Г.С. Малышкин.

Оптимальные и адаптивные методы обработки гидроакустических сигналов. Т. 1. Оптимальные методы

УДК 681.88

СПб.: ОАО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор", 2009.- 400 с.

© ОАО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор", 2009

© Г.С. Малышкин, 2009

ISBN 978-5-900780-90-0.

Настоящая книга содержит широкий круг взаимосвязанных вопросов, относящихся к методам анализа и синтеза современных гидроакустических средств.

В основу книги легли лекции, которые были прочитаны автором (1985-1991 гг.) в Институте повышения квалификации специалистов Минсудпрома и в организациях промышленности.

В целом материал первого тома построен на рассмотрении оптимальных методов обработки при известных корреляционных матрицах сигналов и помех и является вводным для изучения интенсивно развивающегося направления адаптивной обработки гидроакустических сигналов, позволяющего повысить надежность и точность оценки окружающей обстановки с помощью гидроакустических средств.

Вопросы адаптивной обработки будут рассматриваться во втором томе, содержание которого приведено в Приложении 3 настоящего издания.

Книга может быть полезна специалистам различного профиля, разрабатывающим гидроакустические средства, а также студентам старших курсов и аспирантам, занимающимся вопросами первичной обработки сигналов.

Специалисты в области акустики смогут оценить возможности оптимальной и адаптивной обработки, а специалисты в области цифровой техники понять связь алгоритмов обработки гидроакустической информации с физическими условиями формирования сигналов и с задачами, решаемыми гидроакустическими средствами.

Библиогр.: 58 назв., 1 табл., 112 ил.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 7

ГЛАВА 1. Теоретические основы описания и типовые модели частично-когерентных гидроакустических сигналов и полей 11

1.1. Краткие сведения из теории описания случайных сигналов 11

1.1.1. Спектральное описание вещественных

и комплексных сигналов 14

1.1.2. Автокорреляционные и взаимно корреляционные функции вещественных и комплексных случайных сигналов 19

1.1.3. Линейные преобразования случайных сигналов 27

1.2. Общие соотношения, определяющие пространственно-временную корреляцию полей, воздействующих на элементы антенной решетки 30

1.2.1. Корреляционные характеристики полей распределенных помех 32

1.2.2. Примеры моделей частично-когерентных гидроакустических полей 42

1.2.3. Статистические характеристики разности фаз случайных колебаний 60

1.3. Частотно-волновое описание случайных полей 69

1.3.1. Примеры ЧВСПМ гидроакустических полей 79

Контрольные вопросы 86

ГЛАВА 2. Физические факторы, определяющие модели гидроакустических сигналов в морской среде 91

2.1. Элементы физических основ распространения звука в океане 91

2.1.1. Преломление звука в среде 91

2.1.2. Отражение звука от границ раздела среды 106

2.1.3. Аномалия распространения звука и расчет дальности действия гидроакустических средств в слоисто-неоднородной среде 110

2.1.4. Типовые гидроакустические условия при распространении звука в океане 115

2.1.5. Когерентная и случайная компоненты переизлученного звукового поля 119

2.2. Модель гидроакустических сигналов локальных источников в детерминированной среде с учетом взаимного движения источника и приемника 123

2.2.1. Многолучевая модель сигнала 125

2.2.2. Парциальные передаточные функции среды 125

2.2.3. Модель передаточной функции среды для условий многолучевого распространения 135

2.2.4. Взаимная спектральная плотность мощности сигналов локального источника 138

2.3. Амплитудно-временная структура эхосигнала от простого и сложного протяженных отражателей в условиях многолучевого распространения 142

2.3.1. Энергетические характеристики. Пространственная и временная структура эхосигнала 143

2.3.2. Спектр суммарного сигнала 148

2.3.3. Частотная и угловая характеристики отражения многоэлементной цели 151

2.3.4. Частотная характеристика цели в условиях многолучевого распространения 155

2.4. Влияние неоднородностей и нестабильностей среды на характеристики звукового поля 157

2.4.1. Передаточная функция случайно-неоднородной среды 157

2.4.2. Функция когерентности и функция рассеяния случайно-неоднородной среды 159

2.4.3. Примеры передаточной функции случайно-неоднородной среды 163

2.4.4. Влияние временной и частотной корреляции флюктуаций канала на характеристики сигналов, прошедших случайно-неоднородную среду 167

2.4.5. Пространственная когерентность поля источника звука в случайно-неоднородной среде 170

2.5. Преобразование акустических полей в антенных решетках 174

2.5.1. Пространственная фильтрация акустического поля 174

2.5.2. Расчет характеристики направленности цилиндрической антенны 180

2.6. Спектральные отсчеты в элементах антенны и их свойства 185

2.6.1. Корреляционные матрицы спектральных отсчетов сигналов и помех 185

2.6.2. Описание основных характеристик антенн на основе теории матриц 193

2.6.3. Многомерная плотность вероятностей комплексных гауссовских случайных отсчетов 197

Контрольные вопросы 200

ГЛАВА 3. Оптимальное обнаружение и измерение параметров гидроакустических сигналов 205

3.1. Общие вопросы методологии оптимального обнаружения сигналов 206

3.1.1. Критерии принятия решения об обнаружении сигнала (простые гипотезы) 206

3.1.2. Элементарная теория измерения параметров сигналов 215

3.1.3. Обнаружение сигналов. Сложные гипотезы 220

3.1.4. Общая задача обнаружения гауссовских сигналов 231

3.2. Оптимальное обнаружение сигналов, воспринимаемых антенной решеткой 240

3.2.1. Оптимальный приемник, вычисляющий отношение правдоподобия 240

3.2.2. Оптимальный приемник, минимизирующий искажения сигнала 249

3.2.3 Оптимальная пространственная фильтрация при наличии в поле помех сигналов локальных источников звука 254

3.2.4 Оптимальная обработка в условиях многолучевого распространения 259

3.2.5. Оптимальное обнаружение эхосигналов на основе обобщенного отношения правдоподобия 265

3.3. Оптимальное измерение параметров пространственно-временных гидроакустических сигналов 272

3.3.1. Общие вопросы методологии многомерных измерений пространственно-временных сигналов 272

3.3.2. Оптимальное измерение угловых координат локальных источников звука 283

3.3.3. Оптимальное измерение спектральных характеристик сигналов локальных источников звука 296

3.3.4. Оптимальное измерение угловых координат и относительного времени запаздывания сигналов взаимно-когерентных лучей от локальных источников 298

3.3.5. Оптимальное обнаружение и измерение параметров сигналов на основе выборочных оценок корреляционной матрицы 299

Контрольные вопросы 302

ГЛАВА 4. Элементы цифровой обработки и частотно-волновая интерпретация оптимального приема сигналов 308

4.1. Элементы цифровой обработки сигналов 308

4.1.1. Дискретизация сигналов, спектральные отсчеты сигналов при временном спектральном анализе 309

4.1.2. Дискретное преобразование Фурье по пространству 321

4.1.3. Быстрое преобразование Фурье 328

4.2. Частотно-волновая интерпретация теории оптимального обнаружения и измерения параметров сигналов 338

4.2.1. Оптимальное обнаружение и пространственная фильтрация сигналов в частотно-волновой интерпретации 338

4.2.2. Оптимальное измерение параметров в частотно-волновой интерпретации. 348

4.2.3. Оптимальное обнаружение и измерение угловых координат рассеянных сигналов. 350

Контрольные вопросы 355

Заключение 359

Литература 361

Приложения

Приложение 1

Краткие сведения из теории матриц 365

Приложение 2

Задачи с применением матричных вычислений 375

Приложение 3

Содержание тома 2 387

Предметный указатель