

**Черный А.П., Сивякова Г.А.,  
Перекрест А.Л., Тытюк В.К.**

**АНАЛИЗ ДАННЫХ  
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.  
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

*Учебное пособие*



**Э В Е Р О  
Алматы 2019**

**УДК 621.31**  
**ББК 31.261**  
**А 64**

**Черный А. П.**

**А 64** Анализ данных в технических системах. Методы обработки сигналов: учеб. пособие / А.П. Черный, Г.А. Сивякова, А.Л. Перекрест, В.К. Тытюк: Алматы: Эверо, 2019.– 220 с.

**ISBN 978-601-342-335-7**

В учебном пособии рассмотрены математическое описание типовых сигналов, процессы их дискретизации и квантования, алгоритмы аппроксимации, цифрового сглаживания, спектрального анализа сигналов, цифровой и адаптивной фильтрации. Для каждой задачи приведены примеры реализации в пакетах MathCad, MatLab и LabVIEW. Задачи цифровой и адаптивной фильтрации также реализованы на базе цифрового сигнального процессора и специализированного программного обеспечения.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика», «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии», 6.050102 «Компьютерная инженерия», «Компьютерные науки и информационные технологии», а также может быть использовано в научно-исследовательской работе студентов, магистрантов и аспирантов.

**УДК 621.31**  
**ББК 31.261**

**ISBN 978-601-342-335-7**

© Черный А.П.,  
Сивякова Г.А.,  
Перекрест А.Л.,  
Тытюк В.К., 2019  
© Эверо, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
ГЛАВА 1. РАБОТА С ТИПОВЫМИ СИГНАЛАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	10
1.1 Сигналы в технических системах и их моделирование .....	10
1.1.1 Моделирование типовых сигналов в математическом пакете MatLab.....	15
1.1.2 Моделирование типовых сигналов в программном пакете LabVIEW .....	23
1.1.3 Моделирование типовых сигналов в математическом пакете MathCAD .....	27
1.2 Считывание, запись и отображение сигналов во временном и частотном виде в прикладных математических пакетах .....	34
1.2.1 Считывание, запись и отображение сигналов во временном и частотном виде в MatLab .....	35
1.2.2 Считывание, запись и отображение сигналов во временном и частотном виде в LabVIEW .....	39
1.2.3 Считывание, запись и отображение сигналов во временном и частотном виде в MathCAD .....	44
1.3 Контрольные вопросы.....	47
1.4 Задания для самостоятельной работы .....	49
1.4.1 Моделирование типовых сигналов .....	49
1.4.2 Считывание, запись и отображение сигналов во временном и частотном виде .....	51
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ .....	53
2.1 Аппроксимация, интерполяция и сглаживание сигналов.....	53
2.1.1 Постановка задачи интерполяции .....	54
2.1.2 Методы локальной интерполяции.....	55
2.1.3 Методы глобальной интерполяции .....	60
2.1.4 Постановка задачи аппроксимации.....	71
2.1.5 Определение параметров эмпирической формулы. Метод наименьших квадратов (МНК) .....	73

2.1.6	Аппроксимация тригонометрическими полиномами .....	77
2.1.7	Аппроксимация функций в пакете MathCAD ..	79
2.1.8	Погрешность интерполяции и аппроксимации.....	85
2.1.9	Теория множественности моделей.....	89
2.1.10	Сглаживание экспериментальных данных .....	90
2.2	Спектральный анализ сигналов в прикладных программных пакетах.....	92
2.2.1	Спектральный анализ сигналов у MatLab .....	95
2.2.2	Спектральный анализ сигналов в LabVIEW ..	102
2.2.3	Спектральный анализ сигналов в MathCAD ..	108
2.3	Изучение процессов дискретизации и квантования сигналов.....	111
2.4	Синтез цифровых фильтров.....	114
2.4.1	Синтез цифровых фильтров в MatLab .....	122
2.4.2	Синтез цифровых фильтров в Labview. ....	126
2.5	Адаптивная фильтрация в системах цифровой обработки сигналов .....	129
2.5.1	Реализация и исследование системы адаптивной фильтрации в Matlab .....	133
2.5.2	Реализация и исследование системы адаптивной фильтрации в LabVIEW .....	139
2.6	Контрольные вопросы к главе .....	142
2.7	Задания для самостоятельной работы .....	146
2.7.1	Изучение процессов дискретизации и квантования в MatLab.....	146
2.7.2	Аппроксимация, интерполяция и сглаживание цифровых сигналов средствами MathCAD .....	148
2.7.3	Спектральный анализ сигналов.....	148
2.7.4	Синтез цифровых фильтров.....	149
2.7.5	Адаптивная фильтрация в системах цифровой обработки сигналов.....	151

ГЛАВА 3. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ.....	154
3.1 Численное дифференцирование.....	154
3.1.1 Локальная интерполяция полиномом первой степени.....	155
3.1.2 Локальная интерполяция полиномом второй степени.....	156
3.2 Численное интегрирование.....	159
3.2.1 Метод прямоугольников.....	162
3.2.2 Метод трапеций.....	164
3.2.3 Метод Симпсона (метод парабол).....	165
3.2.4 Погрешность формул Ньютона-Котеса.....	167
3.2.5 T-интегрирование функций в реальном масштабе времени.....	168
3.3 Специальные вопросы численного интегрирования функций.....	169
3.3.1 Вычисление интеграла с заданной точностью.....	169
3.3.2 Интегрирование разрывных функций.....	170
3.3.3 Методы Монте-Карло (метод статистических испытаний).....	171
3.3.4 Вычисление определенных интегралов средствами пакета MathCAD.....	172
3.4 Контрольные вопросы.....	178
3.5 Задания для самостоятельной работы.....	179
 ГЛАВА 4. РЕАЛИЗАЦИЯ ТИПОВОЙ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ.....	 181
4.1 Реализация системы обработки сигналов в прикладных пакетах MatLab и LabView.....	181
4.1.1 Реализация и исследование работы типовой системы ЦОС в MatLab.....	181
4.1.2 Реализация и исследование работы типовой системы ЦОС в LabVIEW.....	191

4.2 Реализация систем цифровой и адаптивной фильтрации на основе демонстрационного набора с DSP-процессором.....	194
4.2.1 Цифровая фильтрация на основе демонстрационного набора с DSP-процессором средствами MatLab .....	201
4.2.2 Адаптивная фильтрации на основе демонстрационного набора с DSP-процессором средствами MatLab .....	206
4.3 Контрольные вопросы к главе.....	209
4.4 Задания для самостоятельной работы .....	211
4.4.1 Реализация и исследование работы типовой системы обработки сигналов в прикладных математических пакетах.....	211
4.4.2 Реализация и исследование цифровой и адаптивной фильтрации на основе демонстрационного набора с DSP-процессором ....	212
ЛИТЕРАТУРА .....	214

**Черный Алексей Петрович  
Сивякова Галина Александровна  
Перекрест Андрей Леонидович  
Тытюк Валерий Константинович**

**АНАЛИЗ ДАННЫХ  
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.  
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

*Учебное пособие*

Бумага офсетная Формат 60x100 1/16  
Плотность 80гр/м<sup>2</sup>. Белизна 95%. Печать РИЗО.  
Усл.печ.стр. 13.75. Объем 220 стр.



Подготовлено к изданию и отпечатано  
в издательстве «Эверо»  
РК, Алматы, ул. Байтурсынова, 22  
тел.: 8 (727) 233 83 89, 233 83 43,  
233 80 45, 233 80 42  
e-mail: evero08@mail.ru