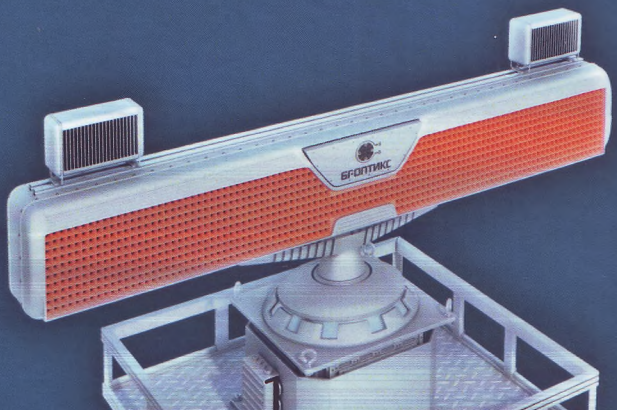
А.А. Лавров
И.К. Антонов

МНОГОЛУЧЕВЫЕ РАДИОЛОКАТОРЫ

БОРЬБА С ДРОНАМИ



РАДИОТЕХНИКА

А.А. Лавров
И.К. Антонов

МНОГОЛУЧЕВЫЕ РАДИОЛОКАТОРЫ

БОРЬБА С ДРОНАМИ

Москва
Радиотехника
2021

УДК 621.396.96
ББК 32.95
Л 13

DOI 10.18127/B9785931082097

Рецензенты:
Е.Ф. Толстов – докт. техн. наук, профессор;
А.Н. Детков – докт. техн. наук, профессор

Лавров А.А., Антонов И.К.

Л13 Многолучевые радиолокаторы. Борьба с дронами. Монография. – М.: Радиотехника, 2021. – 256 с.: цв.

ISBN 978-5-93108-209-7

Рассмотрены основы построения, режимы работы, потенциальные характеристики и алгоритмы обработки сигналов многолучевых радиолокаторов, предназначенных для обнаружения малоскоростных малоразмерных целей. Описаны режимы метеообеспечения и обзора морской поверхности. Представлена структура программ расчета характеристик и имитационного моделирования. Использованы результаты исследований многолучевого экспериментального радиолокатора.

Для научных и инженерных работников, аспирантов и студентов вузов, специализирующихся в области создания и эксплуатации систем радиолокации.

УДК 621.396.96
ББК 32.95

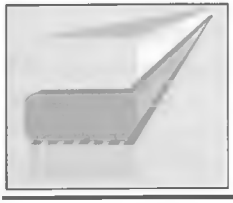
БИБЛИОТЕКА
Научно-техническое
отделение ЗНБ ЮФУ
(г.Таганрог)
1542807

ISBN 978-5-93108-209-7

© А.А. Лавров, И.К. Антонов, 2021
© ООО Издательство Радиотехника, 2021

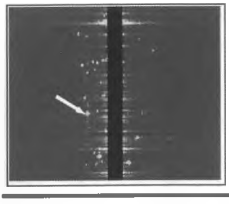
Оглавление

Сокращения и обозначения **8**
От авторов **11**



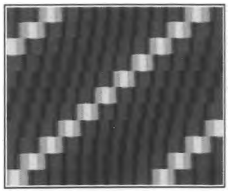
Глава 1
Принципы построения многолучевых РЛС для борьбы с малоразмерными воздушными объектами

1.1. Объекты наблюдения в многолучевых РЛС 16
1.2. Принцип обзора пространства радиолокатором при обнаружении воздушной цели 19
1.2.1. Обзор пространства однолучевой РЛС 19
1.2.2. Обзор пространства многолучевой РЛС 22
1.3. Состав аппаратуры и параметры многолучевой РЛС 24



Глава 2
Сигналы и их обработка в многолучевых РЛС

2.1. Характеристики целей и помех в многолучевых РЛС при обнаружении малоразмерных воздушных целей 32
2.1.1. Радиолокационные характеристики целей 32
2.1.2. Характеристики ложных целей 37
2.1.3. Характеристики помех 39
2.2. Диаграмма направленности многолучевой антенны 44
2.3. Обработка пространственно-временных сигналов 49



Глава 3
Цифровые методы исследования многолучевых РЛС при обнаружении малозаметных целей

3.1. Расчет потенциальных характеристик многолучевых РЛС 62

3.1.1. Алгоритмы расчета диаграммы направленности антенны 62

3.1.2. Алгоритмы расчета потенциальных характеристик обнаружения цели 65

3.2. Имитационное моделирование многолучевых РЛС в режиме обнаружения малозаметных целей 68

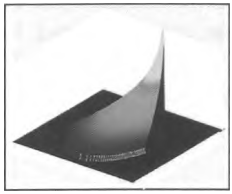
3.2.1. Структура алгоритмов моделирования 69

3.2.2. Задание поля целей и помех 71

3.2.3. Формирование модели входного сигнала 74

3.2.4. Моделирование приемного канала 76

3.2.5. Первичная обработка сигналов 79



Глава 4
Многолучевые охранные радиолокаторы в различных диапазонах излучения

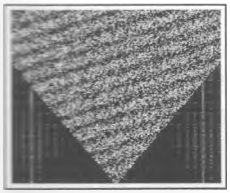
4.1. Методика оценки потенциальных характеристик многолучевых РЛС 88

4.2. Многолучевые РЛС при длине волны зондирующего сигнала $\lambda = 8$ мм 93

4.3. Многолучевые РЛС при длине волны зондирующего сигнала $\lambda = 3$ см 97

4.4. Многолучевые РЛС при длине волны зондирующего сигнала $\lambda = 10$ см 100

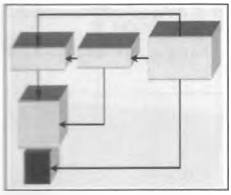
4.5. Многолучевые РЛС при длине волны зондирующего сигнала $\lambda = 35$ см 104



Глава 5
Многолучевой радиолокатор при измерении поля скоростей в пространственно протяженных объектах

5.1. Формирование скоростного портрета морской поверхности радиолокатором с многолучевой диаграммой направленности 112

5.2. Устройства и алгоритмы многолучевого радиолокатора для измерения полного вектора скорости пространственно протяженных объектов 120

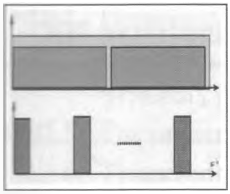


Глава 6
Модульный состав многолучевой РЛС

6.1. Передающий модуль многолучевой РЛС 132

6.2. Приемный модуль многолучевой РЛС 133

6.3. Модуль управления многолучевой РЛС 135



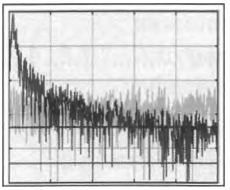
Глава 7
Излучающий тракт многолучевой РЛС

7.1. Формирователь зондирующего сигнала 140

7.2. Передающий модуль многолучевой РЛС 141

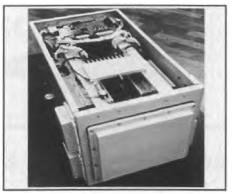
Глава 8
Синхронизатор многолучевой РЛС

8.1. Синтезатор поднесущей и гетеродинных частот 145
8.2. Генератор синхросигналов и тактовых частот 148



Глава 9
Приемный тракт многолучевой РЛС

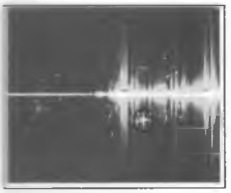
9.1. Приемная антенна многолучевой РЛС 151
9.2. Структура приемного тракта многолучевой РЛС 153
9.3. Динамический диапазон приемника 159
9.4. Алгоритмы временной автоматической регулировки усиления 166
9.5. Аналогово-цифровой преобразователь многолучевой РЛС 169



Глава 10
Экспериментальная многолучевая РЛС

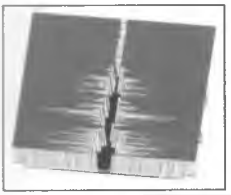
10.1. Состав аппаратуры экспериментальной многолучевой РЛС 174
10.2. Передающий канал экспериментальной многолучевой РЛС 176
10.3. Приемная антенна экспериментальной многолучевой РЛС 181
10.4. Приемный канал экспериментальной многолучевой РЛС 184

10.5. Синхронизатор экспериментальной многолучевой РЛС 189
10.6. Потенциальные характеристики экспериментальной многолучевой РЛС 197



Глава 11
Первичная обработка сигналов

11.1. Структура алгоритмов первичной обработки сигналов 206
11.2. Сжатие сигналов по дальности 209
11.3. Когерентное накопление сигналов 211
11.4. Первичное изображение сигналов в многолучевой РЛС 216



Глава 12
Вторичная обработка сигналов

12.1. Сокращение объема обрабатываемых данных 224
12.2. Адаптивные алгоритмы подавления помех 227
12.3. Первичные процедуры обнаружения целей 234
12.4. Первичные алгоритмы измерения угловых координат 238
12.5. Тактический экран оператора 242
12.6. Траекторное сопровождение целей 244

Литература 248

ISBN 978-5-93108-148-9