

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

---

**Кафедра технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования воздушного транспорта**

**Э.А. Лутин**

# **ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**ПОСОБИЕ**

**по изучению дисциплины**

*для студентов V курса  
специальности 162107 (25.05.03)  
заочной формы обучения*

**Москва - 2015**

ББК 0571.55

Л86

Рецензент д-р техн. наук, проф. В.Е. Емельянов

Лутин Э.А.

Л86 Основы теории радиолокационных систем: пособие по изучению дисциплины. - М.: МГТУ ГА, 2015. - 16 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы теории радиолокационных систем» по Рабочему учебному плану специальности 162107 (25.05.03) для студентов V курса заочной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 28.08.14 г. и методического совета 18.09.14 г.

## 1. Общие положения

Дисциплина «Теоретические основы радиолокации» (ТОРЛ) изучает физические основы радионаблюдения, методы построения радиолокационных станций (РЛС) и соотношения их параметров. «Теоретические основы радиолокации» являются базовой дисциплиной для курса «Радиолокационные системы воздушных судов».

## 2. Литература.

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. М.: Радиотехника, 2004.
2. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации. М.: Радио и связь, 1984.
3. Под редакцией Давыдова П.С.
4. Сосновский А. А., Хаймович И. А. Авиационная радиолокация. Справочник. М.: Транспорт, 1982.
5. Карпухин В.И., Финкельштейн М.И. Задачи и упражнения по основам радиолокации. Учебное пособие. Под ред. М.И. Финкельштейна М.: Машиностроение, 1979.
6. Козлов А. И., Лутин Э. А. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теоретические основы радиолокации». М.: УОП МИИГА, 1985.
- 7.

## 3. Методические указания по программе и принципы её изучения.

В основу построения радиолокационных систем положены такие основные физические свойства электромагнитных волн (ЭМВ), как отражаемость, прямолинейность распространения ЭМВ, конечная скорость распространения, эффект Доплера.

Каждый раздел курса должен быть проработан студентом самостоятельно. Но нужно идти от простого к сложному, постепенно наращивая потенциал знаний.

В качестве основного учебника при изучении курса рекомендуется [1] и [2]. Учебник [3] дается как вспомогательный, для получения прикладных знаний, применения принципов ТОРЛ в конкретных радиолокационных системах и является одним из основных при освоении дисциплины «Радиолокационные системы ВС и АП». Следует отметить, что учебников, освещающих разделы дисциплины ТОРЛ, достаточно много и в силу

аналогичности материалов, приведенных в них, студент может воспользоваться практически любым из доступных.

Трудности курса заключаются в том, что его освоение осуществляется на базе целого ряда ранее изученных дисциплин: теории вероятностей, теории передачи информации, линейных и нелинейных цепей, антенно-фидерных устройств, радиопередающих и радиоприемных устройств, импульсных цифровых устройств.

В процессе изучения курса студент должен выполнить контрольную работу, проделать цикл лабораторных работ в объеме, предусмотренным рабочим планом, защитить каждую лабораторную работу с предоставлением отчета. По окончании обучения сдается экзамен (на экзамене представляется студентом зачетная контрольная работа).

Без сданных лабораторных работ и без зачетной контрольной работы студент к экзамену не допускается. Далее излагается программа изучения теоретического материала, акцентируется внимание студента на особенностях изучения того или иного раздела курса. В конце каждого раздела приводится перечень контрольных вопросов, основная масса которых входит в состав экзаменационных билетов.

### **3.1. Предмет и задачи курса.**

Определение радиолокации, как области науки и техники. Получение радиолокационного изображения. Краткий исторический очерк развития радиолокации. Радиолокация в гражданской авиации. Роль радиолокации в обеспечении безопасности и регулярности полетов.

В этом разделе необходимо обратить внимание на содержание курса и его тесную связь с задачами, стоящими перед гражданской авиацией. Необходимо ознакомиться с основными видами радиолокационного наблюдения (радиолокация с пассивным ответом, радиолокация с активным ответом, пассивная радиолокация), с диапазоном ЭМВ используемом в радиолокации, и системой координат, с историей развития радиолокации, основными достижениями в области радиолокационной техники. Обратить внимание на роль радиолокации в обеспечении полетов, повышении их регулярности.

Литература: [1] стр. 5-20; [2] стр. 4-22.

### **3.2 Физические основы и принципы радиолокации.**

Параметры объектов, измеряемые радиолокационными системами (РЛС). Физические закономерности, положенные в основу радиолокации. Система координат, в которой работают РЛС. Принципы построения РЛС различных видов (активные с пассивным ответом, активные с активным ответом, пассивные). Основное уравнение радиолокации. Типы радиолокационных сигналов и их характеристики. Тактико-технические характеристики РЛС и их взаимосвязь.

В этом разделе необходимо ознакомиться с физическими явлениями, лежащими в основе радиолокации, усвоить вывод основного уравнения радиолокации для РЛС различных видов, ознакомиться с принципом действия основных видов радиолокационных устройств с импульсным и непрерывным методами излучения, принципами измерения угловых координат и методами обзора, рассмотреть упрощенные структурные схемы, выяснить назначение основных узлов, а также оценить преимущества и недостатки методов измерения координат различными сигналами. Следует познакомиться с основными эксплуатационными и техническими характеристиками РЛС, уяснить, что эксплуатационные характеристики дают представление о тактических возможностях РЛС (например, пределы работы по дальности, разрешающая способность, точность определения координат и т. д.). Надо обратить внимание на статистический характер радиолокационной информации и связь эксплуатационно-технических характеристик со статистическими характеристиками радиолокационных сигналов.

Технические характеристики показывают, какими средствами обеспечивается достижение тех или иных тактических характеристик РЛС, т. е. характеризуют всю радиолокационную станцию и её основные узлы с технической точки зрения.

Таким образом, в результате изучения раздела студент должен иметь четкое представление об основных методах радиолокации, их преимуществах и недостатках, а также о взаимосвязи между тактическими и техническими характеристиками.

Литература [1] стр. 20-23. [2] стр. 41-46

#### Контрольные вопросы

1. Физические явления, лежащие в основе радиолокационного измерения?
2. Дайте определение информативного параметра радиосигнала, приведите примеры параметров.
3. Виды радиолокационных станций?
4. Какие системы координат, используются при определении местоположения с помощью РЛС?
5. Вывод основного уравнения радиолокации для активной РЛС с пассивным ответом и для РЛС с активным ответом?
6. Методы измерения дальности?
7. Методы измерения угловых координат?
8. Каковы принципы определения скорости в РЛС?
9. В чем заключается задача обнаружения сигналов, почему она носит статистический характер?

### 3.3. Радиолокационные цели.

Физические основы отражения радиоволны от земной поверхности. Виды отражающих поверхностей. Эффективная отражающая поверхность и площадь целей. ЭОП тел простой формы. Искусственные отражатели. ЭОП целей сложной конфигурации. Вероятностные методы оценки ЭОП. Поверхностно и объемно распределённые цели.

В радиолокации отражающие свойства объекта характеризуются эффективной площадью отражения. Расчет эффективной отражающей поверхности аналитическими методами возможен в отдельных случаях для тел простой геометрической формы. Что касается тел сложной конфигурации, то для них эффективная отражающая поверхность определяется экспериментальным путем.

При изучении настоящего раздела следует обратить внимание на понятие эффективной отражающей поверхности простейших тел (полуволновый вибратор, металлический лист, уголкового отражатель и др.), студент должен иметь понятие о расчетах эффективной поверхности отражения тел криволинейной формы (шар, цилиндр и др.).

Реальные объекты, с которыми чаще всего приходится иметь дело в радиолокации, являются телами сложной конфигурации (самолет, корабль и т. д.), для которых расчет практически невозможен.

В связи с этим при расчетах пользуются величиной, полученной экспериментальным путем. Однако такая сложная цель, как самолет или корабль, имеет диаграмму вторичного излучения, в которой величина отраженной мощности в зависимости от угла наблюдения меняется в значительных пределах. В связи с этим в процессе радиолокационного наблюдения сложной цели величина принимаемой РЛС отраженной мощности, может изменяться.

Это изменение подчиняется вероятностным законам. Именно поэтому величину эффективной площади отражения сложной цели задают вероятностными характеристиками: средним значением, плотностью вероятности и др.

При изучении материала данного раздела необходимо также изучить принципы отражения от распределенных целей (поверхностных, объемных).

#### Контрольные вопросы

1. Отражающие свойства целей?
2. Поясните принцип классификации точечной цели ?
3. Каковы особенности отражения ЭМВ от реальных целей ?
4. Статистический характер отраженных сигналов ?
5. Поляризационные характеристики целей ?

## 6. ЭПР протяженных целей ?

Для закрепления теоретического материала выполняется лабораторная работа №1

Литература [1] стр.23-31, [2] стр.133-147, 155-171, 175-181.

### 3.4. Обнаружение и оптимальная обработка радиолокационных сигналов.

Обнаружение радиолокационных сигналов как статистическая задача. Оптимальный прием. Функция правдоподобия и отношение правдоподобия. Оптимальный приемник для полностью известного сигнала, для сигнала со случайной начальной фазой, для сигналов в виде когерентной и некогерентной пачки. Количественные характеристики оптимального приема – кривые обнаружения. Корреляционный приемник и согласованный фильтр.

При рассмотрении этого раздела следует уяснить постановку задачи статистического обнаружения, изучить метод вычисления функции правдоподобия, её связь с вероятностью обнаружения сигнала в шуме, а также алгоритмы вычисления функции правдоподобия с помощью достаточного приемника.

Следует разобраться в определении отношения правдоподобия для различных критериев обнаружения (идеального наблюдателя, Неймана-Пирсона и др.), уяснить связь отношения сигнал/шум на выходе оптимального приемника с характеристиками обнаружения и ложной тревоги. Следует усвоить принципы количественных оценок оптимальной фильтрации и кривые обнаружения сигналов. Надо уяснить трудности реализации оптимальных фильтров и необходимость перехода к упрощенным техническим реализациям – квазиоптимальным фильтрам.

Необходимо обратить внимание на потери при неоптимальной обработке и их учет при расчетах требуемого соотношения сигнал/шум.

#### Контрольные вопросы

1. Какова физика возникновения ошибок «ложной тревоги» и «пропуска цели»?
2. Почему форма сигнала на выходе линейной части приемника схожа с шумовым выбросом?
3. Перечислите критерии оптимального обнаружения.
4. Поясните понятия условного, среднего и апостериорного риска.
5. Что такое критерий Неймана-Пирсона?
6. В чем отличие критерия Вальда от критерия Неймана - Пирсона?
7. Какими соотношениями связаны вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги в одном элементе разрешения и во всей области обзора?
8. Что такое отношение правдоподобия?

9. . Каковы основные модели радиосигналов?
10. Поясните методы синтеза оптимальных обнаружителей одиночных сигналов для модели: а) полностью известного сигнала; б) сигнала с неизвестной начальной фазой; в) сигнала с неизвестной начальной фазой и флуктуирующей амплитудой.
11. В чем особенность синтеза обнаружителей пачек радиоимпульсов на фоне белого шума?
12. Как связаны отношения правдоподобия пачки импульсов и одиночного импульса?
13. Как строятся характеристики или кривые обнаружения?
14. Что такое пороговая мощность?

Литература: [1] стр. 40=89, [2] стр. 184-203, 215-251.

### **3.5. Устройства оптимальной обработки сигналов различного вида.**

Основные виды радиолокационных сигналов. Структура оптимальных приемников для их обнаружения. Характеристики оптимального приема. Согласованные фильтры для некоторых типов сигналов. Квазиоптимальные приемники. Аналоговые накопители когерентных и некогерентных сигналов. Каковы схемы накопителей в обнаружителях пачек радиоимпульсов? Цифровые обнаружители радиосигналов. Метод бинарного обнаружения. Квантование радиосигналов.

В этом подразделе курса изучаются приложения теории оптимального обнаружения к построению устройств оптимальной обработки сигналов различного типа. При изучении особое внимание следует обратить на физическую реализацию сигналов и фильтров, на различия структуры когерентных и некогерентных сигналов и структуры оптимальных и квазиоптимальных фильтров для их выделения на фоне шумов. Необходимо научиться синтезировать характеристику и схему оптимального фильтра по структуре сигналов, учитывать потери квазиоптимальной фильтрации при различных схемах приема, в том числе при бинарном обнаружении.

#### Контрольные вопросы

1. Нарисуйте структурные схемы обнаружителей одиночных сигналов, изобразите вид сигнала в характерных точках схемы.
2. В чем отличие структуры обнаружителя пачки некогерентных радиоимпульсов от структуры обнаружителя пачки когерентных радиоимпульсов?
3. Каковы схемы накопителей в обнаружителях пачек радиоимпульсов?
4. В чем особенность цифровых обнаружителей радиосигналов?
5. Какова схема бинарного обнаружителя, работающего в «скользящем»



окне?

Литература: [1] стр. 60-77, [2] стр. 203-215, 234-255.

### **3.6. Радиолокационные измерения.**

Методы измерения координат: дальнометрия, углометрия и измерение скорости.

Потенциальная точность радиолокационных измерений. Связь параметров сигнала и метода измерений с точностью измерений.

Корреляционная функция сигнала и её связь с точностью измерений. Потенциальная точность совместных измерений.

Основные положения индикации и воспроизведения. Методы измерения дальности: фазовый, частотный, импульсный. Метод измерения дальности на основе возвратно-наклонного зондирования, разработанный Кабановым.

Индикаторы дальности. Методы измерения угловых координат. Метод максимума и метод сравнения. Моноимпульсный метод измерения углов. Формирование диаграмм направленности и искажение диаграммы от влияния земли. Эффект Доплера. Доплеровский измеритель скорости. Совместная точность измерения дальности и скорости. Структурная схема доплеровского измерителя скорости и угла сноса.

Воспроизведение информации о местоположении объектов. Принципы построения индикаторов кругового обзора.

Изучение этого раздела следует начинать с вопроса потенциальной точности радиолокационных измерений, характеризуемой формой сигнала и отношением сигнал/шум.

Точность измерения определяется ошибками, которые подразделяются на систематические и случайные. Систематические ошибки в принципе можно компенсировать введением поправок при калибровке РЛС. Случайную ошибку компенсировать нельзя, так как её конкретное значение при каждом отдельном случае измерения неизвестно. Поэтому величина случайной ошибки определяет и ограничивает точность измерения. По месту возникновения ошибки измерения дальности подразделяются на внешние и аппаратные. К внешним относятся ошибки, вносимые самой целью. Внешние ошибки – это ошибки, обусловленные нестабильностью условий распространения. Они не зависят от способа измерения и типа аппаратуры.

К аппаратным относят ошибки, обусловленные шумами при данном методе измерения дальности (шумовые ошибки метода) и инструментальные ошибки. Ошибки, обусловленные шумами, определяются относительным уровнем шумов, видом сигнала и совершенством способа его обработки. При оптимальном способе обработки шумовая ошибка метода минимальна и

характеризует потенциально возможную точность измерения при данной форме сигнала и заданном соотношении сигнал/шум.

Наибольшее распространение в радиолокационной технике получил метод импульсной дальнометрии. Поэтому в рассматриваемом разделе основное внимание должно быть уделено изучению методов измерения дальности при импульсном излучении.

Однако прежде чем начинать изучение импульсных методов дальнометрии, следует (в соответствии с программой) ознакомиться с методом определения дальности способом частотной модуляции и, в качестве примера, проанализировать принцип работы простейшего радиолокатора (например, радиовысотомера).

Переходя к изучению импульсных дальномеров, следует уделить особое внимание методам повышения их точности. Нужно рассмотреть схему с потенциометром, принцип работы многошкальных систем. В качестве примера следует рассмотреть систему дальномера с подвижной меткой дальности.

Одним из важнейших параметров дальномеров является разрешающая способность. Повышение разрешающей способности достигается путем уменьшения длительности сигнала или расширением его спектра.

Основными методами определения направления на объект являются: метод максимума, метод минимума и метод сравнения. Все они используют направленные свойства антенных систем.

Применение определённого метода в радиолокации обусловлено рядом таких причин, как точность определения угловых координат, простота реализации, соотношения сигнал/шум в момент пеленга и др.

При пеленгации методом сравнения могут быть использованы две схемы: одноканальная и многоканальная. Измерение угловых координат в многоканальной схеме возможно осуществлять при приеме одого отраженного импульса. Такие схемы получили название моноимпульсных.

Помимо изучения методов определения угловых координат необходимо обратить внимание на особенность конструктивного выполнения систем в различных диапазонах волн, изучить методы обзора пространства.

Для обнаружения цели и определения её координат в настоящее время в большинстве случаев применяется поочерёдный обзор всех точек пространства, находящегося в зоне действия РЛС. Такое зондирование пространства производится при помощи перемещения диаграммы направленности антенного устройства по определённому закону. Перемещение диаграммы может производиться как посредством механического перемещения антенного устройства, так и электрическим способом. Вне зависимости от этого скорость обзора пространства должна быть согласована с другими параметрами РЛС (например, с периодом повторения импульсов, временем послесвечения трубки индикатора и т. д.).

Таким образом, целью данного раздела, помимо ознакомления с методами и системами обзора пространства, является изучение основных

соотношений между скоростью обзора пространства, угловыми размерами диаграммы направленности, частоты следования импульсов и т. д. Такие отношения следует выяснить для основных видов обзора (кругового, винтового, конического и т. д.).

Далее нужно перейти к обобщению полученных данных и сведений, рассмотреть связь между временем, скоростью и пределами зоны обзора пространства.

В этом же разделе рассматриваются методы измерения радиальной скорости движения цели, использующие эффект Доплера.

#### Контрольные вопросы.

1. Какие Вы знаете методы измерения дальности? Их достоинства и недостатки?
2. Какие Вы знаете методы измерения угловых координат? Их достоинства и недостатки?
3. От чего зависит точность измерения временного интервала?
4. Как сказывается крутизна пеленгационной характеристики антенны на точность измерения угловых координат?
5. Поясните принцип построения моноимпульсного пеленгатора.
6. Какие методы обзора пространства вы знаете?
7. Каковы особенности обзора пространства с помощью ФАР?

Литература: [1] стр. 252-282, [2] стр. 16-22, 63-77, 92-95, 100-115, 374-407, 407-431.

Лабораторные работы №2 и №4.

### **3.7. Цифровые методы измерения координат цели.**

Цифровые методы измерения скорости и дальности. Цифровые методы измерения угловых координат.

Сопряжение РЛС и ЭВМ. Обработка радиолокационной информации с помощью ЭВМ.

Анализ основных видов и принципов построения информационно-кибернетических устройств.

Одним из наиболее широко распространенных методов обработки радиолокационной информации является обработка сигналов РЛС в электронной вычислительной машине (ЭВМ). Сопряжение РЛС и ЭВМ привело к развитию цифровых методов обработки информации. Параметры сигнала (временные, частотные, амплитудные) преобразуются в двоичный код и далее передаются в ЭВМ. Полученная цифровая информация проходит процедуру обработки, с помощью которой осуществляется обнаружение, измерение

координат, запоминание этой информации и т. п. Необходимо также ознакомиться с функциональными схемами сдвигающего регистра, обнаружения пачки, преобразователей «дальность – код» и «угол – код».

### Контрольные вопросы

1. Каковы принципы дискретизации радиолокационных сигналов во времени?
2. Как связана дискретизация во времени с разрешающей способностью по дальности?
3. Как связана угловая разрешающая способность РЛС с дискретизацией по углу?
4. Поясните принцип измерения дальности нониусным методом.
5. Каковы методы преобразования угла поворота антенны в двоичный код?
6. Поясните принцип бинарного обнаружения сигналов РЛС?

Литература: [1] стр. 290-295, [2] стр.388-397, 402-407.

### **3.8. Когерентно-импульсные методы селекции движущихся целей.**

Принцип селекции движущихся целей на основе эффекта Доплера. Когерентно-импульсный метод СДЦ. Псевдокогерентная система РЛС. СДЦ путем черезпериодной компенсации. Требования к стабильности элементов систем СДЦ.

В радиолокации при обнаружении целей почти всегда приходится иметь дело с помехами, которые появляются за счет отражения от различных объектов (облака, волнуемое море и т. д.).

Очень часто интенсивность сигналов, отраженных от этих объектов, бывает даже больше, чем интенсивность сигналов, отраженных от целей, и таким образом при помощи обычных импульсных РЛС оказывается невозможным обнаружить цель на фоне маскирующих помех.

Однако в том случае, если обнаруживаемая цель движется относительно фона, можно создать радиолокационное устройство, на индикаторе которого были устранены сигналы помех.

Задача выделения отраженных сигналов от движущихся целей на фоне неподвижных решается при помощи так называемых когерентно-импульсных систем, принцип построения которых заключается в следующем: если теперь произвести импульсную модуляцию излучаемого непрерывного сигнала, то есть добиться когерентности колебаний импульсных высокочастотных сигналов, то помимо сведений о скорости перемещения цели мы будем иметь возможность измерять дальность как и в обычном импульсном радиолокаторе.

При этом на индикаторе могут быть видны отметки как от движущихся, так и неподвижных целей.

Применяя в оконечном устройстве черезпериодную компенсацию отраженных сигналов, можно получить отметки только от интересующих нас движущихся целей.

Применение когерентно-импульсных систем позволяет значительно улучшить параметры РЛС. Благодаря чему в последнее время эти системы получили широкое распространение.

Для успешного усвоения материала этого раздела требуется четкое понимание принципов работы радиолокационных устройств с непрерывным импульсным излучением, которое должно быть выработано в результате изучения предыдущих разделов.

### Контрольные вопросы

1. Принцип построения истинно-когерентных систем селекции движущихся целей (СДЦ)?
2. Принцип построения псевдо-когерентных систем селекции движущихся целей?
3. Как реализуется принцип череспериодной компенсации при СДЦ?
4. Как возникают слепые скорости при СДЦ?
5. Каковы методы борьбы со слепыми скоростями при СДЦ?
6. Как определяется качество системы СДЦ?

Литература: [1] 163=191, [2] стр.294-319, 348-355.

ЛР № 2

### **3.9. Радиолокация с активным ответом.**

Общая характеристика РЛС с активным ответом. Дальность действия системы «запрос – ответ» (основное уравнение радиолокации для активного ответа). Структурные схемы запросчика и ответчика.

Радиолокация с активным ответом, именуемая также вторичной радиолокацией, характеризуется тем, что ответный сигнал является переизлученным с помощью специального устройства ответчика. При изучении этого раздела необходимо обратить внимание, что в системе существенно возрастает дальность действия и помехоустойчивость. Этот вид радиолокации используется для повышения дальности в системах УВД и для опознавания целей. Полезно отметить, что в ответный сигнал может быть внесена дополнительная полезная информация (например, о высоте полета, номере воздушного судна, остатке топлива и т. д.).

### Контрольные вопросы

1. Каковы принципы построения системы с активным ответом?
  2. Выведите основное уравнение радиолокации для РЛС с активным ответом.
  3. Каким должно быть соотношение тактико-технических характеристик запросчика и ответчика?
  4. Назовите достоинства систем с активным ответом?
  5. Как осуществляется борьба с запросами ответчика по боковым лепесткам ДНА запросчика?
  6. Каковы особенности кодирования информации в активных РЛС?
- Литература: [1] стр. 121-122, [2] стр. 449-458.

### 3.10. Сложные радиолокационные сигналы.

Общая характеристика сложных сигналов – их преимущества и перспективы применения. Частотно-модулированные импульсы.

Повышение дальности действия РЛС, одной из основных эксплуатационных характеристик, может быть достигнута путем увеличения длительности зондирующего импульса. Чтобы сохранить в этом случае разрешающую способность РЛС, необходимо расширить спектр сигнала. Расширение спектра сигнала может быть получено путем применения внутриимпульсной частотной и фазовой модуляции несущей. При изучении материалов раздела обратите внимание на соотношения, которые имеют место при формировании зондирующего и принимаемого сигналов, на форму сигнала на выходе РЛС, на мешающую роль боковых лепестков, на разрешающую способность сложных сигналов.

### Контрольные вопросы

1. Какова необходимость увеличения длительности сигналов РЛС?
2. Функция неопределенности радиолокационного сигнала?
3. Поясните взаимосвязь разрешающей способности радиолокационного сигнала по дальности и по скорости.
4. Функция неопределенности радиолокационного сигнала с внутриимпульсной частотной модуляцией.
5. Функция неопределенности радиолокационного сигнала с внутриимпульсной фазовой манипуляцией.
6. Каковы методы обработки радиолокационных сигналов с внутриимпульсной модуляцией?
7. Методы сжатия импульсов с ЛЧМ.

8. Методы сжатия радиолокационного сигнала с внутриимпульсной фазовой манипуляцией?

Литература: [1] стр. 91-119, [2] стр. 355-374.

---

	Подписано в печать 07.11.14г.	
Печать офсетная	Формат 60x84/16	0,72 уч.-изд. л.
0,93 усл.печ.л.	Заказ № 1902/	Тираж 75 экз.

---

*Московский государственный технический университет ГА*  
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20  
*Редакционно-издательский отдел*  
125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а