

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Э.А. Лутин

ПОСОБИЕ
для изучения дисциплины
РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
и контрольные задания
для студентов V курса специальности 160905
заочного обучения

Москва – 2006

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. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации. М.: Радио и связь, 1984.
2. Радиолокационные системы воздушных судов; Под ред. П. С. Давыдова М.: Транспорт, 1988.
3. Козлов А. И., Лукин Э. А. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теоретические основы радиолокации». М.: УОП МИИГА, 1985.
4. Козлов А. И. Отражательные характеристики радиолокационных целей. Учебное пособие. М.: РИО МИИГА, 1983.
5. Теоретические основы радиолокации; Под ред. В. Е. Дулевича М.: Сов. радио, 1978.
6. Радиолокационные устройства (теория и принципы построения); Под ред. В. В. Григорина-Рябова. М.: Сов. радио, 1970.
7. Сосновский А. А., Хаймович И. А. Авиационная радиолокация. Справочник. М.: Транспорт, 1982.
8. Карпухин В.И., Финкельштейн М.И. Задачи и упражнения по основам радиолокации. Учебное пособие. Под ред. М.И. Финкельштейна М.: Машиностроение, 1979.

3. Методические указания по программе и принципы её изучения.

В основу построения радиолокационных систем положены такие основные физические свойства радиоволны, как прямолинейность распространения ЭМВ, конечная скорость распространения, эффект Доплера.

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

В качестве основного учебника при изучении курса рекомендуется [1]. Учебник [2] дается как вспомогательный, для получения прикладных знаний, применения принципов ТОРЛ в конкретных радиолокационных системах.

Трудности курса заключаются в том, что его освоение осуществляется на базе 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.

3.1. Предмет и задачи курса.

Определение радиолокации и РЛС. 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 особое внимание на содержание курса и его тесную связь с задачами, стоящими перед гражданской авиацией. Необходимо ознакомиться с основными типами РЛС, историей развития радиолокации, основными достижениями в области радиолокационной техники. Обратить внимание на роль радиолокации в обеспечении полетов, повышении их регулярности.

Литература: [1] ; [2].

3.2 Физические основы и принципы радиолокации.

Параметры объектов, измеряемые РЛС. Физические закономерности, положенные в основу радиолокации. Принципы построения РЛС. Основное уравнение радиолокации. Типы радиолокационных сигналов и их характеристики. Характеристики основных элементов РЛС. Эксплуатационно-технические характеристики РЛС и их взаимосвязь.

При изучении этого раздела особое внимание обратить на связь физических принципов радиолокации с основным уравнением. Усвоить вывод основного уравнения радиолокации. В этом разделе необходимо также ознакомиться с физическими основами радиолокации, с принципом действия основных видов радиолокационных устройств, с импульсным и непрерывным методами излучения, принципами измерения угловых координат и методами обзора, рассмотреть основные 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.

Технические характеристики показывают, какими средствами обеспечивается достижение тех или иных эксплуатационно-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 эксплуатационными и техническими характеристиками.

Литература [1].

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 студент должен обратить внимание на понятие эффективной поверхности отражения для простейших тел (полуволновый вибратор, металлический лист, уголкового отражателя и др.), 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).

Литература: [1], [3].

Лабораторная работа №1

3.4. Обнаружение и оптимальная обработка радиолокационных сигналов.

Обнаружение радиолокационных сигналов как статистическая задача. Радиолокационная информация как отраженное разнообразие. Оптимальный прием.

Функция правдоподобия и отношение правдоподобия. Оптимальный приемник для полностью известного сигнала. 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. Необходимо глубоко проработать вопросы синтеза оптимального приемника, структуры корреляторов и оптимальных фильтров.

Усвоить принципы количественных оценок оптимальной фильтрации и кривые обнаружения сигналов. Следует 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.

Литература: [1], [3].

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.

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.

Литература: [1], [2].

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 скомпенсировать введением поправок при калибровке РЛС. Случайную ошибку скомпенсировать 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.

Литература: [1], [2], [3].

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».

Литература: [1], [2].

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.

Литература: [1], [3].

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.).

Литература: [1], [2].

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.

Литература: [1].

4. Контрольное задание

Каждый студент заочного отделения, изучающий курс ТОРЛ, должен выполнить одно контрольное задание, которое пересылается в институт, проверяется преподавателем и возвращается студенту с рецензией и резолюцией (допущен к защите, не допущен к защите). До экзамена контрольная работа должна быть защищена. Без зачета контрольной работы студент до экзамена не допускается.

Контрольное задание рекомендуется выполнять последовательно, по мере изучения отдельных разделов курса.

Задание в настоящих методических указаниях представлено в виде 20 вариантов. В каждом варианте 5 задач.

Номер варианта соответствует сумме двух последних цифр шифра номера зачетной книжки (номера студенческого билета). Например, номер зачетной книжки 78670 соответствует варианту № 17 (7+10). Каждый студент выполняет 5 задач своего варианта. При выполнении графической части контрольной работы соблюдение правил ЕСКД обязательно. При нарушении требований ЕСКД контрольная работа не рецензируется и возвращается студенту.

При решении задач должны соблюдаться требования: сначала следует формульная запись, затем числовая подстановка в основных единицах СИ и окончательный результат. Например,

$$D = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 10^{-6} \text{ с}}{2} = 150 \text{ м.}$$

Вариант № 1

Задача № 1

Найти мощность в импульсе, требуемую для того, чтобы цель имеющая ЭПР, равную 1 м^2 , обнаруживалась в свободном пространстве на дальности $= 500 \text{ км}$ при $G_a = 3000$, $\lambda = 25 \text{ см}$, $P_{\text{пр min}}$ на 100 дБ ниже 1 мВт.

Задача № 2 Определить коэффициент различимости при приеме радиолокационных сигналов, если чувствительность приемника равна 100

дБ/мВт, его шумовая температура 200 К, а полоса пропускания (эффективная) 5 МГц.

Задача № 3

В РЛС используются импульсы $\tau_n = 1$ мк/сек с прямоугольной огибающей и антенна с шириной луча $\theta_{a0,5} = 4^\circ$. Цель наблюдается на индикаторе «дальность-азимут» в прямоугольных координатах. Как следует выбрать предельные значения шкал дальности $D_{шк}$ и азимута $\Phi_{шк аз}$, чтобы обеспечивались реальные разрешающие способности $\delta(D) = 200$ м и $\delta(\varphi_{аз}) = 1.5$ ю. Качество фокусировки трубки принять $Q_{ф} = 400$.

Задача № 4

Когерентно импульсная РЛС наблюдения за самолетами работает на волнах длиной 10 см при длительности импульсов 20 мк/сек. Обнаруживает ли РЛС самолет, движущийся прямо на нее с радиальной скоростью 8 км/сек. Если полоса пропускания приемника согласована с длительностью излучаемых импульсов?

Задача № 5

Определить во сколько раз может быть снижена мощность передатчика РЛС при переходе из режима работы с пассивным ответом в режим работы с активным ответом при сохранении постоянной дальности действия 200 км, если чувствительность приемника ответчика ниже чувствительности приемника запросчика на 50 дБ, а эффективная площадь антенны ответчика меньше эффективной площади антенны запросчика в 200 раз. При работе РЛС в режиме с пассивным ответом ЭОП цели составляет 20 м².

Вариант 2

Задача №1

Определить дальность действия РЛС с активным ответом и чувствительность приемника ответчика, если мощность передатчиков запросчика и ответчика составляет соответственно 100 кВт и 4,5 Вт, чувствительность приемника запросчика 90 дБ/мВт, коэффициент усиления антенны запросчика 20, а эффективная площадь антенны ответчика 0,05 м² (принимается равенство дальностей действия по линиям запроса и ответа).

Задача № 2

Для обеспечения заданной дальности действия РЛС длительность зондирующего импульса должна быть $\tau_n = 10$ мкс. Определить коэффициент сжатия сигнала m , необходимый для обеспечения потенциальной разрешающей способности по дальности $\delta D_n = 30$ м. Какова при этом должна быть девиация частоты?

Задача №3

Построить пеленгационную характеристику фазового угломерного устройства (по выходу фазового детектора) при изменении угла цели в пределах от 0 до 25°. Длина волны равна 10,2 см, расстояние между антеннами 58 см. Указать диапазон однозначности пеленгатора.

Задача № 4

Определить требуемое значение отношения сигнал/шум и коэффициент различимости, если нужно обеспечить обнаружение цели в когерентно-импульсной РЛС при $P_{по}=0,95$ и $P_{лт}=10^{-4}$ по пачке из 1500 импульсов. Произведение коэффициентов потерь принять равным 12.

Задача № 5

Сигнал с полностью известными параметрами обнаруживается с вероятностями $P_{по}=0,9$ и $P_{лт}=10^{-5}$. Найти потенциальную среднеквадратическую ошибку измерения дальности, если сигнал имеет вид одиночного импульса гауссовской формы с $\tau_{и}=3$ мкс.

Вариант № 3

Задача № 1

Обнаруживается точно известный сигнал с $P_{по}=0,9$ и $P_{лт}=10^{-3}$. Как следует выбрать ширину луча антенны, чтобы при пеленгации методом максимума иметь потенциальную среднеквадратическую ошибку измерения угла не более 3' минут.

Задача № 2

Для обеспечения заданной дальности действия длительность зондирующих радиоимпульсов с колоколообразной огибающей (имеющих эффективную ширину спектра $\Delta f_{эф}=1,66/\tau_{и}$; $\tau_{0,5}=20$ мкс. Определить необходимое значение коэффициента сжатия радиоимпульса с ЛЧМ, при котором потенциальная средняя квадратичная ошибка измерения дальности $\sigma_{п}(D)=5$ м, если отношение сигнал/шум по мощности на входе фильтра сжатия $2E_c/N_0=10$.

Задача № 3

Определить суммарные потери (Π_{Σ}) в импульсной некогерентной радиолокационной станции при приеме 20 импульсов и использовании в качестве накопителя индикатора кругового обзора. Резонансная характеристика усилителя промежуточной частоты гауссовской формы, а полоса пропускания в три раза шире оптимальной ($\Delta f_{опт}=1/\tau_{и}$); произведение скорости развертки на длительность импульса ($V_{разв} \tau_{и}$) в 10 раз меньше диаметра пятна ($d_{п}$). Излучаются импульсы прямоугольной формы.

Задача № 4

Когерентно импульсная РЛС работает на частоте 3000 МГц. Частота повторения импульсов 1000 имп/с. Определить значение слепых радиальных скоростей.

Задача № 5

Найти максимальную высоту действия радиовысотомера, имеющего конический луч с круглым сечением, при диффузной поверхности с коэффициентом обратного отражения $\gamma_0 = -15$ дБ, непрерывном сигнале со средней мощностью $P_{cp} = 1$ Вт, $\lambda = 7$ см и чувствительности приемника 80 дБ по отношению к 1 мВт.

Вариант № 4

Задача № 1

Бортовой ответчик имеет мощность передатчика 2 Вт, чувствительность приемника 10^{-7} Вт и работает на частоте 1000 МГц. Определить мощность передатчика запросчика, если запросчик работает на частоте 1060 МГц, а чувствительность его приемника 100 дБ/мВт (принимается равенство дальностей по каналам запроса и ответа).

Задача № 2

Оценить насколько незнание начальной фазы сигнала заставляет увеличить отношение сигнал/шум при $P_{по} = 0,5$ и $P_{лт} = 0,1$, а также при $P_{по} = 0,99$ и $P_{лт} = 10^{-3}$.

Задача № 3

В РЛС применяются отдельные антенны: передающая с коэффициентом усиления $G_a = 1000$ и приемная с эффективной площадью $S_a = 2$ м, если мощность в импульсе $P_{и} = 200$ кВт, чувствительность приемника $P_{пр \min}$ на 92 дБ ниже 1 мВт.

Задача № 4

Определить для когерентно-импульсной РЛС с простым фазовым детектором минимальную радиальную скорость цели, при которой по крайней мере один раз за длительность пачки чувствительность системы СДЦ уменьшается до нулевой («слепая» фаза), если число импульсов $N = 10$, частота повторения $F_{п} = 500$ имп/с, длина волны $\lambda = 10$ см.

Задача № 5

Определить потенциальную точность измерения дальности, если отраженный импульс имеет колоколообразную форму при длительности импульса по уровню 0,5 от максимума $\tau_{0,5} = 1$ мкс и отношении сигнал/шум $2E_c/N_0 = 9$.

Вариант № 5

Задача № 1

Определить дальность действия запросчика в направлении бокового лепестка диаграммы направленности, величина которого на 20 дБ ниже уровня

основного лепестка, если дальность действия запросчика по основному лепестку диаграммы направленности составляет 400 км.

Задача № 2

Определить требуемый сдвиг фаз в фазовращателях плоской фазированной антенной решетки, для обеспечения отклонения луча в горизонтальной плоскости на 5° , если расстояние между излучателями равно 75 см, длина волны 25 см.

Задача № 3

Найти ослабление сигнала, отраженного от цели, расположенной на расстоянии 200 км, только за счет затухания в дожде средней интенсивности ($I=10$ мм/час) вдоль всей трассы для $\lambda =10$ и 23 см (α/I соответственно 3×10^{-7} и 5×10^{-7} дБ/км/мм/ч).

Задача № 4

Определить степень уменьшения пороговой энергии для некогерентного накопителя при переходе от одного импульса к пачке из $N=10$ и $N=100$ импульсов при вероятности правильного обнаружения $P_{по}=0,5$ и вероятности ложной тревоги $P_{лт}=10^{-7}$.

Задача № 5

Радиолокационная станция имеет разрешающую способность по угловым координатам $\delta(\varphi_{аз})=\delta(\varphi_{ум})=\delta(\varphi)=4^\circ$. Определить максимальную дальность наблюдения, при которой самолет, летящий в направлении на РЛС, перестает быть для нее точечной целью.

Вариант № 6.

Задача № 1.

Импульсная РЛС с сектором обзора $\pm 100^\circ$ излучает зондирующий сигнал мощностью 10 кВт в импульсе при длительности импульса 2 мкс и частоте повторения 400 имп/с. Определить энергию сигнала, излучаемого в направлении на цель, если частота сканирования антенны составляет 60 сканир/мин, а ширина диаграммы направленности 3° . Форму зондирующего импульса и диаграмму направленности антенны считать прямоугольными.

Задача № 2.

Определить во сколько раз максимальная эффективная, отражающая поверхность трехгранного уголкового отражателя, больше, чем площадь раскрыва этого отражателя при отношении длины ребра к длине волны, равном 10.

Задача № 3.

Определить степень уменьшения пороговой энергии для некогерентного накопителя при переходе от одного импульса к пачке из $N = 10$ и $N = 100$

импульсов при вероятности обнаружения $P_{по} = 0,5$ и вероятности ложной тревоги $P_{лт} = 10^{-10}$.

Задача № 4.

При модернизации РЛС размеры антенны увеличились в 1,34 раза, а чувствительность приемника повысилась на 2 дБ. Во сколько раз возрастет дальность?

Задача № 5.

Во сколько раз изменится дальность действия РЛС при переходе с пассивного ответа в режим с активным ответом, если импульсная мощность передатчика запросчика составляет 1 кВт, чувствительность приемника запросчика составляет 10^{-12} Вт, длина волны запросчика 30 см, импульсная мощность передатчика ответчика 10 Вт? При работе РЛС в режиме с пассивным ответом ЭОП цели составляла 10 м^2 . Коэффициент усиления антенны ответчика 1. Какова при этих условиях чувствительность приемника ответчика, если полагать, что запрос и ответ производятся на одной и той же частоте? Дальность действия по линии запроса и ответа равны друг другу.

Вариант № 7.

Задача № 1.

Определить энергию в импульсе и пиковую мощность прямоугольного импульса, если средняя мощность равна 8 Вт, а длительность импульса 2 мкс?

Задача №2.

Определите максимальную частоту вторичных доплеровских биений при длине волны РЛС 3 см, ширине луча 3° , наклоне луча вниз относительно плоскости горизонта на 60° , путевой скорости 720 км/ч при отклонении луча в горизонтальной плоскости относительно линии пути на 0° и 30° .

Задача № 3.

Выбрать оптимально значение порогового числа импульсов при двоичном накоплении по методу «К из N» для $N = 10$, при котором для заданных значений вероятностей обнаружения $P_{по}$ и $P_{лт}$ достигается наивысшая чувствительность приемника.

Задача № 4.

Определить отношение дальности действия РЛС при когерентном и некогерентном способах обработки. Во сколько раз нужно в этих случаях увеличить число импульсов в пачке, с прямоугольной огибающей для повышения дальности вдвое?

Задача №5.

Определить необходимые значения мощности передатчика и чувствительности приемника ответчика, для которых при переходе РЛС из режима работы с пассивным ответом по цели с ЭОП 10 м^2 в режим работы с активным ответом дальность действия возросла в два раза. Мощность передатчика запросчика 500 кВт , чувствительность его приемника 10^{-12} Вт . Запрос и ответ проводятся на одной и той же длине волны 30 см . Коэффициент усиления антенны запросчика 1 .

Вариант № 8.

Задача № 1.

Импульсная РЛС имеет дальность действия 300 км . Как следует выбрать частоту повторения, если: а) временем обратного хода развертки можно пренебречь; б) время обратного хода развертки составляет 25% от периода повторения.

Задача № 2.

Бортовая РЛС на частоте 10 ГГц при скорости полета низколетящего самолета над морем со скоростью 360 км/ч обнаружила корабль, уходящий со скоростью 72 км/ч под углом 60° к курсу самолета. Найти доплеровский сдвиг частоты отраженного сигнала.

Задача № 3.

Определить число элементов задержки на период повторения T_p , требуемых для построения программного обнаружителя методом «N из N» при $N = 5$ и числе каналов дальности 50 .

Задача № 4.

Что произойдет с дальностью РЛС, если при прочих равных параметрах длительность импульса возрастает с $0,5$ до 5 мкс , а полоса пропускания приемника в обоих случаях оптимальна?

Задача №5.

Иногда используют совмещенные системы с активным ответом. Когда наземная РЛС с пассивным ответом является запросчиком системы с активным ответом. При этом ответные сигналы должны приниматься с той же максимальной дальностью, что и отраженные. Определить мощность передатчика и чувствительность приемника ответчика, если мощность передатчика запросчика 100 кВт , чувствительность приемника запросчика 10^{-11} Вт , эффективная отражающая площадь цели 20 м^2 , коэффициент усиления антенны запросчика 1 , а запрос и ответ производятся на одной и той же длине волны 10 см . Дальность действия по линии запроса и ответа равны друг другу.

Вариант № 9.

Задача № 1.

Импульсная РЛС имеет частоту зондирующих сигналов 2500 имп/с. Время обратного хода развертки составляет 25% от длительности развертки. Определить интервалы дальности, на которых отсутствует возможность обнаружения целей.

Задача № 2.

Бортовая РЛС на частоте 10 ГГц при скорости полета самолета 470 км/ч обнаружила встречный самолет, имеющий скорость 800 км/ч. Определить доплеровский сдвиг частоты в отраженном сигнале.

Задача № 3.

Во сколько раз чувствительность приемника РЛС по мощности должна быть выше, чем чувствительность приемника связной радиостанции для обеспечения одной и той же дальности действия (при одинаковой мощности передатчика и параметрах антенн)?

Задача № 4.

Определить эффективную отражающую поверхность $S_{эфф}$ для случая наблюдения земной поверхности с помощью метеонавигационной РЛС импульсного типа, задавшись данными: $\lambda = 3$ см; $\tau_{и} = 0,5$ мкс; длительность наблюдаемого участка – 100 км; высота полета – 9 км; коэффициент ограничения $K_0 = -20$ дБ.

Задача № 5.

Самолетная панорамная РЛС кругового обзора имеет ширину диаграммы направленности $\theta_{0,5} = 3^\circ$, $\tau_{и} = 1$ мкс. Определить размеры отметки от цели, расположенной вдоль оси самолета на расстоянии $D = 25$ км, имеющей в радиальном и тангенциальном направлениях длину 500 м, если высота полета $H = 10$ км. РЛС работает в двух режимах: без задержки начала развертки и с задержкой начала развертки на $D_0 = 20$ км. Рабочий диаметр экрана $d_э = 120$ мм, шкала дальности $D_{шк} = 30$ км, диаметр пятна ЭЛТ $d_{п} = 0,5$ мм.

Вариант № 10 (вариант № 0).

Задача № 1.

Импульсная РЛС кругового обзора работает с частотой повторения

400 имп/с. Определить угол между соседними радиусами развертки и число радиусов в пределах всего раstra, если частота вращения антенны 6 об/мин.

Задача № 2.

Определить эффективную отражающую поверхность (ЭОП) плоской пластины радиусом 1 м, расположенной перпендикулярно направлению облучения, при $\lambda = 3$ см. Во сколько раз ЭОП превышает геометрическую площадь пластины?

Задача № 3.

Найти мощность в импульсе, требуемую для того, чтобы цель, имеющая $\sigma_y = 1$ м², обнаружилась в свободном пространстве а дальности $D_0=500$ км при $G = 3000$, $\lambda = 25$ см, $P_{\text{пр.мин}}$ на 100 дБ ниже 1 мВт.

Задача № 4.

Выбрать параметры когерентно-импульсной РЛС – $T_{\text{п}}$, λ , обеспечивающей однозначное измерение дальности $D_{\text{max}} = 150$ км, для которой первая слепая скорость превышает величину $V_{\text{сл}} = 300$ км/ч.

Задача № 5.

Панорамная РЛС кругового обзора установлена на самолете, летящем на высоте $H = 3$ км. Определить потенциальную разрешающую способность по горизонтальной дальности для целей, расположенных на расстоянии $D = 5$ км, если длительность зондирующего импульса равна $\tau_{\text{и}} = 1$ мкс.

Вариант № 11.

Задача № 1.

Индикатор импульсной РЛС имеет скорость развертки электронного луча 150 м/с. Определить расстояние на экране ЭЛТ для наблюдаемых отметок целей, удаленных на 50, 110, 155 км. Период повторения зондирующих сигналов 1200 мкс, а длительность развертки 1000 мкс.

Задача № 2.

Определить максимальную и минимальную частоты биений в РЛС с симметричным законом частотной модуляции при минимальной дальности 50 см и максимальной дальности 1500 м. Девияция частоты на минимальной дальности 150 мГц, а на максимальной 3 мГц, частота модуляции 1 кГц.

Задача № 3.

На экране индикатора имеется 5 отметок целей, вероятность появления которых одинакова и равна 0,85 и 10 ложных отметок, появляющихся с вероятностью 10^{-5} . Определить вероятность того, что

- a) оператором будут обнаружены все 5 отметок цели и не обнаружена ни одна из 10 ложных отметок;
- b) оператором будут обнаружены все 5 отметок цели и не более одной ложной отметки;
- c) оператор «потеряет» не более одной из 5 отметок цели и не обнаружит ни одной из 10 ложных отметок;
- d) оператор «потеряет» не более одной отметки цели и обнаружит не более одной из ложных отметок.

Задача № 4.

Определить максимальную дальность обнаружения цели и точностные характеристики импульсной РЛС, работающей с игольчатой диаграммой направленности по точечной цели с $S_{\text{эф.цели}} = 10 \text{ м}^2$ и косекансквадратной диаграммой по поверхностно распределённой цели с коэффициентом отражения $K = 0,01$. Генератором СВЧ в РЛС является источник магнетронного типа, а в приемнике используется квазиоптимальная фильтрация.

Данные для расчета:

$P_{\text{и}} = 25 \text{ Вт}$ – импульсная мощность;

$\delta D = 450 \text{ м}$ – разрешающая способность по дальности;

$\delta A_z = 2^\circ$ – разрешающая способность по азимуту;

$\lambda = 2 \text{ см}$ – длина волны;

$T_{\text{п}} = 1,5 \text{ мс}$ – период повторения импульсов;

$T_{\text{обз}} = 1 \text{ с}$ – время обзора заданного сектора;

$N_{\text{ш}} = 14 \text{ дБ}$ – коэффициент шума приемника;

$P_{\text{по}} = 0,6$ – вероятность правильного обнаружения;

$P_{\text{лт}} = 10^{-6}$ – вероятность ложной тревоги;

$T_{\text{ш}} = 10^\circ\text{C}$ – температура приемного тракта.

При расчете дальности обнаружения необходимо учесть наихудшее условие распространения радиоволн, КПД приемопередающего тракта принять равным 0,5.

Задача № 5.

Найти ослабление сигнала, отраженного от цели, расположенной на расстоянии 200 км, только за счет затухания в дожде средней интенсивности (интенсивность дождя $J = 10 \text{ км/ч}$) вдоль всей трассы для $\lambda = 10 \text{ см}$ и $\lambda = 23 \text{ см}$ (α/J соответственно $3 \cdot 10^{-4}$ и $5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{дБ/км}}{\text{мм/ч}}$).

Вариант № 12.

Задача № 1.

Найти выражение для максимальной частоты вращения антенны с учетом времени обратного хода развертки дальности. Определить значение этой частоты, если максимальная дальность $D_{\text{max}} = 300 \text{ км}$, ширина диаграммы

направленности $\theta_{0,5} = 3^\circ$, число импульсов в пачке $N \geq 20$, а время обратного хода развертки составляет 25% от периода повторения.

Задача № 2.

Псевдокогерентная РЛС в режиме вобуляции повторения имеет частоты повторения $F_{п1} = 2000$ имп/с, $F_{п2} = 2400$ имп/с, $\lambda = 3$ см. Указать соотношение между $F_{п1}$ и $F_{п2}$, при котором имеет место первая слепая скорость. Найти значение этой скорости.

Задача № 3.

Определить вероятность ложной тревоги для РЛС кругового обзора, имеющей длительность 2 мкс, ширину луча 3° , шкалу дальности 300 км, радиус экрана 200 мм, диаметр пятна ЭЛТ 1 мм; частота вращения антенны 6 об/мин, при которой на экране в элементе разрешения возникает по крайней мере один ложный выброс за цикл обзора.

Задача № 4.

Определить разрешающую способность импульсной РЛС по дальности (δD) и азимуту (δA) на дальности D_1 , использующую индикатор кругового обзора и имеющую следующие параметры: масштаб измерения – 300 км; диаметр экрана ЭЛТ – 150 мм; диаметр пятна от луча ЭЛТ – 0,3 мм; длительность определения – 100 км.

Задача № 5.

Во сколько раз возрастет затухание радиоволн α (дб/км) за счет поглощения и рассеяния мелкими частицами гидрометеоров при переходе от $\lambda = 3$ см к $\lambda = 0,8$ см?

Вариант № 13.

Задача № 1.

Средняя квадратичная ошибка измерения дальности РЛС равна 50 м. Какой процент всех измерений дальности будет по абсолютной величине ошибки превосходить 100 м?

Задача № 2.

На вход идеальной однократной системы черезпериодной компенсации, содержащей линию задержки с временем задержки T_3 , поступает пачка импульсов с прямоугольной огибающей и периодом повторения $T_п$. Изобразить графически выходной сигнал, если а) $T_п = T_3$; б) $T_п = 2T_3$; в) $T_п = T_3/2$.

Задача № 3.

Определить форму полезного сигнала на выходе согласованного фильтра для треугольного импульса с амплитудой A и длительностью в основании τ_0 .

Задача № 4.

На сколько децибел ухудшается потенциал РЛС за счет того, что полоса пропускания приемника выбирается в два раза шире, чем оптимальная, в связи с недостаточной точностью работы системы автоподстройки частоты?

Задача № 5.

Дальность РЛС с длиной волны $\lambda = 10$ см при отсутствии дождя 250 км. Затухание при слабом дожде интенсивностью 1 мм/ч составляет $3 \cdot 10^{-3}$ дБ/км. Как будет изменяться дальность до той же цели, если дождь, усиливаясь, пройдет стадии 1, 3, 13, и 53 мм/ч, а затухание является линейной функцией интенсивности дождя?

Вариант № 14.

Задача № 1.

Определить разрешающую способность РЛС по дальности, если длительность зондирующих импульсов составляет 2 мкс, диаметр пятна ЭЛТ 0,5 мм, рабочий диаметр экрана 300 мм. В РЛС применяется ИКО со шкалами дальности 30, 90 и 200 км.

Задача № 2.

Какое изменение временного положения импульса за один период повторения (относительно его длительности) необходимо фиксировать для определения наличия движения цели, если $\tau_n = 1$ мкс, $T_n = 1000$ мкс, $V_p = 300$ м/с.

Задача № 3.

Каков проигрыш в отношении сигнал/шум оптимального приемника когерентных импульсов с неизвестной начальной фазой по сравнению с идеальным приемником с точно известной начальной фазой.

Задача № 4.

Найти длительность обнаружения бортовой РЛС с непрерывным излучением в свободном пространстве при $P_{cp} = 50$ Вт, времени облучения $T_{obl} = 2$ мс, $A = 0,5$ м², коэффициенте шума приемника $N_{ш} = 20$, шумовой температуре $T_{ш} = 300$ К, коэффициенте различимости $K_p = 29$.

Задача № 5.

Определить дальность действия РЛС с активным ответом и чувствительность приемника ответчика, если мощность передатчиков запросчика и ответчика составляют соответственно 100 кВт и 4,5 Вт, чувствительность приемника запросчика 90 дБ/мВт, коэффициент усиления

антенны запросчика 20, а эффективная площадь антенны ответчика $0,05 \text{ м}^2$ (принимается равенство дальностей действия по линиям запроса и ответа).

Вариант № 15.

Задача № 1.

Мощность передатчика РЛС была измерена с помощью измерителя мощности. Показания прибора равнялись 10 мВт при ослаблении входного аттенюатора 50 дБ. Какова мощность РЛС в импульсе, если длительность импульса 1 мкс, а частота повторения импульсов 1000 имп/с? Форму импульса считать прямоугольной.

Задача № 2.

На сколько изменится фаза высокочастотных колебаний, отраженных от цели, движущейся со скоростью 300 м/с, за время, равное длительности импульса в 1 мкс, относительно фазы колебаний, отраженных от неподвижной цели, если длина волны РЛС 30 см?

Задача № 3.

Определить коэффициент различимости при приеме радиолокационных сигналов (при некогерентном накоплении), если чувствительность приемника равна 100 дБ/мВт, его шумовая температура 200 К, а полоса пропускания (эффективная) 5 МГц.

Задача № 4.

Как изменится дальность действия РЛС в свободном пространстве, если при неизменных габаритах антенны длина волны уменьшилась в два раза?

Задача № 5.

Бортовой ответчик имеет мощность передатчика 1 Вт, чувствительность приемника 10^{-6} Вт и работает на частоте 1000 МГц. Определить мощность передатчика запросчика, если запросчик работает на частоте 1060 МГц, а чувствительность его приемника 100 дБ/мВт (принимается равенство дальностей действия по линиям запроса и ответа).

Вариант № 16

Задача № 1

Найти радиус шара, сторону квадратной пластины, длину ребра углового отражателя, имеющих эффективную отражающую поверхность при $\sigma = 3$ см², равную эффективной отражающей поверхности транспортного самолета $S = 50$ м².

Задача № 2

Определить различие по энергетическим показателям схемы логической обработки типа четыре из четырех (4/4) и схемы три из четырех (3/4) при количестве импульсов в пачке $N_c=9$, $P_{по}=0,9$, $P_{лт}=2 \times 10^{-3}$

Задача № 3

Какова должна быть длительность сигнала РЛС ($\lambda=3$ см), при которой обеспечивается разрешение самолета на фоне пассивных помех (отражателей), если самолет летит в направлении на РЛС со скоростью $V_c=800$ км/час, а отражатели перемещаются попутным ветром со скоростью $V_n=30$ км/час.

Задача № 4

Импульсная РЛС должна иметь дальность действия 150 км при рабочей длине волны 10 см. Какая слепая скорость соответствует частоте повторения импульсов, обеспечивающих однозначность измерения указанной дальности? Указать второе значение частоты повторения в режиме вобуляции, при котором первая слепая скорость составит величину 1080 км/час.

Задача № 5

Определить необходимые значения мощности передатчика и чувствительности приемника, для которых при переходе РЛС из режима работы с пассивным ответом по цели с ЭОП, равной 10 м^2 в режим работы с активным ответом дальность действия возросла в два раза. Мощность передатчика 500 кВт, чувствительность его приемника

10^{-7} Вт. Запрос и ответ производятся на одной и той же длине волны $\lambda=30$ см. Коэффициент усиления антенны ответчика равен единице.

Вариант № 17

Задача № 1

Определить максимальную и минимальную частоту биений в РЛС с симметричным законом частотной модуляции при минимальной дальности 0,5 м и максимальной дальности 1500 м. Девиация частоты на минимальной дальности равна 150 МГц, а на максимальной 3 МГц, частота модуляции 1 кГц.

Задача №2

Определить вероятность ложной тревоги для РЛС, имеющей разрешающую способность по дальности 459 м и время одного обзора 10 сек, если принять допустимым один шумовой выброс на элемент разрешения за цикл обзора.

Задача № 3

Дальность РЛС с длиной волны $\lambda=10$ см при отсутствии дождя 250 км. Затухание при слабом дожде интенсивностью 1 мм/час составляет 3×10 дБ/км. Как будет изменяться дальность до той же цели, если интенсивность дождя увеличивается и проходит стадии 1, 3, 13 и 53 мм/час, а затухание является линейной функцией интенсивности дождя.

Задача № 4

Определить направления полета самолета, при которых когерентно-импульсная РЛС не сможет его обнаружить («слепые» направления), если рабочая длина волны = 3 см, частота повторения зондирующих импульсов $F = 1000$ имп/сек, скорость цели 300 м/сек.

Задача № 5

Определить дальность действия РЛС с активным ответом и чувствительность приемника ответчика, если мощность передатчиков запросчика и ответчика составляют соответственно 100кВт и 4,5 Вт, чувствительность приемника запросчика –90 дБ/мВт, коэффициент усиления антенны запросчика равен 20, а эффективная площадь антенны ответчика $0,05 \text{ м}^2$ (дальности каналов запроса и ответа равны между собой).

Вариант № 19

Задача № 1

Наземная радиолокационная станция с параметрами $\lambda=10$ см, $P_{\text{и}}=1$ МВт, $P_{\text{прм min}}=10^{-7}$ и $S_a=15$ м обнаруживает цель на расстоянии $D_{\text{max}}=300$ км. Определить эффективную отражающую поверхность цели.

Задача № 2

Определить во сколько раз может быть снижена мощность передатчика РЛС при переходе из режима работы с пассивным ответом в режим работы с активным ответом при сохранении постоянной дальности действия 350 км, если чувствительность приемника ответчика ниже чувствительности приемника запросчика на 30 дБ, а эффективная площадь антенны ответчика меньше эффективной площади антенны запросчика в 100 раз. При работе РЛС в режиме с пассивным ответом ЭОП цели составляет 30 м^2 .

Задача № 3

Найти частоту биений в РЛС с ЧМ при периоде модуляции 4 сек, девиации частоты 40 МГц, расстоянии до цели 1500 м при симметричном и несимметричном пилообразном законах модуляции.

Задача № 4

Когерентно-импульсная РЛС работает на длине волны 2 см. Как следует выбрать частоту повторения, чтобы первая слепая скорость была не менее 360 км/час? Каков при этом однозначно измеряемый диапазон дальностей?

Задача №5.

Определить инструментальную разрешающую способность импульсной РЛС по дальности (δD) и азимуту (δA) на дальности D_1 , использующую индикатор кругового обзора и имеющую следующие параметры: масштаб измерения – 300 км; диаметр экрана ЭЛТ – 150 мм; диаметр пятна от луча ЭЛТ – 0,3 мм; дальность определения разрешающей способности– 100 км.

Вариант № 20

Задача № 1

Определить потенциальную точность определения угла по огибающей сигнала, если ширина диаграммы направленности составляет 2° , а отношение сигнал/шум по напряжению равно 4.

Задача № 2

Как изменится дальность действия РЛС, если при прочих равных параметрах длительность импульса возрастет с 0,5 до 5 мкс, а полоса приемника в обоих случаях оптимальна?

Задача № 3

Определить ЭОП грозового дождя, заполняющего иглообразный луч шириной 6° при $\lambda=5$ см, диаметре капель $d_k=5$ мм и числе капель $n=100/\text{м}^3$, если дальность до РЛС составляет 30 км, а $\tau_n=1$ мсек.

Задача № 4

Использование круговой поляризации позволяет подавить отражения от умеренных и слабых дождей на 20-25 дБ, однако при этом полезный сигнал ослабляется на 6-8 дБ. Определить выигрыш в различимости полезного сигнала на фоне отражения от дождей.

Задача № 5

Как изменится дальность действия РЛС при ее модернизации, если диаметр антенны увеличен в 3 раза, длительность зондирующего импульса уменьшена в 2 раза, а чувствительность приемника повышена на 10 дБ?

Перечень принятых в данных методических указаниях сокращений и обозначений:

ЭОП- эффективная отражающая поверхность;

РЛС – радиолокационная станция;

ЦВМ – цифровая вычислительная машина;

СДЦ – селекция движущихся целей;

УВД – управление воздушным движением;

ИКО – индикатор кругового обзора;

КПД – коэффициент полезного действия;

ПРМ – приемник;

ЭЛТ – электронно-лучевая трубка;

Д – дальность [м];

с – скорость света = 10^8 м/с;

τ - время [с];

$S_{\text{эф.ц}}$ – эффективная отражающая поверхность цели [м^2];

$P_{\text{и}}$ – импульсная мощность [Вт];

δD – разрешающая способность по дальности [м];

δA_z – разрешающая способность по азимуту [град];

λ - длина волны [м];

$T_{\text{п}}$ – период повторения импульсов [с];

$T_{\text{обз}}$ – время обзора [с];
 $N_{\text{ш}}$ – коэффициент шума ПРМ;
 $P_{\text{по}}$ – вероятность правильного обнаружения;
 $P_{\text{лт}}$ – вероятность ложной тревоги;
 $T_{\text{ш}}$ – температура шума ПРМ [град. К];
 J – интенсивность дождя [мм/ч];
 α – затухание электромагнитной волны [дБ/км];
 D_{max} – максимальная дальность [м];
 $\theta_{0,5}$ – ширина диаграммы направленности на уровне 0,5 [град];
 N – число импульсов в пачке;
 $F_{\text{п}}$ – частота повторения импульсов [Гц];
 $\tau_{\text{и}}$ – длительность импульса [с];
 $T_{\text{з}}$ – время задержки [с];
 τ_0 – длительность импульса в основании на уровне 0,1 [с];
 $V_{\text{р}}$ – радиальная составляющая скорости движущегося объекта [м/с];
 $P_{\text{ср}}$ – средняя мощность [Вт];
 $T_{\text{обл}}$ – время облучения [с];
 A – эффективная площадь антенны [м²];
 $K_{\text{р}}$ – коэффициент различимости;
 K – количество импульсов;
 K_0 – коэффициент ограничения [дБ];
 D_0 – задержка начала развертки [км];
 $d_{\text{э}}$ – диаметр экрана ЭЛТ [мм];
 $d_{\text{п}}$ – диаметр пятна ЭЛТ [мм];
 $D_{\text{шк}}$ – шкала дальности [км];
 $\sigma_{\text{ц}}$ – ЭОП цели [м²];
 G – коэффициент усиления антенны;
 $P_{\text{пр.мин}}$ – чувствительность приемника [дБ/мВт];
 $V_{\text{сл}}$ – слепая скорость [км].

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	3
2. Литература.....	3
3. Методические указания по программе и принципы её изучения.....	3
4. Контрольное задание.....	11
5. Перечень принятых в данных методических указаниях сокращений и обозначений.....	26

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДЕПАРТАМЕНТ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Э. А. Лукин

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЛОКАЦИИ

Методические указания
И контрольные задания
Для студентов IV курса
Специальности 23.04
Заочного обучения

Москва – 2002

Лутин Э. А. Теоретические основы радиолокации. Методические указания и контрольные задания. – М.: МГТУ ГА, 2002. – 27 с.

Данные методические указания издаются в соответствии с учебной программой для студентов IV курса специальности 23.04 заочного обучения.

Рассмотрены и одобрены на заседаниях кафедры 2002 г. и методического совета 2002 г.

Рецензент доктор тех. наук, профессор В. В. Соломенцев.