

Р. П. Быстров, А. А. Потапов, А. В. Соколов

**МИЛЛИМЕТРОВАЯ
РАДИОЛОКАЦИЯ
С ФРАКТАЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ**

**Под редакцией
Р. П. Быстрова, А. В. Соколова**

Москва, “Радиотехника”, 2005

УДК 631.396
Б95
ББК 32.95

Библиотека журнала «Радиотехника»
Серия «Радиолокация»

Быстров Р. П., Потапов А. А., Соколов А. В.
Б95 **Миллиметровая радиолокация с фрактальной обработкой** / Под
ред. *Р. П. Быстрова* и *А. В. Соколова*. – М.: «Радиотехника», 2005. –
368 с.: ил. (Серия «Радиолокация»).

ISBN 5-88070-064-X

Освещены вопросы распространения радиоволн миллиметрового диапазона, характеристики отражения наземных объектов, а также потенциальные возможности радиолокационных систем в короткой части миллиметрового диапазона радиоволн. Показаны альтернативные варианты построения и оценены параметры активных РЛС обнаружения наземных объектов. Даны понятие информационных возможностей РЛС обнаружения наземных объектов, характеристика перспективных методов обработки радиолокационных сигналов. Особое внимание при этом уделено фрактальной обработке многомерных радиолокационных сигналов. Приведен анализ состояния элементной базы радиолокационной техники миллиметрового диапазона.

Для научных работников, инженеров, преподавателей и студентов вузов по общетеоретическим и прикладным вопросам радиотехники и радиофизики.

УДК 631.396
ББК 32.95

ISBN 5-88070-064-X

© «Радиотехника», 2005
© Авторы, 2005

Оглавление

Предисловие	7
Введение	9
Глава 1. Характеристики отражения наземных объектов	11
1.1. Распространение радиоволн	11
1.1.1. Распространение миллиметровых радиоволн в атмосфере	11
1.1.2. Ослабление миллиметровых радиоволн в гидрометеорах	14
1.1.3. Вероятностные характеристики ослабления миллиметровых радиоволн в атмосфере	19
1.2. Методы моделирования рассеяния радиоволн земной поверхностью	21
1.2.1. Развитие методов моделирования процессов рассеяния	21
1.2.2. Метод возмущений	23
1.2.3. Метод касательной плоскости	26
1.2.4. Двухмасштабная модель	29
1.2.5. Другие подходы к проблеме рассеяния электромагнитных волн	32
1.2.6. Взаимодействие радиоволн с растительным покровом	34
1.2.7. Когерентное и некогерентное рассеяние миллиметровых и сантиметровых радиоволн в слое растительности	37
1.2.8. Применение метода Монте-Карло в задачах рассеяния	40
1.3. Методы калибровки измерительных систем. Электродинамические и статистические характеристики земных покровов	42
1.4. Влияние гидрометеоров на формирование радиолокационных изображений	49
1.5. Характеристики отражения и рассеяния радиоволн земной поверхностью	55
1.5.1. Рассеяние радиоволн от гидрометеоров	59
1.6. Характеристики отражения наземных объектов	62
1.6.1. Движущиеся объекты	62
1.6.2. Медленно движущиеся наземные объекты	64
1.6.3. Неподвижные наземные объекты с работающим двигателем	83
1.6.4. Неподвижные наземные объекты и воздушные объекты в наземных условиях	87
Глава 2. Потенциальные возможности радиолокационных систем	99
2.1. Энергетическая оценка радиолокационных систем	99
2.2. Характеристики обнаружения радиолокационных систем	104
2.3. Факторы, влияющие на точность пеленгования наземных объектов	106

2.3.1. Флуктуации углов прихода и многолучевое распространение радиоволн	106
2.3.2. Интерференция радиоволн при отражении от объектов	109
2.3.3. Влияние помех фоновых отражений	110
2.4. Помехозащищенность радиолокационных систем обнаружения наземных объектов	113

Глава 3. Принципы построения и возможные параметры радиолокационных систем обнаружения наземных объектов

наземных объектов	118
3.1. Общая классификация радиолокационных систем обнаружения наземных объектов	118
3.2. Радиолокационные системы обнаружения движущихся и неподвижных наземных объектов	119
3.2.1. Активные радиолокационные системы	119
3.2.2. Пассивно-активные радиолокационные системы	129
3.2.3. Особенности радиолокационных систем обнаружения наземных объектов, расположенных на летательных аппаратах	132
3.3. Радиолокационные системы специального назначения	135
3.3.1. Радиолокационные системы обнаружения объектов с передачей информации по радиолучу	135
3.3.2. Радиолокационные системы обнаружения и управления оружием	137
3.3.3. Радиолокационные датчики	140

Глава 4. Информационные свойства радиолокационных систем обнаружения наземных объектов в миллиметровом диапазоне радиоволн

4.1. Общие положения об информационных свойствах радиолокационных систем	143
4.2. Информационные возможности радиолокационного канала	148
4.2.1. Модель радиолокационного канала	148
4.2.2. Оценка количества информации радиолокационных систем обнаружения наземных объектов в миллиметровом и сантиметровом диапазонах радиоволн	152
4.3. Информационные свойства радиолокационных систем обнаружения наземных объектов при обработке сигнала и уровни информационных потерь в них	160
4.3.1. Математическая модель оценки уровня потерь информации в радиолокационных системах обнаружения наземных объектов с применением оптимальных и непараметрических обнаружителей	160

4.3.2. Оценка уровня потерь информации в радиолокационных системах обнаружения наземных объектов в миллиметровом и сантиметровом диапазонах радиоволн	166
4.3.3. Особенности оценки информационных возможностей радиолокационных систем обнаружения в процессе распознавания	172
5. Фрактальная цифровая обработка одномерных и многомерных радиолокационных сигналов	173
5.1. Перспективные методы обработки радиолокационных сигналов	173
5.2. Текстурные меры и текстурные сигнатуры	175
5.3. Фрактальные меры и фрактальные сигнатуры	180
5.4. Избранные результаты первого этапа исследований по обобщенной фильтрации малоконтрастных объектов фрактальными методами	182
5.5. Конспект о фрактальной размерности и ее расчете	186
5.6. Элементы электродинамической теории волн, рассеянных фрактальными земными покровами	191
5.6.1. Земные покровы как фрактальные поверхности	191
5.6.2. Основные методы решения задач дифракции волн на фрактальной поверхности	194
5.7. Фрактальные модели изображений земной поверхности	196
5.8. Анализ и синтез цифровых фрактальных карт местности	199
5.9. Многоуровневая модель для характеристики объектов	205
5.9.1. Модифицированный метод покрытий для измерения фрактальных сигнатур	205
5.9.2. Фрактальные сигнатуры в задачах различения объектов военной техники на фоне природных образований	209
5.10. Визуальное различение человеком-оператором фрактальных текстур по изображению на экране дисплея	214
5.11. Фрактальное обнаружение целей на изображениях земной поверхности	218
5.11.1. Функциональное описание реальных оптических и радиолокационных сложных изображений	218
5.11.2. Примеры фрактального обнаружения целей на реальных оптических и радиолокационных изображениях	223
5.12. Примеры фрактального распознавания целей на изображениях земной поверхности	231
5.13. Стратегические направления приложений принципов фрактальной радиолокации и фрактальной радиофизики в новых информационных технологиях	235

6. Состояние элементной базы радиолокационной техники	239
6.1. Общая характеристика техники миллиметрового диапазона радиоволн	239
6.2. Электровакуумные и полупроводниковые приборы генерации	241
6.3. Антенно-фидерные устройства	248
6.4. Приемопередающий комплекс и его СВЧ-элементы	250
6.5. Возможности аппаратной реализации цифровых вычислительных устройств для обработки радиолокационных сигналов	255
Глава 7. Применение радиолокационных систем миллиметрового диапазона радиоволн	265
7.1. Космические радиолокационные системы	265
7.2. Авиационные системы управления и навигации	269
7.3. Наземные (морские) системы навигации и безопасного движения	277
7.4. Системы связи	279
7.4.1. Особенности применения миллиметровых радиоволн в системах связи	280
7.4.2. Использование миллиметровых радиоволн для связи искусственных спутников Земли	281
7.4.3. Применение миллиметровых радиоволн на сотовых линиях связи в городе	285
7.4.4. Бортовые линии связи и передачи информации	290
7.4.5. Аппаратура для исследования систем связи	292
7.5. Радиоэлектронная аппаратура в медицине	297
7.6. Системы военного применения	303
7.6.1. Проблемные вопросы и направления совершенствования радиолокационных систем обнаружения и распознавания объектов	303
7.6.2. Радиолокационные системы наведения и управления	313
7.6.3. Радиолокационные системы противовоздушной обороны	315
7.6.4. Радиотехническая аппаратура радиоэлектронного противодействия	317
7.6.5. Системы противодействия радиолокационному распознаванию	324
7.6.6. Анализ работ по современным системам противодействия распознаванию	332
Заключение	335
Литература	336