

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*60-летию
Радиотехнических войск
посвящается*

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Учебник

*Под общей редакцией доктора технических наук, профессора
В. П. БЕРДЫШЕВА*

Допущено Министерством обороны Российской Федерации
в качестве учебника для студентов военных кафедр и курсантов
учебных военных центров Военно-воздушных сил,
обучающихся по военно-учетной специальности
«Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов
противовоздушной обороны Военно-воздушных сил», 07.04.2011

Красноярск
СФУ
2011

УДК 621.396.96(075.8)

ББК 32.95я

Р15

Авторы:

**В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин, В. Н. Тяпкин,
Ю. Л. Фатеев, И. В. Лютиков, А. В. Богданов, Р. Ю. Кордюков**

Под общей редакцией доктора технических наук профессора
В. П. БЕРДЫШЕВА

Рецензенты:

кафедра радиолокации и радиоуправления ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»;

Ю. Д. Каргашин, нач. кафедры радиолокации и радиоуправления ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

**Р15 Радиолокационные системы : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В. П. Бердышева. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т . – 2011. – 400 с.
ISBN 978-5-7638 2479-7**

В учебнике рассмотрены общие понятия, принципы и физические основы радиолокации, сигналы и помехи в радиолокации, характеристики радиолокационных целей. Изложена статистическая теория обнаружения радиолокационных сигналов. Приведены методы реализации радиолокационных устройств и систем, основы статистической теории разрешения радиолокационных сигналов, основы статистической теории оценивания параметров радиолокационных сигналов. Рассмотрены особенности получения радио-локационной информации в многопозиционных системах и особенности эксплуатации радио-локационных систем.

Изложение теоретического материала учебника иллюстрировано большим количеством графиков и рисунков, сопровождается контрольными вопросами и задачами для проверки усвоения учебного материала и самопроверки.

Учебник предназначен для студентов военных кафедр и курсантов учебных военных центров Военно-воздушных сил, обучающихся по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов противозвоздушной обороны Военно-воздушных сил», а также может быть использован студентами вузов укрупненной группы направления специальностей 210000 «Электронная техника, радиотехника и связь» (спец. 210304.65 «Радиоэлектронные системы») и всеми, интересующимися вопросами становления, развития и современного состояния радиолокационных систем.

УДК 621.396.96(075.8)

ББК 32.95я

ISBN 978-5-7638 2479-7

© Сибирский федеральный университет, 2011

ВВЕДЕНИЕ

ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Для решения задач по обеспечению безопасности страны в воздушно-космическом пространстве должна быть создана эффективная система разведки и предупреждения о воздушно-космическом нападении, обеспечивающая своевременность, полноту и упорядоченность поступления информации.

Своевременность поступления информации достигается формированием единого информационного поля и полной автоматизацией процесса добывания, сбора и обработки информации. Полнота информации обеспечивается выбором разнородных систем и средств разведки с соответствующими характеристиками.

Упорядоченность предполагает систематизацию всех ресурсов информационного поля и их рациональное распределение по различным уровням управления силами и средствами.

Радиолокационные средства и системы Вооруженных сил Российской Федерации играют ключевую роль в решении задач в области обеспечения обороны страны и безопасности государства.

На современном этапе основным направлением развития ведомственных радиолокационных средств и систем является их интеграция в единую автоматизированную радиолокационную систему.

Эффективное решение задач, стоящих перед Радиотехническими войсками Военно-воздушных сил (ВВС), возможно за счет комплексного применения средств первичной и вторичной радиолокации различных ведомств. Следует, однако, отметить, что большинство задач принципиально не может быть решено без использования средств первичной радиолокации, так как получение информации средствами вторичной радиолокации зависит от оснащенности воздушных объектов бортовыми ответчиками. Более того, имеются определенные типы воздушных объектов, которые изначально не оборудованы бортовыми ответчиками (крылатые ракеты, дрейфующие аэростаты, беспилотные летательные аппараты, большинство легкомоторной авиации и др.). Возможно и преднамеренное отключение бортовых ответчиков.

В современных условиях проблемы эффективного контроля воздушного пространства первичными радиолокационными станциями (РЛС) многократно возросли. Об этом свидетельствуют факты воздушного терроризма и несанкционированное использование воздушного пространства, в т. ч. и частными летательными аппаратами.

Еще одной особенностью использования первичных РЛС является возможность определения с их помощью метеообстановки и наличия стай птиц на трассах полета и в зонах аэродромов. Кроме того, средства пер-

вичных РЛС позволяют реализовать алгоритмы классификации воздушных объектов при соответствующей обработке отраженных сигналов.

С появлением спутниковых радионавигационных систем стало возможно определять местоположение воздушных объектов без участия наземных средств наблюдения. Однако такое наблюдение (автоматическое независимое наблюдение) требует создания развитой системы спутников и оснащения всех воздушных судов соответствующей навигационной аппаратурой. В соответствии с этим возникает опасность свертывания радиолокационного наблюдения, что абсолютно недопустимо.

На практическое применение и развитие радиолокационной техники оказал существенное влияние прогресс космических технологий. Появились глобальные средства космического наблюдения и космической навигации. Эти средства постепенно берут на себя целый ряд функций, которые раньше выполнялись только РЛС.

В создавшейся ситуации одним из перспективных путей развития радиолокационных технологий является, во-первых, повышение количества и качества информации, выдаваемой РЛС, и, во-вторых, использование средств радиолокации в тех областях, где они имеют уникальные возможности. Выполнение этих условий возможно при использовании сверхширокополосных сигналов, позволяющих улучшить многие характеристики РЛС и придать им новые качества.

В качестве сверхширокополосных сигналов (СШПС) могут использоваться кодоимпульсные последовательности, линейно-частотно-модулированные (ЛЧМ) сигналы, псевдошумовые сигналы, видеоимпульсы, не имеющие высокочастотного заполнения, и радиоимпульсы, имеющие высокочастотное заполнение и состоящие из нескольких периодов высокочастотного колебания.

Благодаря использованию СШПС зондирующего сигнала РЛС будут обладать рядом преимуществ перед традиционными узкополосными системами, т. е. будут иметь возможность повышения:

- точности измерения расстояния до объекта и разрешающей способности по дальности;
- помехоустойчивости относительно пассивных помех;
- устойчивости РЛС к воздействию внешних электромагнитных излучений и помех;
- вероятности обнаружения и устойчивости сопровождения;
- скрытности работы РЛС,

а также возможность распознавания классов воздушных объектов (ВО) и изменения характеристики излучения (ширины и формы диаграммы направленности антенны) за счет изменения параметров излучаемого сигнала.

Предметом учебной дисциплины «Радиолокационные системы» является *теория и техника* получения информации о наличии, координатах, параметрах движения целей путем использования вторичного излучения и собственного излучения радиоволн.

Основные задачи учебной дисциплины:

- 1) изучение методов получения и обработки радиолокационной информации;
- 2) анализ принципов построения и функционирования радиолокационных систем и методов оценки показателей качества их работы;
- 3) изучение перспектив развития методов и средств радиолокации.

Изложение материала базируется на предшествующих курсах математики, физики, ТЭРЦ, электродинамики, техники СВЧ и антенно-фидерных систем. Изучение вопросов реализации основных методов радиолокации в РЛС требует знаний основополагающих положений теории систем автоматического управления, принципов построения элементов радиопередающих и радиоприёмных устройств.

Роль дисциплины заключается в том, что она является инструментом формирования у курсантов научного мировоззрения, развития творческих способностей и методических навыков по повышению профессиональных знаний.

Место учебной дисциплины определяется её взаимосвязанностью с другими дисциплинами. Эта дисциплина обеспечивает изучение основ построения вооружения и военной техники по специальности, а также технических и тактико-специальных дисциплин.

Дисциплина является одной из базовых, обеспечивающих фундаментальные знания по общепрофессиональной подготовке курсантов, и создает базу для изучения современного перспективного вооружения РТВ ВВС и выполнения ими самостоятельной работы – курсовых и дипломных проектов (работ).

Изложение учебного материала по данной дисциплине ведется на системно-техническом уровне с использованием современных достижений науки и техники построения радиолокационных систем вооружения войск воздушно-космической обороны (ВКО) Военно-воздушных сил (ВВС).

Высокий научный уровень учебной дисциплины обеспечивается её содержанием, доказуемостью основных положений, что достигается методами и приложениями современной теории вероятностей и математической статистики.

Таким образом, дисциплина «Радиолокационные системы» является одной из главных военно-технических дисциплин, определяющих профессиональную подготовку курсантов.

Основная задача изучения дисциплины – приобретение теоретических знаний и практических навыков, необходимых для изучения локационного вооружения по специальности.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ИСТОРИИ РАДИОЛОКАЦИИ

В 1930-х годах вызывал серьезные опасения политический горизонт Европы и всего мира. Набирал силу и наглел фашизм в Германии, Италии, в Японии поговаривали о мировом господстве. Страны тройственного со-

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ИСТОРИИ РАДИОЛОКАЦИИ	5
ГЛАВА 1	
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИИ.....	16
1.1. ПРИНЦИПЫ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ВИДЫ РАДИОЛОКАЦИИ.....	16
1.2. ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ.....	18
1.3. СПОСОБЫ ОБЗОРА ПРОСТРАНСТВА	20
1.4. ЭТАПЫ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ	22
1.5. ДИАПАЗОНЫ РАДИОВОЛН, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАДИОЛОКАЦИИ.....	23
ГЛАВА 2	
СИГНАЛЫ И ПОМЕХИ В РАДИОЛОКАЦИИ	25
2.1. ВИДЫ РАДИОСИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РЛС.....	25
2.1.1. ВИДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ.....	25
2.1.2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ	28
2.1.3. СЛОЖНЫЕ СИГНАЛЫ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ	34
2.2. ЯВЛЕНИЕ ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОВОЛН	37
2.2.1. ОТРАЖЕНИЕ, РАССЕЯНИЕ И ПЕРЕИЗЛУЧЕНИЕ РАДИОВОЛН ОБЪЕКТАМИ (ЦЕЛЯМИ).....	37
2.2.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ	37
2.2.3. ЭФФЕКТИВНАЯ ПЛОЩАДЬ РАССЕЯНИЯ ЦЕЛЕЙ.....	38
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	49
2.3. МОДЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ, ШУМОВ И ПОМЕХ.....	49
2.3.1. МОДЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ	50
2.3.2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМОВ И ПОМЕХ	56
2.3.3. СТРУКТУРА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ.....	61
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	64
ГЛАВА 3	
ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ.....	66
3.1. ПОСТАНОВКА И МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ.....	66
3.1.1. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ	66
3.1.2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ	70
3.1.3. ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШАЮЩЕЕ ПРАВИЛО	72
3.2. ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ С ПОЛНОСТЬЮ ИЗВЕСТНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	74
3.2.1. ОТНОШЕНИЕ ПРАВДОПОДОБИЯ И АЛГОРИТМ ОДНОКАНАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА С ИЗВЕСТНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ФОНЕ КВАЗИБЕЛОГО ШУМА.....	74
3.2.2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ	78
3.3. ОБНАРУЖЕНИЕ КОГЕРЕНТНЫХ СИГНАЛОВ СО СЛУЧАЙНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.....	81

3.3.1. МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ ПРАВДОПОДОБИЯ. ОБЩИЕ СООТНОШЕНИЯ	81
3.3.2. ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛА СО СЛУЧАЙНОЙ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗОЙ	83
3.3.3. ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ СО СЛУЧАЙНЫМИ АМПЛИТУДОЙ И НАЧАЛЬНОЙ ФАЗОЙ	85
3.4. ОБНАРУЖЕНИЕ НЕКОГЕРЕНТНЫХ СИГНАЛОВ	89
3.4.1. МОДЕЛЬ НЕКОГЕРЕНТНОГО СИГНАЛА. ОТНОШЕНИЕ ПРАВДОПОДОБИЯ	90
3.4.2. НЕКОГЕРЕНТНОЕ НАКОПЛЕНИЕ СИГНАЛОВ. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НЕКОГЕРЕНТНОГО НАКОПЛЕНИЯ	92
3.4.3. ЦИФРОВЫЕ ОБНАРУЖИТЕЛИ	97
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	99
3.5. ДАЛЬНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЗОНЫ ВИДИМОСТИ РЛС	100
3.5.1. ДАЛЬНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ РЛС	100
3.5.2. ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛИ И АТМОСФЕРЫ НА ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ РЛС	104
3.5.3. ЗОНЫ ВИДИМОСТИ РЛС	109
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	111

ГЛАВА 4

МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ	113
4.1. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	113
4.1.1. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ СИГНАЛОВ С ПОЛНОСТЬЮ ИЗВЕСТНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	113
4.1.2. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ СИГНАЛОВ СО СЛУЧАЙНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	116
4.1.3. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ СИГНАЛОВ С НЕИЗВЕСТНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	119
4.2. ФИЛЬТРОВЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	122
4.2.1. ВРЕМЕННЫЕ И ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛЬТРОВ, СОГЛАСОВАННЫХ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СИГНАЛОВ	122
4.2.2. ИМПУЛЬСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЛЬТРА	123
4.2.3. ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЛЬТРА	125
4.2.4. ПРОХОЖДЕНИЕ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА И ШУМОВ ЧЕРЕЗ СОГЛАСОВАННЫЙ ФИЛЬТР	128
4.2.5. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ФИЛЬТРОВЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ	130
4.3. СОГЛАСОВАННЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ	131
4.3.1. СОГЛАСОВАННЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ ГАУССОВЫХ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ РАДИОИМПУЛЬСОВ	132
4.3.2. СОГЛАСОВАННЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ КОГЕРЕНТНЫХ ПАЧЕК РАДИОИМПУЛЬСОВ ..	137
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	143
4.3.3. ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫЕ СИГНАЛЫ И СОГЛАСОВАННЫЕ С НИМИ ФИЛЬТРЫ	144
4.3.4. ЛИНЕЙНО-ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫЕ СИГНАЛЫ И СОГЛАСОВАННЫЕ С НИМИ ФИЛЬТРЫ	150
4.4. КОРРЕЛЯЦИОННО-ФИЛЬТРОВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КОГЕРЕНТНЫХ СИГНАЛОВ	157
4.4.1. КОРРЕЛЯЦИОННО-ФИЛЬТРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ НА ФОНЕ БЕЛОГО ШУМА	157
4.4.2. ПРИМЕРЫ КОРРЕЛЯЦИОННО-ФИЛЬТРОВОЙ ОБРАБОТКИ	159
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	164

4.5. ЗАЩИТА РЛС ОТ ПАССИВНЫХ И АКТИВНЫХ ПОМЕХ.	
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ	165
4.5.1. ОПТИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ	165
4.5.2. ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ.	
БОРЬБА С ПАССИВНЫМИ ПОМЕХАМИ	178
4.5.3. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СДЦ.....	192
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	205
4.5.4. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ.....	206
4.6. ЦИФРОВАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ.....	217
4.6.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦИФРОВАННЫХ СИГНАЛОВ И ШУМОВ	218
4.6.2. ЦИФРОВОЙ КОРРЕЛЯТОР	220
4.6.3. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ	
СИГНАЛОВ	222
4.6.4. ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ.	
ДИСКРЕТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ И ЕГО СВОЙСТВА	226
4.6.5. БЫСТРОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ.....	232

ГЛАВА 5

ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАЗРЕШЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ..... 235

5.1. АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ КОГЕРЕНТНЫХ СИГНАЛОВ	235
5.1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗРЕШЕНИИ СИГНАЛОВ.	
УСТРОЙСТВА РАЗРЕШЕНИЯ СИГНАЛОВ	235
5.1.2. ВРЕМЯЧАСТОТНАЯ ФУНКЦИЯ РАССОГЛАСОВАНИЯ КОГЕРЕНТНЫХ	
СИГНАЛОВ И ЕЁ СВОЙСТВА. ФУНКЦИИ И ДИАГРАММЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	239
5.1.3. РАЗРЕШАЮЩИЕ СПОСОБНОСТИ ПО ДАЛЬНОСТИ, СКОРОСТИ	
И УГЛОВЫМ КООРДИНАТАМ	244
5.2. АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНЫХ СИГНАЛОВ	
БЕЗ ВНУТРИИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ	246
5.2.1. ВРЕМЯЧАСТОТНАЯ ФУНКЦИЯ РАССОГЛАСОВАНИЯ ОДИНОЧНОГО	
РАДИОИМПУЛЬСА	246
5.2.2. ВРЕМЯЧАСТОТНАЯ ФУНКЦИЯ РАССОГЛАСОВАНИЯ КОГЕРЕНТНОЙ ПАЧКИ	
РАДИОИМПУЛЬСОВ.....	249
5.3. АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНЫХ СИГНАЛОВ	
С ВНУТРИИМПУЛЬСНОЙ ЛИНЕЙНО-ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ	
И ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ	254
5.3.1. ВРЕМЯЧАСТОТНАЯ ФУНКЦИЯ РАССОГЛАСОВАНИЯ СИГНАЛОВ С ЛЧМ.	
ПРЕИМУЩЕСТВА ЛЧМ-СИГНАЛОВ	255
5.3.2. ЖЕЛАЕМАЯ ФУНКЦИЯ РАССОГЛАСОВАНИЯ. ВРЕМЯЧАСТОТНАЯ ФУНКЦИЯ	
РАССОГЛАСОВАНИЯ СИГНАЛОВ С ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ	259
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	266
5.4. РАЗРЕШЕНИЕ ПО УГЛОВЫМ КООРДИНАТАМ	267
5.4.1. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ АКФ	267
5.4.2. РАДИОЛОКАТОРЫ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ	271

ГЛАВА 6

ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ..... 276

6.1. ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ	
СИГНАЛОВ	276
6.1.1. ПОКАЗАТЕЛИ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ.....	276

6.1.2. УРАВНЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ	281
6.1.3. УСТРОЙСТВА ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ	284
6.2. ИЗМЕРИТЕЛИ ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ (ДАЛЬНОСТИ).....	290
6.2.1. НЕСЛЕДЯЩИЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ДАЛЬНОСТИ ОБЗОРНОГО ТИПА	290
6.2.2. ДИСКРИМИНАТОРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ (ДАЛЬНОСТИ).....	293
6.2.3. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ	299
6.3. ИЗМЕРИТЕЛИ СКОРОСТИ ЦЕЛЕЙ.....	303
6.3.1. НЕСЛЕДЯЩИЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ЧАСТОТЫ (СКОРОСТИ)	303
6.3.2. ДИСКРИМИНАТОРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ЧАСТОТЫ	306
6.3.3. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ	310
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	314
6.4. РАДИОПЕЛЕНГАТОРЫ.....	315
6.4.1. ОДНОКАНАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ	316
6.4.2. МОНОИМПУЛЬСНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ.....	319
6.4.3. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ.....	329
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	331
6.5. РАСПОЗНАВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ	332
6.6. СЕЛЕКЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ	343
6.6.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СЕЛЕКЦИИ	343
6.6.2. ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ. КРИТЕРИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СИНТЕЗЕ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ	344
6.6.3. СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ СЕЛЕКЦИИ ЕДИНСТВЕННОЙ ЦЕЛИ В ГРУППЕ.....	346
ГЛАВА 7	
ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ	
ИНФОРМАЦИИ В МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	350
7.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МНОГОПОЗИЦИОННЫХ РЛС. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ.....	350
7.2. ПРИНЦИП ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ.....	356
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	362
ГЛАВА 8	
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ	
СИСТЕМЫ	364
8.1. ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ.....	364
8.2. СИСТЕМА КАЧЕСТВА	365
8.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	367
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	390
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	391
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	393
ОГЛАВЛЕНИЕ	396