8.1. Установка палитры цветов .....	327
6.8.2. Установка соответствия между палитрой цветов и масштабom осей .....	328
6.8.3. Окраска поверхностей .....	328
6.8.4. Установка палитры псевдоцветов .....	329
6.8.5. Создание закрашенного многоугольника .....	330
6.8.6. Окраска плоских многоугольников .....	331
6.8.7. Вывод шкалы цветов .....	332
6.8.8. Цветные плоские круговые диаграммы .....	333



---

6.8.9. Окрашенные многоугольники в пространстве .....	334
6.8.10. Цветные объемные круговые диаграммы .....	335
6.8.11. Другие команды управления световыми эффектами .....	335
6.9. Другие возможности графики .....	336
6.9.1. Построение цилиндра .....	336
6.9.2. Построение сферы .....	337
6.9.3. 3D-графика с треугольными плоскостями .....	338

## **Урок 7. Программные средства**

### **специальной графики .....**

7.1. Анимационная графика .....	342
7.1.1. Движение точки на плоскости .....	342
7.1.2. Движение точки в пространстве .....	342
7.1.3. Основные средства анимации .....	344
7.1.4. Вращение фигуры – логотипа MATLAB .....	344
7.1.5. Волновые колебания мембраны .....	345
7.2. Основы дескрипторной графики .....	347
7.2.1. Объекты дескрипторной графики .....	347
7.2.2. Создание графического окна и управление им .....	347
7.2.3. Создание координатных осей и управление ими ...	348
7.2.4. Пример применения объекта дескрипторной графики .....	348
7.2.5. Дескрипторы объектов .....	348
7.2.6. Операции над графическими объектами .....	350
7.2.7. Свойства объектов – команда get .....	351
7.2.8. Изменение свойств объекта – команда set .....	352

---

7.2.9. Просмотр свойств .....	352
7.2.10. Примеры дескрипторной графики .....	353
7.2.11. Иерархия объектов дескрипторной графики .....	356
7.2.12. Справка по дескрипторной графике .....	357
7.3. Галерея трехмерной графики .....	357
7.3.1. Доступ к галерее .....	357
7.3.2. Примеры построения фигур из галереи .....	359
7.4. Графический интерфейс пользователя GUI ....	362
7.4.1. Основные команды для создания GUI .....	362
7.4.2. Простой пример создания объектов GUI .....	364
7.4.3. Примеры программирования GUI .....	365
7.4.4. Программирование анимации поверхности с разной скоростью .....	366
7.4.5. Программирование визуализации звукового сигнала .....	367
7.5. Графическая поддержка цвета .....	369
7.5.1. Цветовые системы и OpenGL .....	369
7.5.2. Управление прозрачностью графических объектов .....	370
7.5.3. Примеры построения изображений со свойствами прозрачности .....	370
7.6. Расширенная техника визуализации вычислений .....	372
7.6.1. Задание Path-объектов .....	372
7.6.2. Построение среза черепной коробки человека .....	373
7.6.3. Расширенная визуализация трехмерных объектов .....	375

7.6.4. Выделение части объема .....	375
7.6.5. Визуализация струи в пространстве .....	377
7.6.6. Визуализация электрических разрядов .....	378
7.6.7. Анимация явления подъема предметов вихрями ...	379
7.6.8. Применение «конусной» графики для визуализации струй.....	381

## **Урок 8. Программные средства**

### **численных методов .....** 383

#### **8.1. Решение систем линейных уравнений (СЛУ) ....** 384

##### 8.1.1. Элементарные средства..... 384

##### 8.1.2. Решение систем линейных уравнений с ограничениями .....

 386

##### 8.1.3. Решение систем линейных уравнений с комплексными элементами .....

 387

#### **8.2. Решение СЛУ с разреженными матрицами .....** 388

##### 8.2.1. Точное решение, метод наименьших квадратов и сопряженных градиентов .....

 388

##### 8.2.2. Двухнаправленный метод сопряженных градиентов ....

 390

##### 8.2.3. Устойчивый двухнаправленный метод .....

 392

##### 8.2.4. Метод сопряженных градиентов .....

 392

##### 8.2.5. Квадратичный метод сопряженных градиентов ....

 393

##### 8.2.6. Метод минимизации обобщенной невязки .....

 393

##### 8.2.7. Квазиминимизация невязки – функция $qmg$ .....

 394

#### **8.3. Вычисление корней функций .....** 394

##### 8.3.1. Вычисление корней функций одной переменной ...

 394

##### 8.3.2. Графическая иллюстрация поиска корней функций .....

 395

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)