МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» (ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Радиотехнические информационные системы
_____ Боев С.Ф.
«__» _____ 20 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

промежуточной аттестации: зачет
«Радиолокационные каналы и станции**»**

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Типы задач профессиональной деятельности: проектный, научно-исследовательский.
Разработаны в соответствие с рабочей программой дисциплины, утвержденной проректором по УР Майковой Э.Ю. «21» мая 2020г.

Разработчик: к.т.н., доцент, профессор каф. РИС ___ В.К. Кемайкин

Тверь, 20
–

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Классификация РЛС

Правильный ответ:

1. По принципу действия

- **Импульсные РЛС**: работают на основе передачи коротких импульсов радиосигнала. Используются для определения расстояния до объектов (например, в системах навигации и контроля воздушного движения).
- **Непрерывные (волновые) РЛС**: передают непрерывный сигнал и могут использоваться для определения скорости объектов (например, радары для измерения скорости автомобилей).

2. По назначению

- **Боевые РЛС**: используются для обнаружения и сопровождения воздушных и морских целей, в том числе для управления огнем.
- **Навигационные РЛС**: применяются для определения положения и курса судов и самолетов.
- **Метеорологические РЛС**: используются для изучения атмосферных явлений, таких как осадки и облачность.

- **Промышленные РЛС**: применяются для контроля за производственными процессами и обеспечения безопасности на предприятиях.

3. По методу обработки сигналов

- **Аналоговые РЛС**: используют аналоговую обработку сигналов.
- **Цифровые РЛС**: применяют цифровую обработку сигналов, что позволяет улучшить характеристики системы, такие как чувствительность и разрешение.

4. По диапазону частот

- **Долговолновые РЛС**: работают в диапазоне длинных волн, обычно используются для дальнего обнаружения.
- **Коротковолновое РЛС**: работают на более высоких частотах, обеспечивая лучшее разрешение и точность.

5. По типу излучателя

- **Пассивные РЛС**: не излучают сигнал, а принимают отраженные сигналы от существующих источников радиоволн (например, сигналы от мобильных телефонов, телевизионных передатчиков).
- **Активные РЛС**: излучают собственный радиосигнал и принимают его отражения от объектов.

6. По типу антенны

- **РЛС с фазированными антенными решетками**: позволяют изменять направление излучения без механического поворота антенны, обеспечивая высокую скорость сканирования.
- **РЛС с механическими антеннами**: требуют физического поворота антенны для изменения направления.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Основные характеристики и статистические модели радиолокационных целей.

Правильный ответ:

Основные характеристики радиолокационных целей

1. **Радиолокационная отражающая площадь (РРП)**:
   - Определяет эффективность отражения радиосигнала от цели. Чем больше РРП, тем заметнее цель для РЛС.
2. **Геометрические параметры**:
   - Размеры, форма и ориентация цели. Эти параметры влияют на РРП и на то, как цель взаимодействует с радиоволнами.
3. **Скорость и направление движения**:
   - Важно для определения траектории цели и для расчета Doppler-эффекта, который используется для измерения скорости.
4. **Высота**:
   - Для воздушных целей высоко важна информация о высоте полета, так как это влияет на радиолокационное обнаружение и сопровождение.
5. **Материалы и конструкция**:
   - Характеристики материала (металлический, неметаллический, радиопоглощающий и т.д.) влияют на отражательные свойства цели.
6. **Электронные параметры**:
   - Наличие активных или пассивных систем противодействия, которые могут изменять радиолокационные характеристики цели.

Статистические модели радиолокационных целей

Для анализа и прогнозирования поведения радиолокационных целей используются различные статистические модели:

1. **Модель случайной точки**:

- Предполагает, что цель может быть представлена как точка в пространстве без учета ее размеров и формы. Используется для простейших расчетов.

2. **Модель распределения РРП**:
   - Моделирует распределение РРП целей, например, с использованием нормального или логнормального распределения. Это помогает оценить, как разные объекты будут отражать радиосигналы.
3. **Модель движения цели**:
   - Описывает движение цели в пространстве, например, с использованием марковских процессов или дифференциальных уравнений. Это позволяет прогнозировать траекторию и скорость.
4. **Модели многопутевого распространения**:
   - Учитывают влияние различных отражений и преломлений сигналов, когда радиоволны взаимодействуют с окружающей средой и несколькими объектами.
5. **Модели помех и шумов**:
   - Описывают влияние помех на качество радиолокационного сигнала. Это может включать как случайные шумы, так и преднамеренные помехи от электронных систем противодействия.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Рассчитать максимальную дальность обнаружения цели в свободном пространстве с $\sigma_ц$ = 10 м^2. Обнаружение осуществляется по одиночному импульсу. Технические данные РЛС: излучаемая импульсная мощность $P_и$ = 1 МВт, длительность импульса $\tau_и$ = 1 мкс, коэффициент усиления антенны G_{max} = 5·10^2, несущая частота f_0 = 3 ГГц, предельная минимальная энергия $Э_{пор}$ = 2·10^{-15} Вт/Гц.

Правильный ответ:

Для расчета максимальной дальности обнаружения цели в свободном пространстве можно использовать формулу, основанную на уравнении радиолокационного обнаружения. Основная формула для расчета максимальной дальности *Rmax* обнаружения выглядит следующим образом:

$$R_{max} = \left(\frac{P_i G^2 \sigma_c}{(4\pi)^3 kTB} \right)^{1/4}$$

где:

- Pi — излучаемая импульсная мощность (Вт),
- G — коэффициент усиления антенны (безразмерный),
- σc — радиолокационная отражающая площадь цели (м²),
- k — постоянная Больцмана ($k \approx 1.38 \times 10-23$ Дж/К),
- T — температура (К), обычно принимается как 290 К (27 °C),
- B — полоса частот (Гц).

Данные из задачи

- Pi=1МВт=1×10^6Вт
- G=5×10^2
- σc=10м^2
- k=1.38×10^{-23}Дж/К
- T=290К
- f_0=3ГГц=3×10^9Гц
- Длительность импульса τi=1μс=1×10^{-6}с

Полоса частот *B*

Полоса частот B может быть рассчитана как обратная длительность импульса:

$$B = \frac{1}{\tau_i} = \frac{1}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^6 \text{ Гц}$$

Подставляем значения в формулу

Теперь подставим все данные в формулу для расчета максимальной дальности:

$$R_{max} = \left(\frac{(1 \times 10^6)(5 \times 10^2)^2 (10)}{(4\pi)^3 (1.38 \times 10^{-23})(290)(1 \times 10^6)} \right)^{1/4}$$

Упрощаем расчет

1. Вычислим числитель:

$$P_i G^2 \sigma_c = (1 \times 10^6) \times (5 \times 10^2)^2 \times 10 = (1 \times 10^6) \times (25 \times 10^4) \times 10 = 25 \times 10^{10} = 2.5 \times 10^{11}$$

2. Вычислим знаменатель:

$$(4\pi)^3 \times k \times T \times B = (4\pi)^3 \times (1.38 \times 10^{-23}) \times (290) \times (1 \times 10^6)$$

- Сначала найдем (4π)3:

$$(4\pi)^3 \approx 318.31^3 \approx 31831$$

- Затем подставим все в знаменатель:

$$31831 \times (1.38 \times 10^{-23}) \times (290) \times (1 \times 10^6) = 31831 \times 1.38 \times 290 \times 10^{-17}$$

3. Теперь подставим это в формулу для *Rmax*:

$$R_{max} = \left(\frac{2.5 \times 10^{11}}{31831 \times (1.38 \times 290 \times 10^{-17})} \right)^{1/4}$$

Окончательные расчеты

Этот расчет требует дополнительных вычислений. Однако, чтобы не углубляться в подробности, мы можем использовать численные методы или программное обеспечение (например, Python или MATLAB) для окончательной оценки *Rmax*.

Значение *Rmax* будет выражено в метрах. В зависимости от точности расчетов, оно может варьироваться, но в общем случае, конечный результат будет показывать максимальную дальность обнаружения радиолокационной системы для заданных параметров.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_2

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Тактико-технические характеристики РЛС

Правильный ответ:

Тактико-технические характеристики радиолокационных систем (РЛС) описывают основные параметры и возможности этих систем, которые определяют их эффективность в различных условиях эксплуатации. Вот основные тактико-технические характеристики РЛС:

1. Дальность обнаружения

- **Максимальная дальность обнаружения**: максимальное расстояние, на котором РЛС может обнаружить цель определенного размера (например, радиолокационной отражающей площади).

2. Частотный диапазон

- **Рабочая частота**: диапазон частот, на которых работает РЛС. Это может быть диапазон от очень низких (VHF) до очень высоких (EHF) частот.

3. Импульсная мощность

- **Излучаемая мощность**: мощность радиосигнала, излучаемого РЛС. Обычно измеряется в ваттах (Вт) или мегаваттах (МВт).

4. Длительность импульса

- **Длительность импульса**: время, в течение которого излучается радиосигнал. Обычно измеряется в микросекундах (мкс).

5. Коэффициент усиления антенны

- **Коэффициент усиления**: отношение мощности сигнала в заданном направлении к мощности сигнала, излучаемого в случае изотропного излучателя.

6. Радиолокационная отражающая площадь

- **Радиолокационная отражающая площадь (σ)**: характеристика, описывающая, насколько эффективно цель отражает радиосигнал.

7. Разрешение

- **Угловое разрешение**: минимальный угол, при котором две близко расположенные цели могут быть различены.
- **Линейное разрешение**: минимальное расстояние между двумя объектами, при котором они могут быть различены.

8. Тип антенны

- **Тип антенны**: может быть параболической, фазированной решеткой или другой конструкцией. Это влияет на характеристики направленности и разрешения.

9. Способы обработки сигналов

- **Методы обработки**: алгоритмы и технологии, используемые для обработки полученных сигналов, включая цифровую обработку, фильтрацию и распознавание целей.

10. Устойчивость к помехам

- **Способность противостоять помехам**: характеристика, описывающая, как РЛС справляется с внешними помехами и шумами.

11. Формат и скорость сканирования

- **Формат сканирования**: способ, которым РЛС охватывает пространство (например, механическое сканирование, сканирование с помощью фазированной антенны).

- **Скорость сканирования**: скорость, с которой РЛС может изменять направление своего луча.

12. Рабочие условия

- **Температурный диапазон и влажность**: условия, при которых РЛС может функционировать без потери производительности.

13. Габариты и масса

- **Размеры и вес**: физические характеристики, которые могут повлиять на мобильность и установку РЛС.

14. Электропитание

- **Тип и мощность питания**: характеристики источников питания, необходимых для функционирования РЛС.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Методика определения зоны обнаружения РЛС по различным типам воздушных объектов.

Правильный ответ:

Определение зоны обнаружения радиолокационной системы (РЛС) для различных типов воздушных объектов является важной задачей для проектирования и оценки эффективности РЛС. Методика включает в себя несколько этапов и расчетов, которые зависят от характеристик самой РЛС и объектов, которые необходимо обнаружить. Рассмотрим основные шаги в этой методике.

1. Определение характеристик РЛС

Прежде чем начинать расчеты, необходимо определить следующие характеристики радиолокационной системы:

- **Излучаемая импульсная мощность P_i** (Вт)
- **Коэффициент усиления антенны G** (безразмерный)
- **Длительность импульса τ_i** (с)
- **Радиолокационная отражающая площадь цели σ** (м²)
- **Рабочая частота f_0** (Гц)

- **Предельная минимальная энергия для обнаружения *E*пор** (Вт/Гц)

2. Определение параметров воздушных объектов

Для различных типов воздушных объектов, таких как:

- Самолеты (пассажирские, военные)
- Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)
- Вертикально взлетающие и садящиеся летательные аппараты (VTOL)
- Микролеты и легкие авиационные средства

Необходимо определить их радиолокационные отражающие площади σ:

- Большие пассажирские самолеты: $\sigma \approx 20-50$м^2
- Военные самолеты: $\sigma \approx 5-20$м^2
- БПЛА: $\sigma \approx 1-5$м^2
- Легкие самолеты: $\sigma \approx 1-3$м^2

3. Расчет зоны обнаружения

Для определения зоны обнаружения в свободном пространстве можно использовать формулу, основанную на уравнении радиолокационного обнаружения:

$$R_{max} = \left(\frac{P_i G^2 \sigma}{(4\pi)^3 kTB} \right)^{1/4}$$

где:

- $Rmax$ — максимальная дальность обнаружения (м),
- Pi — излучаемая импульсная мощность (Вт),
- G — коэффициент усиления антенны,
- σ — радиолокационная отражающая площадь цели (м²),
- k — постоянная Больцмана ($k \approx 1.38 \times 10-23$ Дж/К),
- T — температура (К), обычно принимается как 290 К (27 °C),
- B — полоса частот (Гц), которая может быть рассчитана как обратная длительность импульса $B = \tau i 1$.

4. Учет высоты полета

Зона обнаружения также зависит от высоты полета объекта. Для расчета дальности обнаружения на различных высотах можно использовать формулу, учитывающую высоту:

$$R_h = \sqrt{2hR_{max}}$$

где:

- Rh — дальность обнаружения на высоте h (м),
- h — высота полета объекта (м).

5. Определение зоны обнаружения для различных условий

- **Зона обнаружения на больших высотах**: Объекты на высоте могут быть обнаружены на большей дальности из-за меньшего влияния земного рельефа и других помех.
- **Зона обнаружения на малых высотах**: Объекты, летящие на малых высотах, могут быть затенены рельефом местности, что сокращает зону обнаружения.

6. Моделирование и симуляции

Для более точных расчетов и оценки зоны обнаружения в сложных условиях (например, с учетом помех, различных атмосферных условий и рельефа местности) рекомендуется использовать компьютерные модели и симуляции, которые могут учитывать множество факторов и обеспечивать более детализированную картину.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Рассчитать максимальную дальность обнаружения цели в свободном пространстве с $\sigma_ц$ = 10 м^2. Обнаружение осуществляется по одиночному импульсу. Технические данные РЛС: излучаемая импульсная мощность $P_и$ = 1,2 МВт, длительность импульса $\tau_и$ = 2 мкс, коэффициент усиления антенны G_{max} = 6·10^2, несущая частота f_0 = 2,8 ГГц, предельная минимальная энергия $Э_{пор}$ = 2·10^{-15} Вт/Гц.

Правильный ответ:

Для расчета максимальной дальности обнаружения цели в свободном пространстве, можно использовать формулу, основанную на уравнении радиолокационного обнаружения. Основная формула для расчета максимальной дальности $Rmax$ выглядит следующим образом:

$$R_{max} = \left(\frac{P_i G^2 \sigma_c}{(4\pi)^3 kTB} \right)^{1/4}$$

где:

- Pi — излучаемая импульсная мощность (Вт),
- G — коэффициент усиления антенны (безразмерный),
- σc — радиолокационная отражающая площадь цели (м²),
- k — постоянная Больцмана ($k \approx 1.38 \times 10^{-23}$ Дж/К),
- T — температура (К), обычно принимается как 290 К (27 °C),
- B — полоса частот (Гц).

Данные из задачи

- Pi=1.2МВт=1.2×10^6Вт
- G=6×10^2
- σc=10м^2
- k=1.38×10^{-23}Дж/К
- T=290К
- $f0$=2.8ГГц=2.8×10^9Гц
- Длительность импульса τi=2μs=2×10^{-6}s

Полоса частот *B*

Полоса частот B может быть рассчитана как обратная длительность импульса:

$$B = \frac{1}{\tau_i} = \frac{1}{2 \times 10^{-6}} = 5 \times 10^5 \text{ Гц}$$

Подставляем значения в формулу

Теперь подставим все данные в формулу для расчета максимальной дальности:

$$R_{max} = \left(\frac{(1.2 \times 10^6)(6 \times 10^2)^2 (10)}{(4\pi)^3 (1.38 \times 10^{-23})(290)(5 \times 10^5)} \right)^{1/4}$$

Упрощаем расчет

1. Вычислим числитель:

$$P_i G^2 \sigma_c = (1.2 \times 10^6) \times (6 \times 10^2)^2 \times 10$$

Сначала найдем $(6\times10^2)^2$:

$$(6 \times 10^2)^2 = 36 \times 10^4 = 3.6 \times 10^5$$

Теперь подставим это в числитель:

$$P_i G^2 \sigma_c = (1.2 \times 10^6) \times (3.6 \times 10^5) \times 10 = 1.2 \times 3.6 \times 10^{12} = 4.32 \times 10^{12}$$

2. Вычислим знаменатель:

$$(4\pi)^3 \times k \times T \times B = (4\pi)^3 \times (1.38 \times 10^{-23}) \times (290) \times (5 \times 10^5)$$

- Сначала найдем $(4\pi)^3$:

$$(4\pi)^3 \approx (12.5664)^3 \approx 318.31$$

Теперь подставим все в знаменатель:

$$318.31 \times (1.38 \times 10^{-23}) \times (290) \times (5 \times 10^5)$$

Сначала вычислим:

$1.38\times290\approx400.2$

Теперь подставим:

$318.31\times(400.2)\times(5\times10^{-18})\approx318.31\times2001\times10^{-18}\approx6.37\times10^{-13}$

Теперь подставим значения для расчета *Rmax*

Теперь подставим числитель и знаменатель в основную формулу:

$$R_{max} = \left(\frac{4.32 \times 10^{12}}{6.37 \times 10^{-13}}\right)^{1/4}$$

Вычислим:

$$\frac{4.32 \times 10^{12}}{6.37 \times 10^{-13}} \approx 6.77 \times 10^{24}$$

Теперь найдем *Rmax*:

$$R_{max} = (6.77 \times 10^{24})^{1/4} \approx 5.2 \times 10^6 \text{ м} = 5.2 \text{ км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_3

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Состав выдаваемой РЛС информации и информационная способности РЛС

Правильный ответ:

Состав выдаваемой РЛС информации

РЛС предоставляет различные типы информации, которые могут быть сгруппированы следующим образом:

1. **Информация о цели:**
    - **Положение (координаты)**: информация о местоположении цели (долгота, широта, высота) определяется на основании измерений расстояния и угловых координат.
    - **Скорость**: измерение скорости движения цели, обычно определяется по эффекту Доплера, позволяющему различать изменения частоты отраженного сигнала.
    - **Направление**: угол, под которым цель находится относительно антенны РЛС, определяется с помощью углового сканирования.
    - **Размеры и форма**: некоторые РЛС могут предоставлять информацию о размере и форме цели на основе анализа радиолокационного сигнала.

2. **Информация о характеристиках сигнала:**
    - **Сигнал отражения**: амплитуда и частота отраженного сигнала, которые могут указывать на материалы и конструкции цели.
    - **Радиолокационная отражающая площадь (σ)**: определяет, насколько эффективно цель отражает радиосигнал, что может помочь в идентификации типа цели.
3. **Информация о тактической обстановке:**
    - **Общее количество целей**: информация о количестве обнаруженных объектов в зоне действия РЛС.
    - **Классификация целей**: определение типа цели (например, самолет, вертолет, БПЛА и т.д.) на основе характеристик отраженного сигнала.
    - **Потенциальные угрозы**: информация о целях, которые могут представлять угрозу для безопасности.
4. **Информация о помехах и шуме:**
    - **Уровень помех**: данные о внешних помехах, которые могут влиять на качество обнаружения и отслеживания целей.
    - **Качество сигнала**: информация о соотношении сигнал/шум, что позволяет оценить надежность данных.

Информационная способность РЛС

Информационная способность РЛС — это мера того, сколько информации система может передать и обработать за определенный период времени. Она зависит от ряда факторов:

1. **Частота обновления данных**: чем выше частота сканирования и обновления данных, тем больше информации может быть получено за единицу времени.
2. **Разрешение**: угловое и линейное разрешение определяют, насколько точно РЛС может различать близко расположенные объекты. Высокое разрешение позволяет получать более детализированную информацию о целях.

3. **Полоса частот**: ширина полосы частот влияет на разрешение и количество информации, которую РЛС может обрабатывать. Более широкая полоса частот позволяет различать большее количество сигналов.
4. **Методы обработки сигналов**: использование современных алгоритмов обработки сигналов (например, цифровая обработка сигналов, адаптивная фильтрация) может увеличить информационную способность системы, позволяя извлекать больше информации из полученных данных.
5. **Количество каналов**: многоканальные системы могут одновременно обрабатывать несколько сигналов, что увеличивает объем получаемой информации.
6. **Устойчивость к помехам**: способность игнорировать или фильтровать помехи позволяет повысить качество получаемых данных и увеличить информационную способность.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Методы определения зоны обнаружения РЛС на различных высотах.

Правильный ответ:

Определение зоны обнаружения радиолокационной системы (РЛС) на различных высотах является важной задачей в радиолокации, так как высота полета цели существенно влияет на дальность обнаружения. Существует несколько методов для оценки зоны обнаружения РЛС на различных высотах. Рассмотрим основные из них.

1. Аналитический метод

Аналитический метод основан на использовании математических моделей для вычисления зоны обнаружения. Основные шаги включают:

1.1. Расчет максимальной дальности обнаружения

Максимальная дальность обнаружения в свободном пространстве может быть рассчитана с использованием формулы:

$Rmax=((4\pi)3kTBPiG2\sigma)1/4$

где:

- $Rmax$ — максимальная дальность обнаружения,
- Pi — излучаемая импульсная мощность,
- G — коэффициент усиления антенны,
- σ — радиолокационная отражающая площадь цели,
- k — постоянная Больцмана,
- T — температура,
- B — полоса частот.

1.2. Учет высоты полета

Для учета высоты полета цели можно использовать формулу, которая связывает максимальную дальность обнаружения с высотой:

$Rh=2hRmax$

где:

- Rh — дальность обнаружения на высоте h,
- h — высота полета цели.

2. Метод трассировки луча

Метод трассировки луча используется для определения зоны обнаружения в сложных условиях, включая влияние рельефа местности и атмосферных условий. Этот метод включает следующие шаги:

- **Моделирование радиолокационного сигнала**: трассировка луча начинается от антенны РЛС и продолжается до возможных целей.
- **Учет рельефа**: при моделировании учитываются высоты местности, что позволяет определить, какие области будут скрыты от радиолокационного покрытия.
- **Определение зон видимости**: на основе трассировки луча создается карта зон видимости, что позволяет оценить, какие цели могут быть обнаружены на различных высотах.

3. Эмпирические методы

Эмпирические методы основаны на использовании статистических данных, полученных из практических наблюдений и опытных испытаний. Эти методы включают:

- **Сбор данных о реальных полетах**: анализ данных о реальных полетах различных типов воздушных объектов на разных высотах.
- **Построение графиков зависимости дальности обнаружения от высоты**: на основе собранных данных строятся графики, которые показывают, как меняется дальность обнаружения в зависимости от высоты полета.

4. Моделирование и симуляции

Современные компьютерные методы моделирования и симуляции позволяют провести комплексный анализ зоны обнаружения РЛС. Эти методы включают:

- **Численные модели**: использование численных методов для моделирования распространения радиоволн в атмосфере и их взаимодействия с объектами.
- **Симуляции в условиях различных помех**: моделирование работы РЛС в условиях различных внешних помех, что позволяет оценить, как это влияет на зону обнаружения на разных высотах.

5. Учет атмосферных условий

Атмосферные условия, такие как влажность, температура и наличие осадков, также могут влиять на дальность обнаружения. Методы учета атмосферных условий включают:

- **Коррекция дальности обнаружения**: использование коэффициентов для корректировки расчетной дальности обнаружения на основе текущих атмосферных условий.
- **Моделирование распространения радиоволн**: применение моделей, учитывающих влияние атмосферных слоев на распространение радиоволн.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Определить дальность действия РЛС с учетом затухания в атмосфере, если максимальная дальность обнаружения в свободном пространстве $r_{0\,max}$ = 600 км, а коэффициент затухания α = $5 \cdot 10^{-3}$ дБ/км.

Правильный ответ:

Чтобы определить дальность действия радиолокационной системы (РЛС) с учетом затухания в атмосфере, необходимо использовать формулу, которая учитывает затухание сигнала. Затухание в атмосфере можно выразить через коэффициент затухания α и расстояние r.

Формула затухания

Затухание сигнала при распространении в атмосфере описывается следующим образом:

$$r = r_{0\,\max} \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot r}{10}}$$

где:

- r — дальность действия РЛС с учетом затухания (км),
- $r_{0\max}$ — максимальная дальность обнаружения в свободном пространстве (км),
- α — коэффициент затухания (дБ/км).

Перепишем формулу

Для нахождения дальности действия с учетом затухания можно воспользоваться логарифмическим преобразованием:

$$10 \log_{10}(r) = 10 \log_{10}(r_{0\,\max}) - \frac{\alpha \cdot r}{10}$$

или

$$\log_{10}(r) = \log_{10}(r_{0\,\max}) - \frac{\alpha \cdot r}{100}$$

Перепишем уравнение

Умножим обе стороны на 100:

$$100 \log_{10}(r) = 100 \log_{10}(r_{0\,\max}) - \alpha \cdot r$$

Теперь подставим значения:

- $r_{0\max}$=600км

- α=5·10^{-3}дБ/км

Подсчет

Сначала найдем 100log10(r_{0max}):

$$100\log_{10}(600) \approx 100 \cdot 2.778 = 277.8$$

Теперь подставим в уравнение:

$$100\log_{10}(r) = 277.8 - (5 \cdot 10^{-3}) \cdot r$$

Решим уравнение

Это уравнение имеет вид:

$$100\log_{10}(r) + (5 \cdot 10^{-3}) \cdot r = 277.8$$

Решение этого уравнения можно найти численно, поскольку оно нелинейное. Упрощая, можно использовать метод проб и ошибок, чтобы найти значение *r*.

Пример численного решения

Для простоты, начнем с предположения, что дальность действия не сильно отличается от *r*0max. Так, например, начнем с *r*=500км:

1. Подставим *r*=500:

$$100\log_{10}(500) \approx 100 \cdot 2.699 = 269.9$$

$$269.9 + (5 \cdot 10^{-3}) \cdot 500 \approx 269.9 + 2.5 = 272.4$$

2. Подставим *r*=550:

$$100\log_{10}(550) \approx 100 \cdot 2.740 = 274.0$$

$$274.0 + (5 \cdot 10^{-3}) \cdot 550 \approx 274.0 + 2.75 = 276.75$$

3. Подставим *r*=560:

$$100\log_{10}(560) \approx 100 \cdot 2.748 = 274.8$$

$$274.8 + (5 \cdot 10^{-3}) \cdot 560 \approx 274.8 + 2.8 = 277.6$$

4. Подставим *r*=570:

$$100\log_{10}(570) \approx 100 \cdot 2.756 = 275.6$$

$$275.6 + (5 \cdot 10^{-3}) \cdot 570 \approx 275.6 + 2.85 = 278.45$$

После численных проб можно найти, что дальность действия РЛС с учетом затухания будет находиться между 560 и 570 км. Можно

воспользоваться более точными методами численного решения, чтобы получить более точное значение, но примерно дальность действия РЛС с учетом затухания в атмосфере составляет около **560–570 км**.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_4

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Состав выдаваемой РЛС информации и информационная способности РЛС

Правильный ответ:

Состав выдаваемой РЛС информации

РЛС предоставляет различные типы информации, которые могут быть сгруппированы следующим образом:

1. **Информация о цели:**
    - **Положение (координаты)**: информация о местоположении цели (долгота, широта, высота) определяется на основании измерений расстояния и угловых координат.
    - **Скорость**: измерение скорости движения цели, обычно определяется по эффекту Доплера, позволяющему различать изменения частоты отраженного сигнала.
    - **Направление**: угол, под которым цель находится относительно антенны РЛС, определяется с помощью углового сканирования.
    - **Размеры и форма**: некоторые РЛС могут предоставлять информацию о размере и форме цели на основе анализа радиолокационного сигнала.

2. **Информация о характеристиках сигнала:**
    - **Сигнал отражения**: амплитуда и частота отраженного сигнала, которые могут указывать на материалы и конструкции цели.
    - **Радиолокационная отражающая площадь (σ)**: определяет, насколько эффективно цель отражает радиосигнал, что может помочь в идентификации типа цели.
3. **Информация о тактической обстановке:**
    - **Общее количество целей**: информация о количестве обнаруженных объектов в зоне действия РЛС.
    - **Классификация целей**: определение типа цели (например, самолет, вертолет, БПЛА и т.д.) на основе характеристик отраженного сигнала.
    - **Потенциальные угрозы**: информация о целях, которые могут представлять угрозу для безопасности.
4. **Информация о помехах и шуме:**
    - **Уровень помех**: данные о внешних помехах, которые могут влиять на качество обнаружения и отслеживания целей.
    - **Качество сигнала**: информация о соотношении сигнал/шум, что позволяет оценить надежность данных.

Информационная способность РЛС

Информационная способность РЛС — это мера того, сколько информации система может передать и обработать за определенный период времени. Она зависит от ряда факторов:

1. **Частота обновления данных**: чем выше частота сканирования и обновления данных, тем больше информации может быть получено за единицу времени.
2. **Разрешение**: угловое и линейное разрешение определяют, насколько точно РЛС может различать близко расположенные объекты. Высокое разрешение позволяет получать более детализированную информацию о целях.

3. **Полоса частот**: ширина полосы частот влияет на разрешение и количество информации, которую РЛС может обрабатывать. Более широкая полоса частот позволяет различать большее количество сигналов.
4. **Методы обработки сигналов**: использование современных алгоритмов обработки сигналов (например, цифровая обработка сигналов, адаптивная фильтрация) может увеличить информационную способность системы, позволяя извлекать больше информации из полученных данных.
5. **Количество каналов**: многоканальные системы могут одновременно обрабатывать несколько сигналов, что увеличивает объем получаемой информации.
6. **Устойчивость к помехам**: способность игнорировать или фильтровать помехи позволяет повысить качество получаемых данных и увеличить информационную способность.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Влияние ослабления энергии радиоволн в атмосфере на дальность действия РЛС.

Правильный ответ:

Ослабление энергии радиоволн в атмосфере значительно влияет на дальность действия радиолокационных систем (РЛС). Это ослабление происходит из-за различных факторов, включая атмосферные условия, частоту сигнала и расстояние до цели. Рассмотрим это влияние более подробно.

1. Причины ослабления радиоволн в атмосфере

Ослабление радиоволн может быть вызвано несколькими факторами:

- **Затухание в свободном пространстве**: при распространении радиоволн их энергия уменьшается с увеличением расстояния из-за рассеяния и диффузии. Это затухание описывается законом обратного квадрата.

- **Атмосферные потери**: Включают поглощение радиоволн молекулами воздуха, водяными каплями и другими частицами. Эти потери зависят от частоты радиоволн и физического состояния атмосферы.
- **Поглощение**: Различные газы в атмосфере, такие как водяные пары, углекислый газ и озон, могут поглощать радиоволны, что приводит к дополнительным потерям.
- **Рассеяние**: Радиоволны могут рассеиваться на каплях воды, пыли и других частицах в атмосфере, что также вызывает потери мощности сигнала.

2. Математическое моделирование ослабления

Чтобы учесть ослабление радиоволн в расчетах, используется коэффициент затухания α (в дБ/км). Общая формула для потерь сигнала в зависимости от расстояния r может быть выражена следующим образом:

$L=\alpha \cdot r$

где:

- L — потери в дБ,
- r — расстояние в км,
- α — коэффициент затухания в дБ/км.

3. Влияние на дальность действия РЛС

Дальность действия РЛС с учетом ослабления можно определить через максимальную дальность обнаружения в свободном пространстве $r0\text{max}$ и потери:

$r=r0\text{max}\cdot 10-10L=r0\text{max}\cdot 10-10\alpha \cdot r$

Это уравнение показывает, что дальность обнаружения r уменьшается с увеличением расстояния r из-за затухания. Решение этого уравнения может быть сложным, поскольку r присутствует как в левой, так и в правой части уравнения.

4. Примеры влияния на дальность действия

- **В условиях высокой влажности или дождя**: Коэффициент затухания может значительно увеличиваться (например, до 10 дБ/км), что

приводит к резкому снижению дальности обнаружения. Это может уменьшить дальность действия РЛС до 50-70% от максимальной.

- **В условиях тумана**: Туман и облачность также могут увеличить затухание. Для некоторых частот это может привести к потере до 5-7 дБ/км.

5. Практическое применение

Понимание влияния ослабления энергии радиоволн на дальность действия РЛС имеет критическое значение для:

- **Проектирования и выбора частот**: Выбор частот, на которых РЛС будет работать, должен учитывать возможные потери в определенных условиях эксплуатации.
- **Оценки эффективности работы РЛС**: Оценка дальности обнаружения и надежности работы РЛС в различных атмосферных условиях.
- **Разработки стратегий работы**: Разработка оперативных стратегий для использования РЛС в условиях, когда ожидаются значительные потери сигнала.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Определить дальность действия РЛС с учетом затухания в атмосфере, если максимальная дальность обнаружения в свободном пространстве r0 max = 450 км, а коэффициент затухания α = 4,5·10-3 дБ/км.

Правильный ответ:

Исходные данные

- Максимальная дальность обнаружения в свободном пространстве: $r0\max=450$км
- Коэффициент затухания: $\alpha=4.5\cdot10^{-3}$дБ/км

Формула для расчета дальности действия

Дальность действия РЛС с учетом затухания может быть выражена следующим образом:

$$r = r_{0\max} \cdot 10^{-\frac{L}{10}}$$

где L — потери в дБ, которые можно рассчитать по формуле:

$L=\alpha \cdot r$

Подставим в уравнение

Теперь у нас есть два уравнения:

1. $r = r_{0\,\max} \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot r}{10}}$
2. Подставим значение r0max: $r = 450 \cdot 10^{-\frac{(4.5 \cdot 10^{-3}) \cdot r}{10}}$

Решение уравнения

Это уравнение нелинейное и требует численного решения. Для этого можно использовать метод проб и ошибок. Начнем с предположения о значении r.

Пробные значения:

1. **Предположение *r*=400 км**:

   $L = 4.5 \cdot 10^{-3} \cdot 400 = 1.8\,\text{дБ}$

   $r = 450 \cdot 10^{-\frac{1.35}{10}} \approx 450 \cdot 10^{-0.135} \approx 450 \cdot 0.724 = 325.8\,\text{км}$
2. **Предположение *r*=300 км**:

   $L = 4.5 \cdot 10^{-3} \cdot 300 = 1.35\,\text{дБ}$

   $r = 450 \cdot 10^{-\frac{1.35}{10}} \approx 450 \cdot 10^{-0.135} \approx 450 \cdot 0.724 = 325.8\,\text{км}$
3. **Предположение *r*=325 км**:

   $L = 4.5 \cdot 10^{-3} \cdot 325 = 1.4625\,\text{дБ}$

   $r = 450 \cdot 10^{-\frac{1.4625}{10}} \approx 450 \cdot 10^{-0.14625} \approx 450 \cdot 0.710 = 319.5\,\text{км}$
4. **Предположение *r*=320 км**:

   $L = 4.5 \cdot 10^{-3} \cdot 320 = 1.44\,\text{дБ}$

   $r = 450 \cdot 10^{-\frac{1.44}{10}} \approx 450 \cdot 10^{-0.144} \approx 450 \cdot 0.724 = 325.8\,\text{км}$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_5

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Факторы, определяющие ошибки измерения дальности до радиолокационной цели.

Правильный ответ:

1. Качество радиосигнала

- **Шум**: Наличие шумов, возникающих от различных источников (например, электроника, атмосферные помехи), может ухудшить качество радиосигнала и привести к ошибкам в измерениях.
- **Затухание**: Ослабление сигнала при его прохождении через атмосферу также может вызвать искажение информации, что приводит к ошибкам в расчетах дистанции.

2. Параметры радиолокационной системы

- **Неправильная калибровка РЛС**: Ошибки в настройках и калибровке системы могут привести к неправильным измерениям.
- **Разрешение системы**: Ограниченное угловое и временное разрешение может привести к трудностям в определении точного момента отражения сигнала.

3. Атмосферные условия

- **Температура и влажность**: Изменения в температуре и влажности могут влиять на скорость распространения радиоволн, что приводит к ошибкам в расчете расстояния.
- **Метеорологические явления**: Дождь, снег, туман и другие атмосферные явления могут вызывать рассеяние и поглощение сигналов, что снижает точность измерений.

4. Скорость и направление движения цели

- **Движение цели**: если цель движется, это может привести к эффекту Доплера, влияя на частоту отраженного сигнала и, следовательно, на измеренную дальность.
- **Угол атаки**: Изменение угла между направлением РЛС и направлением движения цели также может повлиять на точность измерений.

5. Ошибки обработки данных

- **Алгоритмы обработки сигналов**: Используемые алгоритмы для обработки и анализа полученных данных могут вводить ошибки, особенно если они не адаптированы для специфических условий работы.
- **Цифровая обработка сигналов**: Ошибки в кодировании и декодировании данных могут привести к искажению информации о расстоянии.

6. Интерференция и многолучевость

- **Многолучевость**: Отражения сигнала от различных объектов (например, зданий, деревьев) могут создавать несколько путей распространения радиоволн, что приводит к путанице в определении расстояния.
- **Интерференция**: Параллельные сигналы от различных источников могут приводить к интерференции, что также влияет на точность измерений.

7. Человеческий фактор

- **Ошибка оператора**: Неправильная интерпретация данных или некорректные действия оператора могут привести к ошибкам в измерениях.
- **Отсутствие опыта**: Недостаток опыта у оператора может привести к неправильной настройке системы или интерпретации полученных данных.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Влияние земной поверхности и атмосферной рефракции на дальность действия РЛС.

Правильный ответ:

1. Влияние земной поверхности

1.1. Рельеф местности

- **Препятствия**: Неровности рельефа, такие как горы, холмы и здания, могут блокировать или ослаблять радиосигналы. Это может привести к «мертвым зонам», где РЛС не может обнаружить цели.
- **Отражение и рассеяние**: Земная поверхность может отражать радиоволны, что может создавать дополнительные сигналы, затрудняющие определение расстояния и направления цели. Рассеяние радиоволн на неровностях поверхности также может ухудшать качество сигнала.

1.2. Тип поверхности

- **Проводящие и непроводящие материалы**: Различные типы поверхности (вода, земля, бетон и т. д.) имеют разные уровни отражательной способности радиоволн. Например, вода отражает радиоволны лучше, чем земля, что может увеличивать дальность действия РЛС вблизи водоемов.
- **Зеленые насаждения**: Леса и другие растительные покровы могут поглощать радиоволны, что также влияет на дальность действия системы.

2. Влияние атмосферной рефракции

2.1. Природа атмосферной рефракции

Атмосферная рефракция — это изменение направления радиоволн при их прохождении через различные слои атмосферы с различной плотностью. Это явление связано с изменением температуры, давления и влажности воздуха.

2.2. Воздействие на дальность действия РЛС

- **Изменение угла падения**: Рефракция может изменять угол, под которым радиоволны достигают цели, что влияет на измерения дальности. При нормальных условиях радиоволны распространяются по прямой, но в условиях рефракции путь может быть изогнут, что приводит к ошибкам в определении расстояния.
- **Увеличение дальности**: в некоторых случаях рефракция может привести к тому, что радиоволны «огибают» препятствия, что позволяет увеличить дальность действия РЛС. Это особенно заметно при наличии инверсии температуры, когда холодный воздух находится ниже теплого, что создает условия для "захвата" радиоволн.
- **Потери сигнала**: в условиях сильной рефракции, особенно при наличии туманов или облаков, может происходить дополнительное поглощение радиоволн, что также уменьшает дальность действия РЛС.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

РЛС обеспечивает обнаружение целей с $\sigma_ц \geq 1$ м^2 на дальности $r_{ц\,max1}$ = 300 км с показателями $F = 10^{-6}$, D = 0,5 по сигналам со случайной начальной фазой и амплитудой. Определить, на каком расстоянии $r_{ц\,max2}$ РЛС способна обнаруживать эти же цели с показателями $F = 10^{-6}$ и D = 0,9?

Правильный ответ:

Исходные данные

- Исходная дальность обнаружения: $r_{цmax1}$=300км
- Показатель $F=10^{-6}$
- Исходный коэффициент детекции: D_1=0.5

- Новый коэффициент детекции: D_2=0.9

Общее уравнение для дальности обнаружения

Существует зависимость между дальностью обнаружения и коэффициентом детекции, которая может быть выражена следующим образом:

$$r \propto \sqrt{D}$$

Это означает, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из коэффициента детекции.

Определение новой дальности обнаружения

Сначала найдем отношение новых и старых коэффициентов детекции:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{0.9}{0.5} = 1.8$$

Теперь мы можем выразить новую дальность rцmax2 через исходную дальность:

$$\frac{r_{\text{ц max2}}}{r_{\text{ц max1}}} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$$

Подставим известные значения:

$$\frac{r_{\text{ц max2}}}{300} = \sqrt{1.8}$$

Теперь вычислим 1.8:

1.8≈1.34

Следовательно:

$r_{\text{цmax2}}$=300·1.34≈402км

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_6

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Зона обнаружения РЛС.

Правильный ответ:

1. Основные параметры, определяющие зону обнаружения

1.1. Дальность обнаружения

- **Максимальная дальность обнаружения**: это максимальное расстояние, на котором РЛС может обнаружить цель определенных характеристик (например, отражающая площадь, скорость, высота). Дальность обнаружения может зависеть от различных факторов, таких как мощность передающего сигнала, чувствительность приемника и параметры окружающей среды.

1.2. Угол обзора

- **Угол излучения антенны**: Ширина угла излучения антенны определяет, какую область пространства РЛС может охватывать. Широкий угол позволяет обнаруживать цели на больших углах, но снижает дальность; узкий угол увеличивает дальность, но ограничивает область охвата.

1.3. Высота установки РЛС

- **Высота установки**: Высота, на которой установлена РЛС, влияет на зону обнаружения, особенно в условиях неровного рельефа. Более высокая установка позволяет РЛС охватывать большую площадь и достигать целей на больших расстояниях.

2. Влияние внешних факторов

2.1. Рельеф местности

- **Препятствия**: Неровности рельефа, такие как горы, здания и деревья, могут блокировать радиоволны, создавая «мертвые зоны», где РЛС не может эффективно обнаружить цели.
- **Зональные эффекты**: Рельеф может не только уменьшать зону обнаружения, но и создавать условия для отражения сигналов, что может увеличить зону обнаружения в некоторых направлениях.

2.2. Атмосферные условия

- **Температура, влажность и давление**: Эти параметры влияют на распространение радиоволн и могут вызывать рефракцию, что, в свою очередь, изменяет зону обнаружения.
- **Метеорологические явления**: Дождь, снег и туман могут ослаблять сигнал, уменьшая дальность обнаружения.

3. Зоны обнаружения

Зона обнаружения РЛС может быть разделена на различные подзоны:

1. **Зона действия**: Область, в которой РЛС может эффективно обнаруживать цели.
2. **Зона неуверенности**: Область, где обнаружение возможно, но с высокой вероятностью ошибок или неопределенности.
3. **Мертвая зона**: Область, в которой РЛС не может обнаруживать цели из-за препятствий или других факторов.

4. Применение

Зона обнаружения РЛС имеет ключевое значение в различных областях, таких как:

- **Военное дело**: Определение зон обнаружения позволяет планировать операции, избегать столкновений и обеспечивать защиту.
- **Гражданская авиация**: Зоны обнаружения важны для обеспечения безопасности полетов и управления воздушным движением.
- **Метеорология**: РЛС используются для мониторинга погодных условий, и понимание их зоны обнаружения помогает в предсказании штормов и других метеорологических явлений.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Ошибка измерения координаты, Показатели и факторы, определяющие сущность составляющих ошибки измерения.

Правильный ответ:

Ошибка измерения координаты — это разница между истинным значением координаты объекта и измеренным значением, полученным с помощью радиолокационной системы (РЛС) или другого устройства. Ошибки измерения могут возникать по различным причинам и делятся на несколько составляющих. Рассмотрим основные показатели и факторы, определяющие сущность этих ошибок.

1. Основные составляющие ошибки измерения координаты

Ошибки измерения координаты можно условно разделить на следующие составляющие:

1.1. Систематическая ошибка

- **Определение**: Систематическая ошибка — это постоянная ошибка, которая возникает из-за некорректных настроек измерительного оборудования, неправильной калибровки или постоянных внешних условий.
- **Примеры**: Неправильная установка антенны, ошибки в алгоритмах обработки данных, постоянные атмосферные условия.

1.2. Случайная ошибка

- **Определение**: Случайная ошибка — это ошибка, которая возникает из-за случайных факторов и не может быть предсказана заранее.
- **Примеры**: Шумы в сигнале, изменения в метеорологических условиях (ветер, температура), колебания в электронике.

1.3. Ошибка грубой настройки

- **Определение**: Ошибка грубой настройки возникает из-за человеческого фактора, например, неверного ввода данных или неправильной интерпретации показаний.
- **Примеры**: Неправильная установка координатных систем, ошибка оператора в процессе ввода данных.

2. Показатели, определяющие сущность ошибки измерения

2.1. Погрешность измерения

- **Определение**: Погрешность измерения — это количественная оценка ошибки, которая может быть выражена в виде абсолютной или относительной погрешности.
- **Формула**: для абсолютной погрешности: $\Delta x = |x_{\text{истинное}} - x_{\text{измеренное}}|$
- Для относительной погрешности: $\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{\text{истинное}}} \times 100\%$

2.2. Дисперсия измерений

- **Определение**: Дисперсия — это мера разброса значений измерений относительно их среднего значения, что позволяет оценить степень случайных ошибок.
- **Формула**:

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2$$

где $\bar{x}$ — среднее значение измерений, n — количество измерений.

3. Факторы, влияющие на ошибки измерения координаты

3.1. Технические факторы

- **Калибровка оборудования**: Неправильная калибровка может привести к систематическим ошибкам.

- **Качество компонентов**: Использование низкокачественных или устаревших компонентов может увеличивать вероятность ошибок.

3.2. Операционные факторы

- **Опыт оператора**: Неправильные действия оператора могут привести к ошибкам в измерениях.
- **Методы обработки данных**: Используемые алгоритмы могут вносить свои ошибки в результаты.

3.3. Внешние факторы

- **Атмосферные условия**: Изменения температуры, давления и влажности могут повлиять на распространение радиоволн и, соответственно, на точность измерений.
- **Рельеф местности**: Препятствия, такие как здания и деревья, могут затенять сигнал и создавать дополнительные отражения.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

РЛС обеспечивает обнаружение целей с $\sigma_ц \geq 5$ м^2 на дальности $r_{ц\ max1}$ = 450 км с показателями $F = 10^{-6}$, D = 0,5 по сигналам со случайной начальной фазой и амплитудой. Определить, на каком расстоянии $r_{ц\ max2}$ РЛС способна обнаруживать эти же цели с показателями F = 10^{-4} и D = 0,8?

Правильный ответ:

Для определения новой максимальной дальности обнаружения радиолокационной системы (РЛС) с измененными показателями, мы можем воспользоваться уравнением, связывающим дальность обнаружения, коэффициент детекции D и уровень шумов F.

Исходные данные

- Исходная дальность обнаружения: rцmax1=450км
- Уровень шумов: $F_1=10^{-6}$
- Исходный коэффициент детекции: D_1=0.5
- Новый уровень шумов: $F_2=10^{-4}$
- Новый коэффициент детекции: D_2=0.8

Общее уравнение для дальности обнаружения

Дальность обнаружения РЛС может быть выражена в зависимости от уровня шумов и коэффициента детекции. При этом дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из отношения коэффициента детекции к уровню шумов:

$$r \propto \frac{D}{\sqrt{F}}$$

Определение новой дальности обнаружения

Сначала найдем отношение новых и старых показателей:

$$\frac{r_{\text{ц max2}}}{r_{\text{ц max1}}} = \frac{D_2/\sqrt{F_2}}{D_1/\sqrt{F_1}}$$

Теперь подставим известные значения:

$$\frac{r_{\text{ц max2}}}{450} = \frac{0.8/\sqrt{10^{-4}}}{0.5/\sqrt{10^{-6}}}$$

Вычислим каждую часть:

1. Сначала найдем $\sqrt{10^{-4}}$ и $\sqrt{10^{-6}}$:

$$\sqrt{10^{-4}} = 10^{-2} = 0.01$$
$$\sqrt{10^{-6}} = 10^{-3} = 0.001$$

2. Теперь подставим эти значения в уравнение:

$$\frac{r_{\text{ц max2}}}{450} = \frac{0.8/0.01}{0.5/0.001}$$

3. Упростим дроби:

$$\frac{r_{\text{ц max2}}}{450} = \frac{80}{5} = 16$$

Теперь найдем $r_{\text{цmax2}}$:

$$r_{\text{ц max2}} = 450 \times 16 = 7200\,\text{км}$$

Таким образом, радиолокационная система (РЛС) способна обнаруживать цели с σц≥5м2 на расстоянии rцmax2=7200км при уровне шумов F=10−4 и коэффициенте детекции D=0.8.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_7

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Надежность РЛС. Показатели надежности.

Правильный ответ:

Надежность радиолокационной системы (РЛС) — это способность системы выполнять свои функции в течение заданного периода времени при определенных условиях эксплуатации. Надежность является критически важным показателем, особенно в военных и аэрокосмических приложениях, где отказ РЛС может привести к серьезным последствиям. Рассмотрим основные аспекты надежности РЛС и показатели, которые используются для её оценки.

1. Основные аспекты надежности РЛС

- **Функциональная надежность**: Способность РЛС выполнять свои функции обнаружения, отслеживания и идентификации объектов в течение определенного времени.
- **Эксплуатационная надежность**: Способность РЛС сохранять работоспособность в условиях различных внешних факторов, таких как температура, влажность, механические воздействия и т.д.
- **Поддерживаемая надежность**: Возможность ремонта и восстановления работоспособности системы после отказа.

2. Показатели надежности

Для оценки надежности РЛС используются различные показатели, включая, но не ограничиваясь следующими:

2.1. Вероятность безотказной работы (P)

- **Определение**: Вероятность того, что РЛС будет функционировать без отказов в течение заданного времени.
- **Формула**:

$$P(t)=e^{-\lambda t}$$

где λ — интенсивность отказов, t — время работы.

2.2. Среднее время до отказа (MTBF)

- **Определение**: Среднее время, в течение которого система работает без отказов. Это важный показатель для оценки надежности.
- **Формула**:

$$MTBF = \frac{T}{N}$$

где T — общее время работы системы, N — количество отказов.

2.3. Среднее время восстановления (MTTR)

- **Определение**: Среднее время, необходимое для восстановления работоспособности системы после отказа.
- **Формула**:

$$MTTR = \frac{T_r}{N}$$

где Tr — общее время ремонта, N — количество отказов.

2.4. Интенсивность отказов (λ)

- **Определение**: Количество отказов системы на единицу времени.
- **Формула**:

$$\lambda = \frac{N}{T}$$

где N — количество отказов, T — общее время работы.

2.5. Надежность на заданный срок (R)

- **Определение**: Вероятность того, что система будет функционировать без отказов в течение определенного времени.

- **Формула**:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}$$

где $F(t)$ — функция распределения отказов.

3. Дополнительные показатели

- **Коэффициент готовности (K)**: это отношение времени, в течение которого система работоспособна, к общему времени, включая время на простои и ремонты.

$$K = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

- **Уровень надежности (RL)**: отражает общую надежность и может быть выражен в процентах.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Принципы измерения дальности и азимута радиолокационных целей.

Правильный ответ:

Измерение дальности и азимута радиолокационных целей является одним из ключевых процессов в радиолокации. Эти измерения позволяют точно определять местоположение объектов, что критически важно для различных приложений, включая военно-воздушные операции, гражданскую авиацию, метеорологию и другие области. Рассмотрим основные принципы измерения дальности и азимута.

1. Принципы измерения дальности

Измерение дальности до радиолокационной цели основывается на принципе времени задержки (Time of Flight, ToF) радиоволны. Основные этапы этого процесса, следующие:

1.1. Время задержки

- **Излучение сигнала**: Антенна РЛС излучает сигнал, который распространяется в пространстве.
- **Отражение сигнала**: Сигнал отражается от цели и возвращается обратно к антенне.

- **Измерение времени**: РЛС измеряет общее время, которое потребовалось для того, чтобы сигнал прошел до цели и обратно.

1.2. Вычисление расстояния

- Расстояние до цели рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{c \cdot t}{2}$$

где:

- r — расстояние до цели,
- c — скорость света (приблизительно 3×10^8 м/с),
- t — общее время задержки сигнала.

2. Принципы измерения азимута

Измерение азимута основано на определении угла между направлением на цель и каким-либо фиксированным направлением (например, севером). Основные этапы этого процесса:

2.1. Направление антенны

- **Поворот антенны**: Антенна РЛС может вращаться, что позволяет измерять угол, под которым цель расположена относительно антенны.
- **Измерение угла**: Угол поворота антенны фиксируется и сопоставляется с направлением на цель.

2.2. Использование радиолокационной схемы

- **Отображение данных**: Угол азимута, под которым цель обнаружена, отображается на экране или записывается в систему управления.
- **Сравнение с эталоном**: Азимут может быть определен относительно заданного направления (например, истинный север или магнитный север), что позволяет точно определить местоположение цели.

3. Совместное измерение дальности и азимута

Современные РЛС могут одновременно измерять и дальность, и азимут при помощи различных технологий и алгоритмов:

3.1. Дисплей данных

- Информация о дальности и азимуте может отображаться на одном экране, что позволяет операторам быстро оценивать местоположение целей.

3.2. Алгоритмы обработки сигналов

- Использование цифровой обработки сигналов (DSP) позволяет улучшить точность измерений и снизить влияние шума и помех.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

РЛС обеспечивает обнаружение целей с $\sigma_ц \geq 5$ м^2 на дальности $r_{ц\,max1}$ = 450 км с показателями $F = 10^{-6}$, D = 0,5 по сигналам со случайной начальной фазой и амплитудой. Определить, на каком расстоянии $r_{ц\,max2}$ РЛС способна обнаруживать эти же цели с показателями F = 10^{-4} и D = 0,8?

Правильный ответ:

Исходные данные

- Исходная дальность обнаружения: $r_{цmax1}$=450км
- Уровень шумов: $F_1=10^{-6}$
- Исходный коэффициент детекции: D_1=0.5
- Новый уровень шумов: $F_2=10^{-4}$
- Новый коэффициент детекции: D_2=0.8

Принцип расчета

Дальность обнаружения РЛС пропорциональна квадратному корню из отношения коэффициента детекции к уровню шумов:

$$r \propto \sqrt{\frac{D}{F}}$$

Определение новой дальности обнаружения

Сначала определим отношение новых и старых показателей:

$$\frac{r_{ц\,max2}}{r_{ц\,max1}} = \sqrt{\frac{D_2/F_2}{D_1/F_1}}$$

Теперь подставим известные значения:

$$\frac{r_{ц\,max2}}{450} = \sqrt{\frac{0.8/(10^{-4})}{0.5/(10^{-6})}}$$

Вычислим каждую часть:

1. Сначала упростим дробь:

$$\frac{0.8/10^{-4}}{0.5/10^{-6}} = \frac{0.8 \cdot 10^{-6}}{0.5 \cdot 10^{-4}} = \frac{0.8}{0.5} \cdot \frac{10^{-6}}{10^{-4}} = \frac{0.8}{0.5} \cdot 10^{-2} = 1.6 \cdot 10^{-2}$$

2. Теперь подставим это значение в уравнение:

$$\frac{r_{\text{ц max2}}}{450} = \sqrt{1.6 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{0.016} \approx 0.1265$$

3. Теперь найдем *r*цmax2:

$$r_{\text{ц max2}} = 450 \cdot 0.1265 \approx 56.925 \text{ км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_8

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Основные технические характеристики РЛС.

Правильный ответ:

1. Дальность обнаружения

- **Определение**: Максимальное расстояние, на котором РЛС может обнаружить цель с заданным эквивалентным радарным сечением (σц).
- **Факторы влияния**: Уровень шумов, мощность излучаемого сигнала, характеристики антенны, атмосферные условия и т.д.

2. Угол обзора

- **Определение**: Ширина области, которую РЛС может охватывать в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
- **Факторы влияния**: Дизайн антенны (например, ширина диаграммы направленности) и режим работы РЛС (например, сканирование).

3. Разрешение

- **Определение**: Способность РЛС различать две близко расположенные цели.
- **Типы разрешения**:
    - **Дальномерное разрешение**: определяется временной задержкой и пропускной способностью системы.

    - **Угловое разрешение**: определяется шириной диаграммы направленности антенны.

4. Коэффициент усиления антенны

- **Определение**: Отношение мощности сигнала, излучаемого в заданном направлении, к мощности сигнала, излучаемого в стандартном направлении (например, в omnidirectional антенне).
- **Единицы измерения**: обычно выражается в децибелах (дБ).

5. Мощность излучаемого сигнала

- **Определение**: Энергия, подаваемая на антенну для излучения радиоволн.
- **Единицы измерения**: Ватт (Вт) или киловатт (кВт).

6. Уровень шумов

- **Определение**: определяет чувствительность РЛС и способность различать сигналы от шумов.
- **Единицы измерения**: часто выражается в децибелах (дБ) относительно единицы мощности.

7. Скорость обновления данных

- **Определение**: Частота, с которой РЛС обновляет информацию о целях.
- **Факторы влияния**: зависит от режима работы и алгоритмов обработки данных.

8. Надежность и долговечность

- **Определение**: Способность системы функционировать без отказов в течение заданного времени.
- **Показатели**: Среднее время до отказа (MTBF), среднее время восстановления (MTTR) и коэффициент готовности.

9. Способы обработки сигналов

- **Определение**: Алгоритмы и технологии, используемые для повышения качества получаемых данных.
- **Типы обработки**: Импульсная, частотно-импульсная, цифровая обработка сигналов и другие.

10. Мобильность и компактность

- **Определение**: Способность РЛС быть установленной на подвижных платформах (например, корабли, самолеты, автомобили).
- **Факторы влияния**: Размеры и вес оборудования, требования к источникам питания и т.д.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Виды и способы обзора пространства. Достоинства и недостатки.

Правильный ответ:

1. Виды обзора пространства

1.1. Плоский (горизонтальный) обзор

- **Описание**: Обзор осуществляется в горизонтальной плоскости, антенна РЛС вращается вокруг вертикальной оси.
- **Применение**: широко используется в системах управления воздушным движением, противовоздушной обороны и для обнаружения наземных объектов.

1.2. Вертикальный обзор

- **Описание**: Обзор осуществляется в вертикальной плоскости, антенна может наклоняться для наблюдения за целями на различных высотах.
- **Применение**: используется для наблюдения за низколетящими объектами, такими как дроны или низколетящие самолеты.

1.3. Сферический обзор

- **Описание**: Антенна РЛС может выполнять как горизонтальное, так и вертикальное сканирование, обеспечивая полный обзор пространства.
- **Применение**: используется в сложных условиях, где требуется обнаружение целей на различных высотах и направлениях, например, в военной и метеорологической сфере.

2. Способы обзора

2.1. Импульсный (периодический) обзор

- **Описание**: РЛС излучает короткие импульсы радиоволн с определенным интервалом, после чего принимает отраженные сигналы.
- **Достоинства**:
  - Высокая чувствительность к целям.
  - Позволяет точно измерять дальность.
- **Недостатки**:
  - Может быть подвержен влиянию шумов и помех.
  - Ограниченная скорость обновления данных.

2.2. Сканирующий обзор

- **Описание**: Антенна РЛС вращается или перемещается для сканирования области, обеспечивая непрерывный обзор.
- **Достоинства**:
  - Позволяет получать информацию о движении объектов в реальном времени.
  - Широкий угол обзора.
- **Недостатки**:
  - Может требовать больше энергии и ресурсов.
  - Сложность в обработке данных.

2.3. Фазированный массив

- **Описание**: использует антенны с несколькими элементами, которые могут изменять направление излучения без механического вращения.
- **Достоинства**:
  - Быстрое изменение направления обзора.
  - Высокая точность и возможность одновременного слежения за несколькими целями.
- **Недостатки**:
  - Высокая стоимость и сложность технологии.
  - Требует сложной обработки сигналов.

2.4. Псевдослучайный обзор

- **Описание**: использует случайные изменения в угле обзора для уменьшения вероятности обнаружения системы противником.
- **Достоинства**:
  - Увеличивает скрытность РЛС.
  - Усложняет определение местоположения РЛС для противника.
- **Недостатки**:
  - Может снизить точность и скорость обнаружения целей.
  - Сложность в управлении и обработке данных.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Определить дальность прямой видимости цели при нормальной рефракции, если задано hA = 36 м; Нц = 100 м.

Правильный ответ:

Для определения дальности прямой видимости между наблюдателем и целью, учитывая нормальную рефракцию, можно использовать следующую приближенную формулу:

$$d = \sqrt{h_A} + \sqrt{H_c}$$

где:

- d — дальность прямой видимости (в метрах),
- hA — высота наблюдателя (в метрах),
- Hc — высота цели (в метрах).

Данные

- Высота наблюдателя h_A=36м
- Высота цели H_c=100м

Расчет

Подставим значения в формулу:

$$d = \sqrt{36} + \sqrt{100}$$

Теперь вычислим корни:

d=6+10=16м

Таким образом, дальность прямой видимости при нормальной рефракции составляет d=16м.

Однако, учитывая, что обычно дальность прямой видимости выражается в километрах, необходимо сделать преобразование:

$d \approx 16$км

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_9

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Показатели качества радиолокационного обнаружения за обзор. Расчетные соотношения.

Правильный ответ:

Показатели качества радиолокационного обнаружения (РЛС) являются важными характеристиками, определяющими эффективность работы системы. Эти показатели позволяют оценить, насколько хорошо РЛС может обнаруживать, идентифицировать и отслеживать цели. Основные показатели качества радиолокационного обнаружения включают:

1. Вероятность обнаружения (Pd)

- **Определение**: Вероятность того, что РЛС обнаружит цель, если она действительно присутствует.
- **Расчетное соотношение**:

$$P_d = \frac{N_d}{N_d + N_f}$$

где:

- Nd — количество успешных обнаружений,
- Nf — количество ложных срабатываний.

2. Вероятность ложного срабатывания (Pf)

- **Определение**: Вероятность того, что РЛС выдает сигнал обнаружения, когда цели нет.
- **Расчетное соотношение**:

$$P_f = \frac{N_f}{N_d + N_f}$$

3. Обнаруживаемость

- **Определение**: Способность РЛС выявлять цели с определенным уровнем радарного сечения (σц).
- **Расчетное соотношение**:

  Обнаруживаемость может быть связана с уровнем шумов и мощностью сигнала. Для заданного уровня сигнала и шума, это может быть выражено через:

$$\sigma_{min} = \frac{P_{th} \cdot (4\pi R^2)}{G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \eta}$$

  где:

  - σ_{min} — минимальное радарное сечение для обнаружения,
  - P_{th} — пороговое значение мощности,
  - R — дальность до цели,
  - G — коэффициент усиления антенны,
  - λ — длина волны,
  - η — коэффициент отражения.

4. Разрешение

- **Определение**: Способность РЛС различать близко расположенные цели.
- **Расчетные соотношения**:
  - **Дальномерное разрешение**:

$$\Delta R \approx \frac{c}{2B}$$

    где:

    - ΔR — минимальное расстояние для различения двух целей,

        - c — скорость света,
        - B — полоса пропускания системы.
    - **Угловое разрешение**:

$$\Delta\theta \approx \frac{\lambda}{D}$$

    где:
        - $\Delta\theta$ — угловое разрешение,
        - D — диаметр антенны.

5. Динамический диапазон

- **Определение**: Диапазон уровней сигналов, которые РЛС может обрабатывать, от минимального до максимального.
- **Расчетное соотношение**:

  Динамический диапазон может быть выражен как:

$$DR = 10\log_{10}\left(\frac{P_{max}}{P_{min}}\right)$$

  где:
    - P_{max} — максимальная мощность сигнала,
    - P_{min} — минимальная мощность сигнала, которую система может обнаружить.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Назначение и классификация первичных источников питания РЛС. Их основные характеристики.

Правильный ответ:

Назначение первичных источников питания РЛС

1. **Обеспечение электроэнергией**: Первичные источники питания обеспечивают необходимое напряжение и ток для работы всех модулей РЛС.
2. **Стабильность работы**: обеспечивают стабильное и надежное электропитание, что критично для бесперебойного функционирования системы.

3. **Защита от сбоев**: Некоторые источники могут включать системы резервирования и защиты, предотвращая сбои в работе РЛС из-за перебоев с электропитанием.
4. **Адаптация к условиям**: позволяют работать в различных режимах и условиях эксплуатации, включая экстремальные температуры и влажность.

Классификация первичных источников питания РЛС

1. **По типу энергии**:
   - **Электрические источники**:
     - Сетевые источники (используют постоянное или переменное напряжение из электросети).
     - Батареи (аккумуляторы, литий-ионные,NiCd и другие).
   - **Генераторные установки**: используются для автономного питания в условиях, где отсутствует электросеть.
2. **По способу преобразования энергии**:
   - **Преобразователи напряжения**: преобразуют одно напряжение в другое (например, DC-DC преобразователи).
   - **Инверторы**: преобразуют постоянное напряжение в переменное (и наоборот).
3. **По степени автономности**:
   - **Стационарные источники**: используются в стационарных РЛС, которые подключены к электросети.
   - **Портативные/мобильные источники**: используются в подвижных системах, таких как РЛС на транспортных средствах.

Основные характеристики первичных источников питания РЛС

1. **Выходное напряжение и ток**: Необходимые для работы системы. Они должны быть стабильными и соответствовать требованиям компонентов РЛС.

2. **Эффективность**: определяет, насколько эффективно источник преобразует входную энергию в выходную. Высокая эффективность позволяет снизить энергозатраты и теплообразование.
3. **Габариты и вес**: важно для мобильных систем, где размеры и масса источников питания могут существенно влиять на общие характеристики системы.
4. **Время автономной работы**: для источников на базе батарей и аккумуляторов это важный параметр, определяющий, сколько времени система может функционировать без внешнего источника питания.
5. **Шум и помехи**: Источники питания должны обеспечивать низкий уровень электромагнитных помех, чтобы не влиять на работу чувствительных радиолокационных компонентов.
6. **Температурный диапазон**: Способность работать в различных температурных условиях, что критично для некоторых приложений, особенно в военной сфере.
7. **Надежность и долговечность**: Долговечность и устойчивость к внешним воздействиям (влага, пыль, вибрации и т.д.) играют важную роль в обеспечении стабильной работы источников питания.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Определить дальность прямой видимости цели при нормальной рефракции, если задано hA = 36 м; Нц = 100 м.

Правильный ответ:

Для определения дальности прямой видимости между наблюдателем и целью с учетом нормальной рефракции используется формула:

$$d = \sqrt{h_A} + \sqrt{H_c}$$

где:

- d — дальность прямой видимости (в метрах),
- hA — высота наблюдателя (в метрах),
- Hc — высота цели (в метрах).

Данные

- Высота наблюдателя h_A=36м
- Высота цели H_c=100м

Расчет

Подставим значения в формулу:

1. Вычисляем корни:
   - $\sqrt{h_A} = \sqrt{36} = 6\,\text{м}$
   - $\sqrt{H_c} = \sqrt{100} = 10\,\text{м}$
2. Находим дальность:

$$d=6+10=16\text{м}$$

Однако, для расчета дальности прямой видимости обычно выражается в километрах. Для этого необходимо преобразовать:

$$d\approx16\text{км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_10

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Назначение и классификация передающих устройств РЛС.

Правильный ответ:

Назначение передающих устройств РЛС

1. **Генерация радиосигналов**: Передающие устройства создают радиосигналы, которые затем излучаются антеннами. Эти сигналы могут быть как импульсными, так и непрерывными.
2. **Увеличение мощности сигнала**: Передающие устройства усиливают сигналы до необходимого уровня мощности для обеспечения дальности обнаружения и качества сигнала.
3. **Формирование сигналов**: Устройства могут формировать различные типы сигналов (например, ширину импульса, частоту) в зависимости от требований системы.
4. **Излучение сигнала**: Передающие устройства обеспечивают эффективное излучение радиоволн через антенну для достижения целей.
5. **Синхронизация**: обеспечивают синхронизацию с приемными устройствами, что критично для корректного определения расстояний и углов.

Классификация передающих устройств РЛС

1. **По типу радиосигнала**:
   - **Импульсные передатчики**: генерируют короткие импульсы радиосигнала. Применяются в большинстве традиционных РЛС.
   - **Непрерывные (CW) передатчики**: излучают постоянный радиосигнал. Используются в системах Doppler и некоторых дальномерных радарных системах.
2. **По принципу работы**:
   - **Аналоговые передатчики**: используют аналоговые технологии для генерации и обработки сигналов.
   - **Цифровые передатчики**: используют цифровые технологии для формирования и обработки сигналов, обеспечивая большую гибкость и точность.
3. **По мощности**:
   - **Высокомощные передатчики**: используются в системах, требующих значительного радиус действия (например, военные РЛС).
   - **Низкомощные передатчики**: обычно применяются в ближнем радиусе действия или для специальных задач (например, в системах управления движением).
4. **По способу модуляции**:
   - **Передатчики с амплитудной модуляцией (AM)**: используют изменение амплитуды сигнала для передачи информации.
   - **Передатчики с частотной модуляцией (FM)**: используют изменение частоты сигнала для передачи информации.
   - **Передатчики с фазовой модуляцией**: изменяют фазу сигнала для передачи информации.
5. **По количеству каналов**:
   - **Одноканальные**: обрабатывают и передают один сигнал.

- **Многоканальные**: позволяют передавать несколько сигналов одновременно, что увеличивает эффективность работы системы.

Основные характеристики передающих устройств РЛС

1. **Частотный диапазон**: определяет диапазон частот, на которых устройство может эффективно работать.
2. **Мощность выходного сигнала**: характеризует максимальную мощность, которую устройство может генерировать.
3. **Коэффициент усиления**: определяет, насколько устройство усиливает сигнал по сравнению с входным уровнем.
4. **Эффективность**: определяет, насколько хорошо устройство преобразует электрическую энергию в радиоволны.
5. **Скорость переключения**: важно для импульсных систем, определяет, как быстро устройство может переключаться между состояниями.
6. **Надежность и устойчивость**: Способность устройства работать в различных условиях (влажность, температура и т.д.) и устойчивость к помехам.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Назначение, задачи и принципы построения и функционирования аппаратуры сопряжения РЛС.

Правильный ответ:

Назначение аппаратуры сопряжения РЛС

1. **Связывание компонентов**: Аппаратура сопряжения обеспечивает связь и взаимодействие между различными элементами РЛС, что позволяет системе работать как единое целое.
2. **Обработка сигналов**: Она позволяет обрабатывать как передаваемые, так и принимаемые сигналы, что критично для корректного обнаружения и отслеживания объектов.

3. **Управление и контроль**: Аппаратура обеспечивает управление режимами работы РЛС, включая переключение между различными режимами (например, режим обнаружения, режим отслеживания).
4. **Синхронизация**: Обеспечивает синхронизацию между передающим и приемным устройствами, что необходимо для корректного определения расстояний и углов.
5. **Защита и фильтрация**: Аппаратура сопряжения может включать фильтры для удаления нежелательных сигналов и защиты от помех.

Задачи аппаратуры сопряжения РЛС

1. **Передача и прием сигналов**: Обеспечение эффективной передачи радиосигналов от передатчика к антенне и приема отраженных сигналов от цели.
2. **Обработка данных**: Обработка полученных сигналов для извлечения информации о цели, включая ее местоположение, скорость и направление движения.
3. **Управление антенными системами**: Управление направлением и формой излучаемого радиосигнала с помощью антенн, что позволяет улучшить качество обнаружения.
4. **Синхронизация работы компонентов**: Обеспечение синхронной работы между различными модулями системы для повышения ее эффективности.
5. **Мониторинг состояния системы**: Отслеживание работы различных компонентов РЛС и диагностика возможных неисправностей.

Принципы построения и функционирования аппаратуры сопряжения РЛС

1. **Модульность**: Аппаратура построена на модульном принципе, что позволяет легко заменять или обновлять отдельные компоненты без необходимости замены всей системы.

2. **Цифровая обработка сигналов**: Использование цифровых технологий для обработки сигналов, что обеспечивает высокую точность и гибкость в работе системы.
3. **Синхронизация по времени**: Применение высокоточных систем синхронизации для обеспечения согласованности работы различных компонентов и минимизации задержек.
4. **Управление по протоколам**: Использование стандартных протоколов управления для обмена данными и управления между модулями системы.
5. **Адаптивность**: Возможность адаптации к изменяющимся условиям работы, включая изменение параметров окружающей среды и характеристик целей.
6. **Фильтрация и обработка помех**: Включение фильтров и схем для уменьшения влияния помех и улучшения качества принимаемого сигнала.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 230°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 235°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 10 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем типа с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 4000 м составила 176 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 3 м^2 на высоте 10 км по исходным данным.

Правильный ответ:

Для определения дальности обнаружения воздушного объекта с

эффективной площадью рассеяния (ЭОП) σ = 3 м² на высоте 10 км, используем формулу для дальности обнаружения, учитывающую влияние помех.

Исходные данные

1. Эффективная площадь рассеяния (ЭОП) истребителя: $\sigma 1$=3.5м2
2. Дальность обнаружения истребителя на высоте 4000 м: $D1$=176км
3. Эффективная площадь рассеяния (ЭОП) нового объекта: $\sigma 2$=3м2
4. Высота нового объекта: 10 км
5. Азимуты: объект с 230°, помехи с 235° (разница 5°).

Расчет

Для определения дальности обнаружения нового объекта, можно использовать пропорциональную зависимость дальности обнаружения от эффективной площади рассеяния и высоты объекта.

1. **Коррекция дальности обнаружения на ЭОП**: Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню от ЭОП:

   $$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

   Подставим известные значения:

   $$D_2 = 176 \cdot \sqrt{\frac{3}{3.5}}$$

   $$D_2 = 176 \cdot \sqrt{0.857}$$

   $$D_2 \approx 176 \cdot 0.926 = 162.4\,\text{км}$$

2. **Коррекция на высоту**: поскольку высота нового объекта (10 км) выше, чем высота, на которой был зафиксирован первый объект (4 км), мы можем использовать факторы, учитывающие высоту. Однако, для простоты расчета, можно предположить, что увеличение высоты положительно сказывается на дальности обнаружения.

   Для упрощения, примем, что в данном случае дальность обнаружения не изменится существенно из-за высоты, так как это требует

дополнительных данных о диаграммах направленности и характеристиках системы.

Таким образом, результирующая дальность обнаружения нового объекта с ЭОП 3 м² на высоте 10 км составит приблизительно:

$$D_2 \approx 162.4 \text{км}$$

Это значение может быть скорректировано, если учесть дополнительные параметры, такие как влияние помех и конкретные характеристики системы.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_11

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Влияние особенностей построения передающих устройств на характеристики РЛС.

Правильный ответ:

Передающие устройства радиолокационных систем (РЛС) являются ключевыми компонентами, которые существенно влияют на характеристики всей системы. Рассмотрим основные особенности построения передающих устройств и их влияние на характеристики РЛС.

1. Тип передатчика

- **Импульсные передатчики**: используются в большинстве традиционных РЛС. Они обеспечивают высокую пиковую мощность, что способствует увеличению дальности обнаружения. Однако низкая средняя мощность может ограничивать эффективность в условиях сильных помех.
- **Непрерывные (CW) передатчики**: обеспечивают хорошую чувствительность и позволяют точно измерять скорость объектов (например, с помощью эффекта Доплера), но их дальность обнаружения может быть ниже, чем у импульсных систем.

2. Мощность выходного сигнала

- **Высокомощные передатчики**: обеспечивают большую дальность обнаружения и надежность работы в сложных условиях. Однако они могут быть более громоздкими и требовать большего энергопотребления.
- **Низкомощные передатчики**: подходят для ближнего радиуса действия, но их использование в условиях высокой помехи или при большом расстоянии может значительно снизить эффективность обнаружения.

3. Частотный диапазон

- **Долговолновые РЛС**: обеспечивают хорошую проникающую способность в атмосферные помехи и могут обнаруживать объекты на больших расстояниях. Однако разрешающая способность может быть хуже.
- **Коротковолновые РЛС**: обеспечивают более высокую разрешающую способность и точность в определении расстояний, но могут иметь меньший радиус действия и быть более восприимчивыми к атмосферным условиям.

4. Спектральная плотность мощности

- Высокая спектральная плотность мощности позволяет эффективно преодолевать помехи и улучшает качество сигнала. Это особенно важно в условиях активных помех, когда необходимо выделить полезный сигнал на фоне шума.

5. Диаграмма направленности

- **Широкая диаграмма направленности**: позволяет охватывать большую зону и увеличивает вероятность обнаружения объектов, но может снижать разрешающую способность.
- **Узкая диаграмма направленности**: обеспечивает высокую точность определения координат объектов, но требует более точного наведения на цель и может уменьшить зону покрытия.

6. Адаптивные технологии

- **Адаптивные передатчики**: используют алгоритмы для изменения параметров сигнала в реальном времени в зависимости от условий окружающей среды. Это позволяет оптимизировать работу системы и снизить влияние помех.

7. Системы модуляции

- Различные схемы модуляции (например, амплитудная, частотная, фазовая) могут существенно влиять на характеристики РЛС. Некоторые схемы обеспечивают лучшую защиту от помех и позволяют более точно определять параметры объектов.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Назначение, принципы построения и функционирования системы управления, защиты и контроля, ее основные характеристики.

Правильный ответ:

Система управления, защиты и контроля (СУЗК) радиолокационной системы (РЛС) играет ключевую роль в обеспечении эффективной работы, безопасности и надежности радиолокационных операций. Рассмотрим более подробно назначение, принципы построения и функционирования, а также основные характеристики этой системы.

Назначение системы управления, защиты и контроля

1. **Управление работой РЛС**: Система осуществляет автоматизированное управление всеми компонентами радиолокационной системы, включая передающие и приемные устройства, антенны и системы обработки данных.
2. **Контроль состояния системы**: СУЗК обеспечивает мониторинг состояния всех элементов РЛС, что позволяет своевременно выявлять и устранять неисправности.
3. **Защита от помех и угроз**: Система защищает РЛС от различных видов помех, включая активные помехи, а также от потенциальных угроз, таких как кибератаки.

4. **Оптимизация работы системы**: Система управления обеспечивает адаптацию работы РЛС в зависимости от внешних условий, что позволяет повышать ее эффективность и производительность.
5. **Сбор и хранение данных**: СУЗК собирает и хранит данные о работе системы, что позволяет проводить анализ и оптимизацию ее работы.

Принципы построения и функционирования системы

1. **Модульный подход**: Система строится на основе модульного подхода, что позволяет легко заменять, добавлять или обновлять отдельные компоненты без необходимости полного перевооружения системы.
2. **Автоматизация процессов**: СУЗК использует автоматизированные алгоритмы и программное обеспечение для управления работой всех компонентов РЛС, что уменьшает влияние человеческого фактора и повышает надежность.
3. **Интерактивный интерфейс**: Предоставляет оператору интуитивно понятный интерфейс для управления и мониторинга состояния системы в реальном времени.
4. **Интеграция с другими системами**: Система управления может интегрироваться с другими системами, такими как системы управления войсками и системами ПВО, что обеспечивает комплексный подход к управлению угрозами.
5. **Адаптивные алгоритмы**: Использование адаптивных алгоритмов позволяет системе автоматически подстраиваться под изменяющиеся условия окружающей среды и изменяющиеся тактики противника.

Основные характеристики системы управления, защиты и контроля

1. **Надежность**: Система должна обеспечивать высокую степень надежности, что критично для функционирования РЛС в сложных условиях.
2. **Скорость реакции**: Время реакции системы на изменения условий и угроз должно быть минимальным, чтобы обеспечить своевременное принятие решений.

3. **Возможность масштабирования**: Система должна быть способна к расширению и модернизации без значительных затрат, что позволяет адаптироваться к новым требованиям.
4. **Защита от несанкционированного доступа**: Обеспечение безопасности данных и защиты от кибератак является важной характеристикой, особенно в современных условиях.
5. **Совместимость с другими системами**: Система должна поддерживать взаимодействие с другими компонентами и системами, что позволяет создавать комплексные решения для управления и защиты.
6. **Удобство в эксплуатации**: Операторы должны иметь возможность легко управлять системой и получать необходимую информацию, что снижает вероятность ошибок.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 225°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 235°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 20 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 9000 м составила 236 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 3 м^2 на высоте 5 км по исходным данным.

Правильный ответ:

Для определения дальности обнаружения воздушного объекта с эффективной площадью рассеяния (ЭОП) σ=3м^2 на высоте 5 км, исходя из предоставленных данных, мы можем использовать пропорциональную зависимость дальности обнаружения от ЭОП и высоты объекта.

Исходные данные

1. Эффективная площадь рассеяния истребителя: σ_1=3.5м^2
2. Дальность обнаружения истребителя на высоте 9000 м: D_1=236км
3. Эффективная площадь рассеяния нового объекта: σ_2=3м^2
4. Высота нового объекта: 5 км
5. Азимуты: объект с 225°, помехи с 235° (разница 10°).

Расчет

1. **Коррекция дальности обнаружения на ЭОП**: Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню от ЭОП:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

Подставим известные значения:

$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{\frac{3}{3.5}}$$
$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{0.857}$$
$$D_2 \approx 236 \cdot 0.926 = 218.4\,\text{км}$$

2. **Коррекция на высоту**: Рассмотрим влияние высоты. Дальность обнаружения, как правило, увеличивается с высотой, однако в данном случае мы имеем объект на высоте 5 км, что значительно ниже, чем 9 км.

Чтобы учесть влияние высоты, можно использовать эмпирическую зависимость. Если предположить, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты (что часто используется в радиолокации), то мы можем скорректировать результат:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

где H_1=9000м и H_2=5000м:

$$D_3 = 218.4 \cdot \sqrt{\frac{5000}{9000}}$$
$$D_3 = 218.4 \cdot \sqrt{0.5556}$$

$$D_3 \approx 218.4 \cdot 0.745 = 162.6\,\text{км}$$

Ответ

Таким образом, дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ=3м^2 на высоте 5 км составит приблизительно:

$$D \approx 162.6\text{км}$$

Это значение может быть скорректировано, если учесть дополнительные параметры, такие как влияние помех и конкретные характеристики системы.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_12

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Основные характеристики и статистические модели радиолокационных целей.

Правильный ответ:

Основные характеристики радиолокационных целей

1. **Эффективная площадь рассеяния (ЭОП)**:
   - ЭОП — это мера способности цели отражать радиолокационный сигнал. Она обозначает площадь, которая, при идеальных условиях, будет отражать энергию сигнала, равную той, которую можно было бы получить от идеального отражателя. ЭОП зависит от формы, размера, материала и ориентации цели.
2. **Коэффициент отражения**:
   - Это характеристика, определяющая, какую долю радиолокационного сигнала цель отражает обратно к источнику. Зависит от угла падения и частоты сигнала.
3. **Скорость и направление движения**:
   - Динамические характеристики цели, такие как скорость и направление движения, важны для определения ее траектории и предсказания будущих позиций.
4. **Размер и форма**:

- Эти параметры влияют на ЭОП и поведение цели в радиолокационном поле. Например, большие и плоские объекты имеют большее ЭОП, чем маленькие и сложные по форме.

5. **Материалы и конструктивные особенности**:
    - Разные материалы имеют разные коэффициенты отражения. Например, металлические поверхности отражают радиолокационные сигналы лучше, чем пластиковые.
6. **Температура и другие физические характеристики**:
    - Температура может влиять на отражающие свойства цели, особенно в условиях, когда радиолокационный сигнал проходит через различные среды (например, через облака или осадки).

Статистические модели радиолокационных целей

Статистические модели используются для описания и анализа поведения радиолокационных целей в условиях неопределенности и случайности. Некоторые из основных моделей включают:

1. **Модель случайного процесса**:
    - В этой модели движения целей можно рассматривать как случайный процесс, где параметры, такие как скорость и направление, изменяются в зависимости от времени. Например, модель Брауновского движения или случайного блуждания может быть использована для описания непредсказуемого движения объектов.
2. **Модель распределения ЭОП**:
    - ЭОП может быть описано с помощью статистических распределений, таких как нормальное, логнормальное или экспоненциальное распределение, в зависимости от типа и формы объектов.
3. **Модели поведения целей**:
    - Различные модели могут описывать типичное поведение целей, такие как прямолинейное движение, маневрирование или

уклонение от обнаружения. Эти модели могут основываться на анализе исторических данных о движении объектов.

4. **Модели шума и помех**:
    - В радиолокации важно учитывать шум и помехи, которые могут исказить сигнал. Модели, такие как аддитивный гауссовский шум, часто используются для описания помех в радиолокационных системах.
5. **Модели для многократного отражения**:
    - В сложных сценариях, где сигнал может отразиться от нескольких объектов перед тем, как вернуться к приемному устройству, используются модели многократного отражения и интерференции.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Назначение, принципы построения и функционирования системы управления, защиты и контроля, ее основные характеристики.

Правильный ответ:

Назначение системы управления, защиты и контроля

1. **Управление системой**:
    - Система обеспечивает автоматизированное или полуавтоматизированное управление основными процессами и компонентами, включая мониторинг состояния оборудования и настройку его работы.
2. **Защита объектов**:
    - СУЗК реализует механизмы защиты от внешних угроз, таких как кибератаки, физические вмешательства и помехи, что обеспечивает безопасность функционирования системы.
3. **Контроль за параметрами**:

- Система осуществляет постоянный контроль за работой всех компонентов, собирая данные о их состоянии, производительности и возможных неисправностях.

4. **Анализ и диагностика**:
    - СУЗК проводит анализ собранных данных для диагностики состояния системы, выявления неисправностей и оценки эффективности работы.
5. **Интерфейс с пользователем**:
    - Предоставляет интуитивно понятный интерфейс для операторов, позволяя им управлять системой, получать информацию и принимать решения на основе анализа данных.

Принципы построения и функционирования системы

1. **Модульность**:
    - Система строится на основе модульного принципа, что позволяет легко добавлять, заменять или обновлять отдельные компоненты без необходимости полной переработки системы.
2. **Автоматизация**:
    - Использование современных технологий и программного обеспечения для автоматизации процессов управления, что уменьшает влияние человеческого фактора и повышает надежность.
3. **Интеграция**:
    - Система должна быть интегрирована с другими подсистемами и компонентами, что обеспечивает комплексный подход к управлению и защите.
4. **Адаптивность**:
    - Система должна иметь возможность адаптироваться к изменениям в внешней среде и внутренним условиям, что позволяет оптимизировать ее работу.
5. **Многоуровневая структура**:

- СУЗК часто имеет многоуровневую архитектуру, включая уровень сбора данных, уровень обработки и анализа, а также уровень управления и мониторинга.

Основные характеристики системы управления, защиты и контроля

1. **Надежность**:
   - Система должна обеспечивать высокую степень надежности, чтобы гарантировать бесперебойную работу в условиях различных угроз и помех.
2. **Скорость реакции**:
   - Время реакции системы на изменения условий и возникновение угроз должно быть минимальным, чтобы обеспечить своевременное принятие мер.
3. **Эффективность**:
   - Система должна обеспечивать высокую эффективность работы, минимизируя затраты ресурсов и времени на выполнение задач.
4. **Безопасность**:
   - Обеспечение защиты данных и информации от несанкционированного доступа и кибератак, а также физической безопасности объектов.
5. **Удобство в эксплуатации**:
   - Интерфейс и управление системой должны быть интуитивно понятными для операторов, что снижает вероятность ошибок и повышает скорость принятия решений.
6. **Масштабируемость**:
   - Система должна быть способна к расширению и модернизации без значительных затрат, что позволяет адаптироваться к новым требованиям и технологиям.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних

и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 275°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 270°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 10 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 9000 м составила 236 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 3 м^2 на высоте 15 км по исходным данным.

Правильный ответ:

ля определения дальности обнаружения воздушного объекта с эффективной площадью рассеяния (ЭОП) σ=3м^2 на высоте 15 км, мы можем использовать пропорциональную зависимость дальности обнаружения от ЭОП и высоты объекта.

Исходные данные

1. Эффективная площадь рассеяния истребителя: σ_1=3.5м^2
2. Дальность обнаружения истребителя на высоте 9000 м: D_1=236км
3. Эффективная площадь рассеяния нового объекта: σ_2=3м^2
4. Высота нового объекта: H_2=15000м (15 км)
5. Высота истребителя: H_1=9000м

Расчет

1. **Коррекция дальности обнаружения на ЭОП**: Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню от ЭОП:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

Подставим известные значения:

$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{\frac{3}{3.5}}$$

$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{0.857}$$

$$D_2 \approx 236 \cdot 0.926 = 218.4\,\text{км}$$

2. **Коррекция на высоту**: Дальность обнаружения, как правило, увеличивается с высотой. Мы можем использовать эмпирическую зависимость. Если предположить, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты, то мы можем скорректировать результат:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

Подставим значения:

$$D_3 = 218.4 \cdot \sqrt{\frac{15000}{9000}}$$

$$D_3 = 218.4 \cdot \sqrt{1.6667}$$

$$D_3 \approx 218.4 \cdot 1.291 = 281.1\,\text{км}$$

Ответ

Таким образом, дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ=3м^2 на высоте 15 км составит приблизительно:

$$D \approx 281.1\text{км}$$

Это значение может быть скорректировано в зависимости от влияния помех и других факторов, но в данном контексте это основное вычисленное значение.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_13

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Влияние характеристик радиолокационных целей на вероятность обнаружения РЛС.

Правильный ответ:

Влияние характеристик радиолокационных целей на вероятность их обнаружения радиолокационной системой (РЛС) является важным аспектом в радиолокации. Разные параметры целей могут существенно изменять эффективность работы РЛС. Рассмотрим основные характеристики радиолокационных целей и их влияние на вероятность обнаружения.

Основные характеристики радиолокационных целей и их влияние

1. **Эффективная площадь рассеяния (ЭОП)**:
    - ЭОП — это ключевая характеристика, определяющая, сколько радиолокационной энергии отражается от цели обратно к антенной системе РЛС. Чем больше ЭОП, тем выше вероятность обнаружения. Она зависит от формы, размера и материала объекта.
    - Например, крупные и плоские объекты, такие как самолеты, имеют большую ЭОП по сравнению с небольшими и сложными объектами, такими как дроны.
2. **Скорость и маневренность**:

- Цели, которые движутся с высокой скоростью или маневрируют, могут быть более сложными для обнаружения и отслеживания. Высокая скорость может приводить к эффекту Доплера, что усложняет идентификацию объекта.
- Маневренные цели могут изменять свое местоположение быстрее, чем РЛС может корректировать свои параметры для эффективного отслеживания.

3. **Высота полета**:
   - Высота, на которой находится цель, также оказывает значительное влияние на вероятность ее обнаружения. Цели, находящиеся на больших высотах, могут быть легче обнаружены, поскольку радиоволны имеют большую дальность распространения и меньше подвержены преломлению.
   - При этом, если цель находится слишком низко (например, вблизи земли), она может быть затенена рельефом или другими препятствиями.
4. **Форма и конструктивные особенности**:
   - Аэродинамические и конструктивные особенности могут влиять на ЭОП. Например, объекты с малой заметностью (стелс-технологии) специально спроектированы так, чтобы минимизировать отражение радиосигналов.
   - Наличие элементов, поглощающих радиоволны, также снижает вероятность обнаружения.
5. **Материалы**:
   - Разные материалы имеют различные коэффициенты отражения радиоволн. Металлические поверхности, как правило, отражают радиосигналы лучше, чем пластиковые или композитные материалы.
   - Это влияет на эффективность рассеяния и, следовательно, на вероятность обнаружения цели.

6. **Коэффициент отражения**:
    - Этот параметр определяет, как эффективно цель отражает радиолокационный сигнал. Цели, имеющие высокие коэффициенты отражения, будут обнаруживаться с большей вероятностью, чем те, которые имеют низкие коэффициенты.

Математическое представление

Вероятность обнаружения P_d может быть описана с использованием различных моделей, включая:

- Модель, основанную на ЭОП:

$$P_d = f(\sigma, R, SNR)$$

  где σ — эффективная площадь рассеяния, R — дальность до цели, а SNR — отношение сигнал/шум.

- Модель, учитывающая шум:

$$P_d = Q(\sigma SNR - \gamma)$$

  где Q — функция, описывающая вероятность обнаружения на уровне сигнала, γ — пороговая величина, определяющая минимально необходимый уровень сигнала для обнаружения.

Характеристики радиолокационных целей оказывают значительное влияние на вероятность их обнаружения РЛС. Этот фактор должен учитываться при проектировании и эксплуатации радиолокационных систем, а также при оценке их эффективности в различных условиях. Учет всех этих параметров помогает повысить точность и надежность обнаружения объектов, что особенно важно в современных системах безопасности, обороны и гражданской авиации.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Состав и взаимодействие элементов РЛС по обобщенной структурной схеме. Основные и дополнительные системы РЛС.

Правильный ответ:

Обобщенная структурная схема РЛС

Обобщенная структурная схема РЛС включает следующие основные элементы:

1. **Передающая система**:
    - **Радиочастотный генератор**: генерирует радиосигналы необходимой частоты.
    - **Модулятор**: модулирует сигнал для передачи, изменяя его амплитуду, частоту или фазу.
    - **Передатчик**: усиливает модулированный сигнал и направляет его в антенну.
2. **Антенна**:
    - **Передающая антенна**: излучает радиосигналы в пространстве. Часто используется решеточная антенна для формирования направленного луча.
    - **Приемная антенна**: принимает отраженные сигналы от объектов. В некоторых системах используются одни и те же антенны для передачи и приема.
3. **Приемная система**:
    - **Усилитель**: усиливает слабые отраженные сигналы, поступающие от объекта.
    - **Демодулятор**: преобразует усиленные сигналы обратно в исходный вид для дальнейшей обработки.
4. **Обрабатывающая система**:
    - **Анализатор**: анализирует полученные сигналы, извлекая информацию о расстоянии, скорости и направлении объекта.
    - **Обработчик данных**: обрабатывает результаты анализа, формирует информацию о цели и передает ее на выходные устройства.
5. **Система управления**:

- **Управляющий блок**: осуществляет контроль за работой всех систем РЛС, настройка параметров, управление режимами работы и т.д.
- **Интерфейс оператора**: предоставляет оператору возможности для управления системой, отображения информации и принятия решений.

6. **Выходные устройства**:
   - **Дисплей**: отображает информацию о обнаруженных объектах, их координатах, скорости и т.д.
   - **Системы связи**: передают данные на другие системы или в центры управления.

Основные и дополнительные системы РЛС

Основные системы РЛС

1. **Система обнаружения**:
   - Основная задача — обнаружение и отслеживание целей. Система использует антенны, передающие и приемные устройства для выполнения этой функции.
2. **Система обработки сигналов**:
   - Обрабатывает полученные сигналы для выделения полезной информации и фильтрации шумов. Включает демодуляцию и анализ сигналов.
3. **Система управления**:
   - Обеспечивает управление всеми компонентами РЛС, настройку параметров, выбор режимов работы и т.д.

Дополнительные системы РЛС

1. **Системы защиты**:
   - Обеспечивают защиту от радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и активных шумовых помех. Могут включать системы фильтрации и подавления помех.
2. **Системы автоматического управления**:

    - Автоматизируют процессы управления, включая автоматическое отслеживание целей и адаптацию параметров работы системы в зависимости от изменения условий.
3. **Системы мониторинга и диагностики**:
    - Отслеживают состояние всех компонентов РЛС, проводят диагностику и выявляют неисправности.
4. **Системы связи и передачи данных**:
    - Обеспечивают связь между РЛС и другими системами, включая обмен данными с командными центрами и другими радиолокационными системами.
5. **Системы отображения информации**:
    - Обеспечивают визуализацию информации для операторов, включая графические интерфейсы и системы предупреждения о потенциальных угрозах.

Взаимодействие элементов РЛС

Элементы РЛС взаимодействуют между собой следующим образом:

- **Передача и прием сигналов**: Передающая система генерирует радиосигналы, которые антенна излучает в пространство. Отраженные сигналы от объектов возвращаются к приемной антенне.
- **Обработка сигналов**: Полученные сигналы усиливаются и демодулируются в приемной системе, после чего передаются в обрабатывающую систему.
- **Анализ и вывод информации**: Обрабатывающая система анализирует данные и формирует информацию о целях, которая передается в систему управления и отображается на выходных устройствах для оператора.
- **Обратная связь**: Система управления на основе полученных данных корректирует параметры работы РЛС, включая направление антенны и мощность передачи.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 280°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 270°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 20 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 4000 м составила 176 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 1,5 м^2 на высоте 15 км по исходным данным.

Правильный ответ:

Для определения дальности обнаружения воздушного объекта с эффективной площадью рассеяния (ЭОП) σ=1.5м2 на высоте 15 км, мы можем воспользоваться пропорциональной зависимостью дальности обнаружения от ЭОП и высоты объекта.

Исходные данные

1. Эффективная площадь рассеяния истребителя: σ_1=3.5м^2
2. Дальность обнаружения истребителя на высоте 4000 м: D_1=176км
3. Эффективная площадь рассеяния нового объекта: σ_2=1.5м^2
4. Высота нового объекта: H_2=15000м (15 км)
5. Высота истребителя: H_1=4000м

Расчет

1. **Коррекция дальности обнаружения на ЭОП**: Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню от ЭОП:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

Подставим известные значения:

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{\frac{1.5}{3.5}}$$

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{0.4286}$$

$$D_2 \approx 176 \cdot 0.6547 \approx 115.5\,\text{км}$$

2. **Коррекция на высоту**: Дальность обнаружения, как правило, увеличивается с высотой. Мы можем использовать эмпирическую зависимость. Если предположить, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты, то мы можем скорректировать результат:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

Подставим значения:

$$D_3 = 115.5 \cdot \sqrt{\frac{15000}{4000}}$$

$$D_3 = 115.5 \cdot \sqrt{3.75}$$

$$D_3 \approx 115.5 \cdot 1.9365 \approx 223.4\,\text{км}$$

Ответ

Таким образом, дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ=1.5м^2 на высоте 15 км составит приблизительно:

D≈223.4км

Это значение может быть скорректировано в зависимости от влияния помех и других факторов, но в данном контексте это основное вычисленное значение.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_14

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Порядок оценки среднего значения ЭОП точечной цели.

Правильный ответ:

Оценка среднего значения эффективной площади рассеяния (ЭОП) точечной цели является важной задачей в радиолокации, поскольку ЭОП влияет на вероятность обнаружения цели и на характеристики радиолокационных систем. ЭОП представляет собой эквивалентную площадь, через которую радиолокационный сигнал рассеивается на цель. Среднее значение ЭОП можно оценить с помощью различных методов, включая статистические, эмпирические и аналитические подходы. Рассмотрим порядок оценки среднего значения ЭОП точечной цели.

1. Определение параметров цели

Перед тем как оценить ЭОП, важно определить характеристики цели, включая:

- **Форма**: геометрическая форма цели (например, самолет, ракета, дрон) влияет на распределение ЭОП.
- **Размеры**: размеры цели, такие как длина, ширина и высота.
- **Материал**: материал, из которого изготовлена цель, влияет на отражательную способность (например, металл, композиты).

- **Угол падения сигнала**: угол, под которым радиолокационный сигнал падает на цель, может изменять ЭОП.

2. Выбор модели ЭОП

Существует несколько моделей, которые можно использовать для оценки ЭОП:

- **Аналитические модели**: основаны на математических расчетах, учитывающих геометрию и материал цели. Например, для плоской поверхности можно использовать формулу:

$$\sigma = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot \left(\frac{A_r}{A_t}\right)$$

  где λ — длина волны радиосигнала, A_r — отраженная мощность, A_t — мощность, падающая на цель.
- **Эмпирические модели**: разработаны на основе опытных данных. Эти модели часто основываются на статистическом анализе данных о различных типах целей.

3. Сбор данных

Для оценки среднего значения ЭОП необходимо собрать данные о конкретной цели:

- Проведение радиолокационных испытаний для измерения ЭОП на различных диапазонах частот и углах.
- Использование данных из существующих баз, если испытания невозможно провести.
- Проведение многократных измерений для уменьшения влияния случайных ошибок.

4. Статистический анализ

После сбора данных необходимо провести статистический анализ, включая:

- **Расчет среднего значения**:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \sigma_i$$

  где $\bar{\sigma}$ — среднее значение ЭОП, σi — отдельные измеренные значения ЭОП, N — общее количество измерений.

- **Оценка дисперсии и стандартного отклонения**:

  Дисперсия поможет понять разброс значений ЭОП:

$$D = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\sigma_i - \bar{\sigma})^2$$

  Стандартное отклонение $\sigma_d = \sqrt{D}$ также может помочь оценить изменчивость данных.

5. Учет влияния факторов

Необходимо учитывать факторы, которые могут влиять на результаты, такие как:

- Изменение условий, например, атмосферные условия, которые могут повлиять на рассеяние радиосигналов.
- Угол падения сигнала, который может изменять ЭОП в зависимости от ориентации цели.
- Влияние других объектов или помех в области обнаружения.

6. Итоговая оценка

На основе всех собранных данных и проведенного анализа можно сделать окончательную оценку среднего значения ЭОП для конкретной точки цели, что позволит использовать это значение для дальнейших расчетов в области радиолокации.

Оценка среднего значения ЭОП точечной цели — это многогранный процесс, который включает в себя сбор данных, анализ и учет различных факторов. Полученные значения ЭОП имеют важное значение для определения вероятности обнаружения цели и проектирования радиолокационных систем.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Режимы опознавания и их применение.

Правильный ответ:

Основные режимы опознавания

1. **Режим опознавания "свой-чужой"**:

- **Описание**: это режим, который используется для определения, является ли обнаруженный объект "дружественным" или "враждебным". Он включает в себя использование дополнительных сигналов, которые отправляются на объект, и анализ ответов.
- **Применение**: широко используется в военной авиации и ПВО для предотвращения ошибок в идентификации воздушных объектов, таких как самолеты, беспилотники или ракеты.

2. **Режим активного опознавания**:
   - **Описание**: В этом режиме РЛС отправляет специальные сигналы на объект и анализирует ответные сигналы для идентификации характеристик цели, таких как скорость, направление, размеры и ЭОП.
   - **Применение**: используется в системах ПВО, на кораблях и в авиационных РЛС для определения характеристик угроз и идентификации целей.
3. **Режим пассивного опознавания**:
   - **Описание**: Этот режим использует информацию, получаемую от уже существующих источников радиосигналов, таких как сигналы связи, для идентификации объектов. Пассивные системы не излучают радиосигналы, а только принимают их.
   - **Применение**: используется в системах разведки и мониторинга, где важно минимизировать собственный радиовыход, чтобы избежать обнаружения.
4. **Режим радиолокационного опознавания**:
   - **Описание**: В этом режиме РЛС использует различные характеристики радиосигналов, включая частоту, модуляцию и другие параметры для классификации целей.

- **Применение**: применяется в системах, требующих высокой степени детализации и точности, например, в гражданской авиации для управления воздушным движением.

5. **Режим мультиспектрального опознавания**:
    - **Описание**: Этот режим использует данные из различных диапазонов частот (например, радиолокационные, инфракрасные, оптические) для более точной идентификации объектов.
    - **Применение**: используется в современных системах наблюдения и разведки, где требуется высокая точность идентификации и классификации объектов.
6. **Режим автоматического опознавания**:
    - **Описание**: В этом режиме системы используют автоматизированные алгоритмы и технологии, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, для анализа данных и опознавания объектов.
    - **Применение**: применяется в современных РЛС для улучшения скорости и точности опознавания, особенно в условиях высокой нагрузки информации.

Применение режимов опознавания

- **Военные приложения**: Режимы опознавания критически важны для предотвращения дружеского огня, идентификации угроз и эффективного управления боевыми действиями.
- **Гражданская авиация**: Режимы помогают в управлении воздушным движением, обеспечивая безопасность полетов и предотвращая столкновения.
- **Мониторинг и безопасность**: В системах мониторинга и охраны режимы опознавания используются для идентификации объектов и оценки угроз, например, в системах видеонаблюдения.

- **Научные исследования**: Режимы опознавания могут использоваться в исследованиях атмосферы, экологии и других областей, где важно идентифицировать и классифицировать объекты.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 275°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 270°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 10 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 9000 м составила 236 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 1,5 м^2 на высоте 5 км по исходным данным.

Правильный ответ:

Исходные данные

1. Эффективная площадь рассеяния истребителя: σ_1=3.5м^2
2. Дальность обнаружения истребителя на высоте 9000 м: D_1=236км
3. Эффективная площадь рассеяния нового объекта: σ_2=1.5м^2
4. Высота нового объекта: H_2=5000м (5 км)
5. Высота истребителя: H_1=9000м

1. Коррекция дальности обнаружения на ЭОП

Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню из ЭОП:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

Подставим известные значения:

$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{\frac{1.5}{3.5}}$$

Рассчитаем:

$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{0.4286}$$

$$D_2 \approx 236 \cdot 0.6547 \approx 154.5\,\text{км}$$

2. Коррекция на высоту

Дальность обнаружения также зависит от высоты. Мы используем эмпирическую зависимость, предполагая, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

Подставим значения:

$$D_3 = 154.5 \cdot \sqrt{\frac{5000}{9000}}$$

$$D_3 = 154.5 \cdot \sqrt{0.5556}$$

$$D_3 \approx 154.5 \cdot 0.7454 \approx 115.5\,\text{км}$$

Ответ

Таким образом, дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ=1.5м^2 на высоте 5 км составит приблизительно:

D≈115.5км

Это значение может быть скорректировано в зависимости от влияния помех и других факторов, но в данном контексте это основное вычисленное значение.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_15

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Показатели качества радиолокационного обнаружения в точке. Критерии обнаружения.

Правильный ответ:

Показатели качества радиолокационного обнаружения

1. **Вероятность обнаружения (*Pd*)**:
   - Вероятность того, что радиолокационная система правильно обнаружит цель, когда она находится в зоне действия РЛС. Высокая вероятность обнаружения означает, что система эффективно идентифицирует объекты.
2. **Вероятность ложного срабатывания (*Pf*)**:
   - Вероятность того, что система ошибочно классифицирует шум или помехи как обнаружение цели. Низкая вероятность ложного срабатывания важна для уменьшения числа ложных тревог.
3. **Чувствительность системы (*S*)**:
   - Минимальная мощность сигнала, которую система может обнаружить. Чувствительность зависит от чувствительности приемника, параметров антенны и условий окружающей среды.
4. **Дальность обнаружения (*D*)**:

- Максимальное расстояние, на котором система способна обнаружить цель. Дальность зависит от множества факторов, включая ЭОП цели, мощность передатчика, характеристики антенны и атмосферные условия.

5. **Разрешающая способность (*Rr*)**:
   - Способность системы различать две близко расположенные цели. Разрешающая способность зависит от ширины луча антенны и длины волны.
6. **Точность определения координат (ΔR и $\Delta\theta$)**:
   - Ошибка в определении расстояния (ΔR) и угловых координат ($\Delta\theta$) цели. Точность определяется параметрами системы и условиями наблюдения.
7. **Сигнал-шум (SNR)**:
   - Отношение мощности сигнала к мощности шума. Высокое значение SNR указывает на лучшее качество обнаружения.

Критерии обнаружения

Критерии обнаружения помогают определить, является ли сигнал от цели достаточным для её обнаружения. Основные критерии включают:

1. **Критерий Neyman-Pearson**:
   - Основан на максимизации вероятности обнаружения при заданной вероятности ложного срабатывания. Этот критерий позволяет оптимизировать параметры системы для достижения заданных уровней качества.
2. **Критерий минимизации ошибок**:
   - Ориентирован на минимизацию общего числа ошибок (обнаружение ложных целей и пропуск реальных целей). Этот подход требует анализа рисков и последствий различных типов ошибок.
3. **Критерий максимизации отношения сигнал/шум**:

- Этот критерий предполагает, что цель обнаруживается, если отношение сигнал/шум превышает заданный порог. Это позволяет повысить надежность обнаружения в условиях наличия помех.

4. **Критерий по времени**:
    - Определяет, что цель должна быть обнаружена в течение определенного времени. Этот критерий актуален для динамических объектов, таких как воздушные цели.
5. **Критерий по мощности**:
    - Устанавливает минимальную мощность сигнала, необходимую для надежного обнаружения. Этот критерий часто используется в условиях высокой помеховой обстановки.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Состав выдаваемой РЛС информации и информационной способности РЛС (определение и содержание).

Правильный ответ:

Состав выдаваемой РЛС информации

Радиолокационные системы предоставляют разнообразную информацию, которая может включать следующие компоненты:

1. **Координаты цели**:
    - **Расстояние до цели (R)**: измеряется как время, необходимое для прохождения радиосигнала от РЛС до цели и обратно.
    - **Азимут (ϕ)**: угол между направлением на цель и заданным направлением (обычно севером).
    - **Угол места (θ)**: угол между горизонтом и направлением на цель.
2. **Скорость цели**:
    - Измеряется с использованием эффекта Доплера. Позволяет определить как направление, так и скорость движения объекта относительно РЛС.

3. **Эффективная площадь рассеяния (ЭОП)**:
    - Определяет отражательную способность цели. ЭОП может варьироваться в зависимости от типа и состояния объекта (например, его ориентация, материал).
4. **Тип цели**:
    - Информация о классификации обнаруженного объекта (например, самолет, вертолет, беспилотник, ракета и т.д.). Это может быть получено с использованием различных алгоритмов обработки данных и анализа сигнала.
5. **Информация о помехах**:
    - Данные о наличии и характеристиках активных и пассивных помех, которые могут влиять на качество обнаружения.
6. **Тренды и динамика**:
    - Изменения в координатах и скорости цели во времени, что позволяет отслеживать движение и прогнозировать поведение объекта.
7. **Качество обнаружения**:
    - Информация о вероятности обнаружения, вероятности ложного срабатывания, а также другие характеристики, связанные с качеством работы РЛС.

Информационная способность РЛС

Определение: Информационная способность РЛС – это количество информации, которое система может предоставить пользователю в единицу времени. Она зависит от нескольких факторов, включая характеристики системы, алгоритмы обработки данных и условия окружающей среды.

Содержание информационной способности:

1. **Чувствительность**:
    - Способность обнаруживать слабые сигналы и предоставлять информацию о целях с низкой ЭОП.
2. **Разрешающая способность**:

- Способность различать близко расположенные объекты. Это зависит от ширины луча антенны и частоты работы РЛС.

3. **Скорость обработки данных**:
    - Указывает, насколько быстро система может обрабатывать входные сигналы и выдавать результаты. Высокая скорость обработки позволяет своевременно реагировать на изменения в ситуации.
4. **Многоканальность**:
    - Способность системы одновременно обрабатывать данные от нескольких источников или каналов, что увеличивает объем информации, который может быть получен.
5. **Адаптивность**:
    - Способность системы адаптироваться к изменяющимся условиям (например, к изменениям в уровне помех или к изменению характеристик объектов).
6. **Алгоритмы обработки**:
    - Эффективность используемых алгоритмов обработки данных, которые влияют на качество и количество выдаваемой информации.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 275°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 270°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 20 Вт\МГц. Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 4000 м составила 176 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭПР σ = 15 м^2 на высоте 10 км по исходным данным.

Правильный ответ:

Исходные данные

1. Эффективная площадь рассеяния истребителя: σ_1=3.5м^2
2. Дальность обнаружения истребителя на высоте 4000 м: D_1=176км
3. Эффективная площадь рассеяния нового объекта: σ_2=15м^2
4. Высота нового объекта: H_2=10000м (10 км)
5. Высота истребителя: H_1=4000м

1. Коррекция дальности обнаружения на ЭПР

Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню из ЭПР:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

Подставим известные значения:

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{\frac{15}{3.5}}$$

Рассчитаем:

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{4.2857}$$
$$D_2 \approx 176 \cdot 2.070 \approx 364.32\,\text{км}$$

2. Коррекция на высоту

Теперь учтем изменение высоты. Дальность обнаружения также зависит от высоты. Мы используем эмпирическую зависимость, предполагая, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

Подставим значения:

$$D_3 = 364.32 \cdot \sqrt{\frac{10000}{4000}}$$
$$D_3 = 364.32 \cdot \sqrt{2.5}$$
$$D_3 \approx 364.32 \cdot 1.5811 \approx 576.0\,\text{км}$$

Ответ

Таким образом, дальность обнаружения воздушного объекта с ЭПР σ=15м^2 на высоте 10 км составит приблизительно:

$$D \approx 576.0 \text{км}$$

Это значение может быть скорректировано в зависимости от влияния помех и других факторов, однако в данном контексте это основное вычисленное значение.

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_16

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Назначение и основные тактико-технические характеристики системы радиолокационного опознавания.

Правильный ответ:

Назначение системы радиолокационного опознавания

1. **Выявление объектов**: Обнаружение воздушных, морских и наземных объектов в заданной зоне.
2. **Идентификация объектов**: Определение типа объекта (например, гражданский или военный самолет) и его принадлежности.
3. **Отслеживание объектов**: Непрерывное наблюдение за движением объектов в режиме реального времени.
4. **Обмен информацией**: Передача данных о обнаруженных объектах другим системам для дальнейшего анализа и принятия решений.
5. **Обеспечение безопасности**: Предотвращение возможных угроз, таких как несанкционированные проникновения или атаки.

Основные тактико-технические характеристики системы радиолокационного опознавания

1. **Дальность действия**:
   - Максимальное расстояние, на котором система может обнаруживать и идентифицировать объекты. Обычно измеряется

в километрах и зависит от характеристик антенны, мощности передатчика и других факторов.

2. **Чувствительность**:
    - Способность системы обнаруживать объекты с малой эффективной площадью рассеяния (ЭПР). Чем выше чувствительность, тем меньше размер объекта, который может быть обнаружен.
3. **Разрешающая способность**:
    - Способность различать близко расположенные объекты. Разрешающая способность может быть угловой (разрешение по углу) или радиальной (разрешение по расстоянию).
4. **Скорость обработки данных**:
    - Время, необходимое для обработки и анализа полученных радиолокационных сигналов. Высокая скорость обработки позволяет системе быстро реагировать на изменения в обстановке.
5. **Количество одновременно отслеживаемых объектов**:
    - Максимальное число целей, которые система может одновременно отслеживать и обрабатывать.
6. **Типы сигналов**:
    - Возможность работы с различными типами радиосигналов (например, импульсные, непрерывные, частотно-импульсные и т.д.) и адаптация к условиям помех.
7. **Алгоритмы обработки данных**:
    - Используемые алгоритмы для фильтрации, анализа и идентификации сигналов. Это может включать методы обработки сигналов, нейросетевые технологии и машинное обучение.
8. **Классификация объектов**:

- Уровень детализации и точности в классификации обнаруженных объектов (например, определение типа воздушного судна, его размера и назначения).

9. **Работа в условиях помех**:
    - Способность системы эффективно функционировать в условиях наличия активных и пассивных помех (например, от электронных средств противника).
10. **Интерфейсы и интеграция**:
    - Возможности интеграции с другими системами (например, системами управления воздушным движением, системами ПВО, командными пунктами) и наличие различных интерфейсов для передачи данных.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Порядок оценки среднего значения ЭОП облака дипольных отражателей.

Правильный ответ:

Оценка среднего значения эффективной площади рассеяния (ЭОП) облака дипольных отражателей является важной задачей в радиолокации. Это необходимо для оценки отражательных свойств облаков или других групп объектов, состоящих из множества малых отражателей. В процессе оценки среднего значения ЭОП можно следовать следующим шагам:

1. Определение параметров дипольных отражателей

- Эффективная площадь рассеяния одного диполя (σd): для дипольных антенн ЭОП может быть выражена через геометрические размеры и длину волны:

$$\sigma_d = k \cdot \lambda^2$$

где:

- k — коэффициент, зависящий от конструкции диполя (обычно k может быть около 1 для идеального диполя),

- λ — длина волны радиосигнала.

2. Оценка количества отражателей в облаке

- Плотность распределения отражателей: необходимо оценить количество дипольных отражателей в объеме, который будет анализироваться. Это может быть сделано через:

$$N = n \cdot V$$

где:

  - N — общее количество отражателей,
  - n — плотность отражателей (количество на единицу объема),
  - V — объем облака.

3. Оценка среднего ЭОП облака

- Средняя Effective area (σavg): Средняя ЭОП облака дипольных отражателей может быть найдена путем умножения ЭОП одного отражателя на общее количество отражателей и деления на объем:

$$\sigma_{avg} = \frac{N \cdot \sigma_d}{V}$$

Однако, в случае, когда отражатели распределены случайным образом, более корректным будет использование:

$$\sigma_{avg} = n \cdot \sigma_d \cdot V$$

4. Учет угла падения и поляризации

- Коррекция на угол падения и поляризацию: В зависимости от угла падения радиоволны и поляризации, отражательные свойства могут изменяться. Это необходимо учесть при расчете:

$$\sigma_{avg} = \sigma_{avg} \cdot \cos(\theta)$$

где θ — угол падения.

5. Итоговая оценка

Собрав все данные, итоговая оценка ЭОП облака дипольных отражателей может быть записана в виде:

$$\sigma_{cloud} = n \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot V \cdot \cos(\theta)$$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 235°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 245°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 20 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем типа с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 9000 м составила 236 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭПР σ = 15 м^2 на высоте 5 км по исходным данным.

Правильный ответ:

1. Корректировка по ЭПР

Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню из ЭПР. Используем формулу:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

где:

- D_1=236км — дальность обнаружения истребителя,
- σ_1=3.5м^2 — ЭПР истребителя,
- σ_2=15м^2 — ЭПР нового объекта.

Подставим значения:

$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{\frac{15}{3.5}}$$

Рассчитаем:

$$D_2 = 236 \cdot \sqrt{4.2857}$$

$$D_2 \approx 236 \cdot 2.07 \approx 488.52 \text{ км}$$

2. Корректировка по высоте

Дальность обнаружения также зависит от высоты. Мы используем зависимость, которая предполагает, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты. Проводим расчет:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

где:

- H_1=9000м — высота истребителя,
- H_2=5000м — высота нового объекта.

Подставим значения:

$$D_3 = 488.52 \cdot \sqrt{\frac{5000}{9000}}$$

$$D_3 = 488.52 \cdot \sqrt{0.5556}$$

$$D_3 \approx 488.52 \cdot 0.7454 \approx 364.39 \text{ км}$$

3. Учет помех

Теперь необходимо учесть влияние активной шумовой помехи. Поскольку помеха находится на расстоянии 200 км и ее спектральная плотность мощности составляет ρ=20Вт/МГц, это может снизить дальность обнаружения. Однако точное влияние помех зависит от многих факторов, таких как частота работы РЛС, характеристики ее защиты и прочее.

Предположим, что аппаратура защиты от АШП работает на номинальной эффективности, и дальность обнаружения может быть уменьшена на определенный процент. Обычно в таких случаях дальность может быть снижена на 10-20%.

Для упрощения можно принять, что дальность уменьшается на 15%:

$$D_{final} = D_3 \cdot (1 - 0.15)$$

$$D_{final} = 364.39 \cdot 0.85 \approx 309.73 \text{ км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_17

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Зоны обнаружения РЛС, ее параметры.

Правильный ответ:

Основные зоны обнаружения РЛС

1. **Зона ближнего обнаружения (ЗБО)**:
   - **Определение**: это область, в которой РЛС может обнаруживать объекты на минимальных расстояниях.
   - **Параметры**:
     - Зависит от конструктивных особенностей РЛС, типа антенны и угловой диаграммы направленности.
     - Обычно составляет от нескольких сотен метров до нескольких километров.
     - В этой зоне РЛС может страдать от "мертвой зоны", когда объекты слишком близко и их невозможно обнаружить.
2. **Зона среднего обнаружения (ЗМО)**:
   - **Определение**: это область, в которой РЛС наиболее эффективно обнаруживает объекты.
   - **Параметры**:
     - Обычно охватывает расстояния от нескольких километров до десятков километров.

        - В этой зоне происходит оптимальная работа всех систем РЛС, включая обработку сигналов и фильтрацию помех.
3. **Зона дальнего обнаружения (ЗДО)**:
    - **Определение**: Область, в которой РЛС может обнаружить объекты на больших расстояниях.
    - **Параметры**:
        - Может достигать сотен километров, в зависимости от характеристик РЛС и типа объектов.
        - Основные факторы, влияющие на дальность обнаружения:
            - Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) объекта.
            - Высота объекта над уровнем моря.
            - Мощность передатчика и чувствительность приемника.
            - Условия атмосферы, включая наличие помех и препятствий.

Параметры РЛС, влияющие на зоны обнаружения

1. **Мощность передатчика (P)**:
    - Чем выше мощность, тем дальше РЛС может обнаруживать объекты.
2. **Чувствительность приемника (S)**:
    - Более чувствительный приемник позволяет обнаруживать объекты с меньшей ЭПР.
3. **Эффективная площадь рассеяния (ЭПР)**:
    - Объекты с большей ЭПР легче обнаружить на больших расстояниях.
4. **Частота работы**:
    - Высокие частоты (K-диапазон, X-диапазон) обеспечивают более высокую разрешающую способность, но могут быть более подвержены атмосферным помехам.
5. **Угол обзора антенны**:

    - Узкий угол обзора позволяет с высокой точностью определять положение объекта, но уменьшает зону обнаружения.
6. **Высота расположения РЛС**:
    - РЛС, расположенные на высоте, имеют большую зону обнаружения из-за уменьшения влияния препятствий на пути радиоволн.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Требования, предъявляемые к точностным характеристикам РЛС.

Правильный ответ:

Точностным характеристики радиолокационных станций (РЛС) являются критически важными для достижения эффективного функционирования в различных приложениях, таких как авиация, военные операции, управление воздушным движением и метеорология. К основным требованиям, предъявляемым к точностным характеристикам РЛС, относятся следующие:

1. Точность определения расстояния (дальности)

- **Определение**: Способность РЛС точно измерять расстояние до объекта.
- **Требования**:
    - Минимальная погрешность измерения расстояния должна составлять не более нескольких десятков метров, в зависимости от назначения РЛС.
    - Погрешность может зависеть от типа использующегося сигнала (импульсного или непрерывного) и времени обработки данных.

2. Точность определения угла (азимута и угла места)

- **Определение**: Способность РЛС точно определять направление на объект.
- **Требования**:
    - Угловая разрешающая способность должна быть достаточно высокой, чтобы различать близко расположенные объекты.

    - Для военных РЛС точность по азимуту может быть в пределах нескольких градусов или менее, в то время как для гражданских РЛС — несколько десятков минут дуги.

3. Точность отслеживания объектов

- **Определение**: Способность РЛС эффективно отслеживать движущиеся объекты.
- **Требования**:
    - РЛС должна обеспечивать минимальное время обновления данных об объекте.
    - Погрешность в отслеживании может зависеть от скорости и маневренности объекта.

4. Точность определения скорости

- **Определение**: Способность РЛС измерять скорость объекта.
- **Требования**:
    - Использование доплеровского эффекта для определения скорости.
    - Погрешность измерения скорости должна быть минимальной, обычно в пределах 1–5% от фактической скорости.

5. Разрешающая способность

- **Определение**: Способность РЛС различать два близко расположенных объекта.
- **Требования**:
    - Радиолокационная система должна обладать достаточной разрешающей способностью как по расстоянию, так и по углу.
    - Это достигается за счет использования антенн с узким диаграммами направленности и высококачественной обработки сигналов.

6. Стабильность и повторяемость измерений

- **Определение**: Способность РЛС обеспечивать стабильные и воспроизводимые результаты в различных условиях.

- **Требования**:
    - Погрешности измерений должны оставаться в пределах заранее установленных норм при различных условиях эксплуатации (атмосферные условия, помехи и т. д.).

7. Эффективность в условиях помех

- **Определение**: Способность РЛС выполнять свои функции при наличии внешних помех.
- **Требования**:
    - РЛС должны быть защищены от активных и пассивных помех, а также иметь алгоритмы фильтрации сигналов, чтобы минимизировать влияние помех на точность измерений.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 255°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 250°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 10 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 4000 м составила 176 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 15 м^2 на высоте 5 км по исходным данным.

Правильный ответ:

1. Корректировка по ЭПР

Дальность обнаружения D пропорциональна квадратному корню из ЭПР. Используем формулу:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

где:

- D_1=176км — дальность обнаружения истребителя,
- σ_1=3.5м^2 — ЭПР истребителя,
- σ_2=15м^2 — ЭПР нового объекта.

Подставим значения:

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{\frac{15}{3.5}}$$

Рассчитаем:

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{4.2857}$$

$$D_2 \approx 176 \cdot 2.07 \approx 364.32\,\text{км}$$

2. Корректировка по высоте

Дальность обнаружения также зависит от высоты. Мы используем зависимость, которая предполагает, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты. Проводим расчет:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

где:

- H_1=4000м — высота истребителя,
- H_2=5000м — высота нового объекта.

Подставим значения:

$$D_3 = 364.32 \cdot \sqrt{\frac{5000}{4000}}$$

$$D_3 = 364.32 \cdot \sqrt{1.25}$$

$$D_3 \approx 364.32 \cdot 1.118 \approx 407.65\,\text{км}$$

3. Учет помех

Теперь необходимо учесть влияние активной шумовой помехи. Поскольку помеха находится на расстоянии 200 км и ее спектральная плотность мощности составляет ρ=10Вт/МГц, это может снизить дальность обнаружения. Предположим, что аппаратура защиты от АШП работает на номинальной эффективности, и дальность обнаружения может быть

уменьшена на определенный процент. Обычно в таких случаях дальность может быть снижена на 10-20%.

Для упрощения можно принять, что дальность уменьшается на 15%:

$$D_{final} = D_3 \cdot (1 - 0.15)$$

$$D_{final} = 407.65 \cdot 0.85 \approx 346.51\,\text{км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_18

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Требования, предъявляемых к зоне обнаружения РЛС.

Правильный ответ:

Требования, предъявляемые к зоне обнаружения радиолокационной станции (РЛС), зависят от ее назначения, условий эксплуатации и типа объектов, которые она должна обнаруживать. Ниже приведены основные требования к зоне обнаружения РЛС:

1. Дальность обнаружения

- **Минимальная и максимальная дальность**: РЛС должна обеспечивать возможность обнаружения объектов на заданной минимальной и максимальной дистанции. Требования могут варьироваться в зависимости от задач (например, дальность обнаружения воздушных объектов, наземных целей или кораблей).
- **Программируемая дальность**: Возможность регулировать дальность обнаружения в зависимости от текущей задачи (например, для поиска или сопровождения).

2. Угловая разрешающая способность

- **Точность определения направления**: РЛС должна обеспечивать возможность точного определения угла азимута и угла места объектов.

Это особенно важно для ведения огня и управления воздушным движением.

- **Минимальный угол разрешения**: Установленный максимум для угловой погрешности, который позволяет различать близко расположенные объекты.

3. Скорость обновления данных

- **Частота сканирования**: РЛС должна обеспечивать достаточную скорость обновления данных для эффективного отслеживания движущихся объектов. Это критично для авиации и военных операций.
- **Время обработки сигналов**: Необходима высокая эффективность обработки получаемых данных для быстрого реагирования на изменения ситуации.

4. Устойчивость к помехам

- **Наличие системы защиты от помех**: РЛС должна быть способна функционировать в условиях активных и пассивных радиопомех. Это может включать использование фильтров и алгоритмов подавления помех.
- **Эффективность в условиях сложных электромагнитных обстановок**: Способность сохранять работоспособность и точность при наличии различных помех.

5. Условия окружающей среды

- **Работа в различных погодных условиях**: РЛС должна обеспечивать надежную работу в различных погодных условиях, включая дождь, снег, туман и другие атмосферные явления.
- **Устойчивость к различным электромагнитным воздействиям**: Способность функционировать при наличии естественных и искусственных источников электромагнитных помех.

6. Энергоэффективность и надежность

- **Энергоэффективность**: Минимизация потребления энергии без ущерба для производительности.

- **Долговечность и надежность**: РЛС должна быть способна работать длительное время без необходимости в ремонте или техническом обслуживании.

7. Совместимость с другими системами

- **Интеграция с другими системами**: РЛС должна быть способна взаимодействовать с другими системами, такими как системы управления огнем, системы противовоздушной обороны, системы наблюдения и контроля.

8. Уровень автоматизации

- **Автоматические функции**: Наличие автоматических режимов работы для упрощения управления и повышения эффективности обнаружения.
- **Интерфейс пользователя**: Удобный интерфейс для операторов, позволяющий быстро получать информацию и управлять системой.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Особенности построения дискретно-аналоговых и цифровых систем СДЦ.

Правильный ответ:

Системы цифровой обработки сигналов (СДЦ) играют ключевую роль в современном радиолокационном оборудовании, телекоммуникациях и других областях. Они могут быть построены на основе дискретно-аналоговых и цифровых методов. Рассмотрим особенности каждого из подходов.

1. Дискретно-аналоговые системы

Дискретно-аналоговые системы сочетают в себе элементы как аналоговой, так и цифровой обработки сигналов. Они используют аналоговые устройства для обработки сигналов, которые затем дискретизируются и обрабатываются с помощью цифровых методов.

Особенности:

- **Комбинация технологий**: Использование как аналоговых, так и цифровых компонентов, что позволяет использовать преимущества обоих подходов.
- **Чувствительность к шумам**: как и в аналоговых системах, дискретно-аналоговые системы могут быть подвержены шумам, что влияет на качество обработки сигналов.
- **Многоуровневая обработка**: Дискретизация может происходить на различных этапах обработки, что позволяет эффективно управлять качеством сигнала.
- **Производительность**: Обработка сигналов в аналоговом виде может быть быстрой, но ограничена по точности. Цифровая обработка обеспечивает большую точность, но может быть медленнее из-за необходимости дискретизации.
- **Устойчивость к искажениям**: Дискретно-аналоговые системы могут быть более устойчивыми к искажениям, поскольку часть обработки осуществляется в аналоговом виде.

2. Цифровые системы

Цифровые системы обработки сигналов (ЦС) полностью основаны на цифровых методах. Они используют цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) и аналогово-цифровые преобразователи (АЦП) для обработки сигналов.

Особенности:

- **Высокая точность**: Цифровая обработка обеспечивает гораздо более высокую точность по сравнению с аналоговыми системами, благодаря использованию числовых методов.
- **Гибкость**: Цифровые системы можно легко перенастраивать и программировать для выполнения различных задач. Это позволяет применять одни и те же аппаратные средства для разных приложений.

- **Устойчивость к шумам**: Цифровые системы менее чувствительны к шумам и искажениям, поскольку цифровые сигналы могут быть эффективно фильтрованы и обработаны.
- **Сложные алгоритмы обработки**: Цифровая обработка позволяет использовать сложные алгоритмы, такие как адаптивные фильтры, методы сжатия и расширения динамического диапазона.
- **Необходимость в АЦП и ЦАП**: для работы цифровых систем необходимы преобразователи, что может добавлять задержки и снижать общую производительность системы.
- **Энергетическая эффективность**: Современные цифровые системы могут быть более энергоэффективными благодаря оптимизации алгоритмов обработки и использования специализированных процессоров (DSP).

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 255°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 250°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 10 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 4000 м составила 176 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 15 м^2 на высоте 5 км по исходным данным.

Правильный ответ:

Для определения дальности обнаружения воздушного объекта с эффективной площадью рассеяния (ЭПР) σ=15м^2 на высоте 5 км, исходя из данных о

дальности обнаружения истребителя с ЭПР σ=3.5м2 на высоте 4000 м, необходимо использовать несколько шагов для учета различных факторов.

Шаг 1: Корректировка по ЭПР

Дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из ЭПР. Используем следующую формулу:

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}$$

где:

- D_1=176км — дальность обнаружения истребителя,
- σ_1=3.5м^2 — ЭПР истребителя,
- σ_2=15м^2 — ЭПР нового объекта.

Подставим значения:

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{\frac{15}{3.5}}$$

Рассчитаем:

$$D_2 = 176 \cdot \sqrt{4.2857}$$

$$D_2 \approx 176 \cdot 2.07 \approx 364.32 \text{ км}$$

Шаг 2: Корректировка по высоте

Дальность обнаружения также зависит от высоты. Мы используем зависимость, которая предполагает, что дальность обнаружения пропорциональна квадратному корню из высоты. Проводим расчет:

$$D_3 = D_2 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

где:

- H_1=4000м — высота истребителя,
- H_2=5000м — высота нового объекта.

Подставим значения:

$$D_3 = 364.32 \cdot \sqrt{\frac{5000}{4000}}$$

$$D_3 = 364.32 \cdot \sqrt{1.25}$$

$$D_3 \approx 364.32 \cdot 1.118 \approx 407.65 \text{ км}$$

Шаг 3: Учет помех

С учетом активной шумовой помехи необходимо рассмотреть, как она может уменьшить дальность обнаружения. Поскольку помеха находится на расстоянии 200 км и имеет спектральную плотность мощности ρ=10Вт/МГц, это может снизить дальность обнаружения. Для упрощения, предположим, что аппаратура защиты от АШП работает на номинальной эффективности и дальность может быть уменьшена на определенный процент. Обычно это значение может составлять 10-20%.

Для расчетов примем, что дальность уменьшается на 15%:

$$D_{final} = D_3 \cdot (1 - 0.15)$$

$$D_{final} = 407.65 \cdot 0.85 \approx 346.51 \text{ км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_19

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Требования, предъявляемые к помехозащищенности РЛС.

Правильный ответ:

Помехозащищенность радиолокационных станций (РЛС) является критически важной характеристикой, обеспечивающей их эффективную работу в сложных электромагнитных условиях. Вот основные требования, предъявляемые к помехозащищенности РЛС:

1. Степень устойчивости к радиопомехам

- **Способность к обнаружению объектов в условиях помех**: РЛС должна сохранять возможность обнаружения целей, даже когда на нее воздействуют активные и пассивные радиопомехи.
- **Минимизация влияния помех**: РЛС должна иметь низкую чувствительность к радиопомехам, что достигается за счет применения различных фильтров и методов обработки сигналов.

2. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов

- **Использование адаптивных фильтров**: РЛС должна использовать адаптивные методы для фильтрации помех и улучшения соотношения сигнал/шум.

- **Алгоритмы подавления помех**: Необходимы алгоритмы, которые могут динамически подстраиваться под изменяющиеся условия радиопомех, такие как алгоритмы цифровой обработки сигналов (DSP).

3. Интеграция с системами защиты

- **Совместимость с системами противодействия помехам**: РЛС должна быть способна интегрироваться с системами управления огнем и другими средствами, которые обеспечивают защиту от помех.
- **Наличие собственной защиты**: Встроенные механизмы и алгоритмы защиты от активных и пассивных помех должны быть частью архитектуры РЛС.

4. Спектральная эффективность

- **Широкий диапазон частот**: РЛС должна работать в нескольких частотных диапазонах, что позволяет избежать зависимости от конкретного диапазона и уменьшить подверженность помехам.
- **Использование кодирования**: Применение различных методов кодирования сигналов для повышения устойчивости к помехам.

5. Надежность работы в сложных условиях

- **Работа в условиях сложной электромагнитной обстановки**: РЛС должна сохранять свою работоспособность в условиях высокой плотности радиопомех, таких как военные конфликты или зоны с интенсивным радионаблюдением.
- **Долговечность и ремонтопригодность**: Оборудование должно быть надежным и устойчивым к внешним воздействиям, что уменьшает вероятность его выхода из строя под воздействием помех.

6. Качество сигнала

- **Поддержание высокого соотношения сигнал/шум (SNR)**: РЛС должна обеспечивать высокое качество принимаемого сигнала, что достигается за счет применения фильтров и других методов обработки.

- **Контроль за уровнем помех**: Возможность мониторинга и анализа уровня радиопомех, что позволяет своевременно реагировать на изменения в радиочастотной обстановке.

7. Использование современных технологий

- **Современные технологии обработки**: Использование новейших технологий (например, FPGA, DSP) для обработки сигналов и повышения помехозащищенности.
- **Модернизация и обновление**: Возможность обновления программного обеспечения для улучшения устойчивости к новым типам помех и улучшения алгоритмов обработки.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Основные технические характеристики РЛС.

Правильный ответ:

Основные технические характеристики радиолокационных станций (РЛС) определяют их функциональные возможности и эффективность в выполнении поставленных задач. Вот ключевые характеристики, которые обычно учитываются при оценке РЛС:

1. Дальность обнаружения

- **Максимальная дальность обнаружения**: Максимальное расстояние, на котором РЛС может обнаружить объект с заданной эффективной площадью рассеяния (ЭПР).
- **Минимальная дальность обнаружения**: Минимальное расстояние, на котором РЛС может обнаружить объект.

2. Угловая разрешающая способность

- **Угол азимута**: Минимальный угол, под которым РЛС может различать два близко расположенных объекта по направлению.
- **Угол места**: Минимальный угол, под которым РЛС может различать объекты по высоте.

3. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР)

- **ЭПР объектов**: Характеристика, определяющая, как РЛС может обнаруживать объекты различных типов (например, самолеты, дроны, ракеты).

4. Частотный диапазон

- **Рабочий диапазон частот**: Частоты, на которых работает РЛС, что определяет ее устойчивость к различным типам помех и позволяет использовать разные методики обработки сигналов.

5. Мощность передатчика

- **Выходная мощность**: Мощность, с которой передаваемый сигнал отправляется в эфир. Это влияет на дальность обнаружения и качество сигнала.

6. Чувствительность

- **Минимальный уровень сигнала**: Наименьший уровень сигнала, который РЛС может обнаружить и обработать, что определяет ее способность работать в условиях низкого соотношения сигнал/шум.

7. Скорость обновления данных

- **Частота сканирования**: Количество обновлений данных о положении объектов за единицу времени, что критично для отслеживания движущихся целей.

8. Тип антенны

- **Тип антенны**: например, параболическая, фазированная решетка и т.д. Это влияет на диаграмму направленности и угловую разрешающую способность РЛС.

9. Нормированная диаграмма направленности

- **Форма диаграммы направленности**: определяет, как мощность излучаемого сигнала распределяется в пространстве. Это влияет на чувствительность и дальность обнаружения.

10. Устойчивость к помехам

- **Способность к фильтрации помех**: характеризует, как РЛС справляется с активными и пассивными радиопомехами, что критично для работы в сложных электромагнитных условиях.

11. Обработка сигналов

- **Методы обработки сигналов**: Наличие адаптивных алгоритмов, цифровой обработки сигналов (DSP) и других технологий, которые улучшают качество обнаружения и отслеживания.

12. Физические характеристики

- **Размер и масса**: Важны для мобильных и стационарных РЛС, так как определяют их установку и транспортировку.
- **Потребляемая мощность**: Энергетические требования к работе РЛС.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Рассчитать максимальную дальность обнаружения цели в свободном пространстве с $\sigma_ц$ = 10 м^2. Обнаружение осуществляется по одиночному импульсу. Технические данные РЛС: излучаемая импульсная мощность $P_и$ = 1 МВт, длительность импульса $\tau_и$ = 1 мкс, коэффициент усиления антенны G_{max} = 5·10^2, несущая частота f_0 = 3 ГГц, предельная минимальная энергия $Э_{пор}$ = 2·10^{-15} Вт/Гц.

Правильный ответ:

Для расчета максимальной дальности обнаружения цели в свободном пространстве с эффективной площадью рассеяния σc=10м2, можно использовать формулу для дальности обнаружения радиолокационной станции (РЛС).

Формула для расчета максимальной дальности обнаружения по одиночному импульсу выглядит следующим образом:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{P_i \cdot G_{\max}^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma_c}{(4\pi)^3 \cdot E_{\text{por}}}}$$

где:

- $D_{\max}$ — максимальная дальность обнаружения (м),

- P_i — излучаемая импульсная мощность (Вт),
- G_{max} — коэффициент усиления антенны (безразмерный),
- λ — длина волны (м),
- σ_c — эффективная площадь рассеяния цели (м²),
- E_{por} — предельная минимальная энергия на частоту (Вт/Гц).

1. **Определение длины волны**

Длина волны λ рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{c}{f_0}$$

где:

- c — скорость света ($c \approx 3 \times 10^8$ м/с),
- f_0 — несущая частота (Гц).

Подставим значения:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^9} = 0.1 \text{ м}$$

2. **Подставление значений в формулу**

Теперь подставим все известные значения в формулу для расчета дальности:

- P_i=1МВт=1×10^6Вт
- G_{max}=5×10^2
- σ_c=10м^2
- E_{por}=2×10^{-15}Вт/Гц

Подставим все значения в формулу для D_{max}:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{(1 \times 10^6) \cdot (5 \times 10^2)^2 \cdot (0.1)^2 \cdot (10)}{(4\pi)^3 \cdot (2 \times 10^{-15})}}$$

3. **Вычисления**

Рассчитаем числитель и знаменатель:

Числитель:

$(1 \times 10^6) \cdot (5 \times 10^2)^2 \cdot (0.1)^2 \cdot (10) = 1 \times 10^6 \cdot 2.5 \times 10^5 \cdot 0.01 \cdot 10 = 1 \times 10^6 \cdot 2.5 \times 10^5 \cdot 0.1 = 2.5 \times 10^{11}$

Знаменатель:

$(4\pi)^3 \cdot (2 \times 10^{-15}) = (64\pi^3) \cdot (2 \times 10^{-15}) \approx (64 \cdot 31.416) \cdot (2 \times 10^{-15}) \approx 2005.312 \cdot (2 \times 10^{-15}) \approx 4.010624 \times 10^{-12}$

4. **Подставление результатов в формулу**

Теперь подставим результаты в формулу:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{2.5 \times 10^{11}}{4.010624 \times 10^{-12}}} = \sqrt{6.22 \times 10^{22}} \approx 7.88 \times 10^{11} \text{ м} \approx 788 \text{ км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Радиолокационные каналы и станции»
Семестр 9

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ №_20

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Определение РЛС, ее место в радиолокационной системе. Классификация РЛС.

Правильный ответ:

Радиолокационная станция (РЛС) — это электронное устройство, предназначенное для обнаружения, отслеживания и идентификации объектов (целей) с использованием радиоволн. РЛС работает по принципу отражения радиосигналов, которые излучаются антенной, и анализа возвращающихся отраженных сигналов. С помощью РЛС можно выявлять расстояние до объектов, их скорость, направление движения и другие характеристики.

Место РЛС в радиолокационной системе

РЛС является ключевым элементом радиолокационной системы, которая может включать в себя:

1. **РЛС**: Основное устройство для обнаружения и отслеживания целей.
2. **Системы обработки данных**: Компьютеры и программное обеспечение, отвечающие за анализ полученной информации и принятие решений.
3. **Системы управления**: Операторы и автоматизированные системы, которые управляют работой РЛС и обрабатывают данные.

4. **Системы связи**: обеспечивают передачу информации между различными элементами системы и внешними пользователями (например, командными центрами).
5. **Дополнительные сенсоры**: Такие как инфракрасные и оптические системы, которые могут использоваться для повышения точности обнаружения и идентификации объектов.

РЛС играет центральную роль в обеспечении ситуационной осведомленности, автоматизации управления и координации действий различных сил и средств, например, в военных, гражданских и научных приложениях.

Классификация РЛС

РЛС можно классифицировать по различным критериям:

1. **По назначению**:
   - **Военные РЛС**: используются для обнаружения и отслеживания воздушных, наземных и морских целей. Примеры: РЛС ПВО, РЛС управления огнем.
   - **Гражданские РЛС**: применяются в гражданской авиации, метеорологии и других сферах. Примеры: РЛС для контроля воздушного движения, метеорологические РЛС.
2. **По принципу работы**:
   - **Импульсные РЛС**: излучают короткие импульсы радиоволн и измеряют время, за которое сигнал возвращается. Примеры: РЛС для обнаружения самолетов и ракет.
   - **Непрерывные (долговременные) РЛС**: излучают непрерывный сигнал и измеряют изменения в частоте отраженного сигнала для определения скорости (эффект Доплера). Примеры: РЛС для отслеживания движения транспортных средств.
3. **По способу сканирования**:
   - **С механическим сканированием**: Антенна перемещается механически для изменения направления излучения.

- **С электронным сканированием**: использует фазированные антенные решетки для изменения направления луча без механического движения.

4. **По диапазону частот**:
    - **Коротковолновые РЛС**: работают на низких частотах (например, UHF и L-диапазоны).
    - **Средневолновые РЛС**: работают в диапазоне S и C.
    - **Долговолновые РЛС**: работают на высоких частотах (X, Ku, Ka диапазоны и выше).
5. **По типу целевой информации**:
    - **РЛС обнаружения**: Основное назначение — обнаружение объектов.
    - **РЛС идентификации**: используются для определения типа и характеристик обнаруженных объектов.
    - **РЛС наведения**: Направлены на точное наведение ракет или другого оружия на цели.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Влияние земной поверхности и атмосферной рефракции на дальность действия РЛС.

Правильный ответ:

. Влияние земной поверхности

1.1. Рельеф местности

- **Препятствия**: Наличие высоких объектов (горы, здания, деревья) может блокировать радиоволны, ограничивая дальность действия РЛС. Это приводит к "мертвым зонам", в которых РЛС не может обнаружить цели.
- **Заземление**: РЛС, установленные на возвышенностях, имеют большую дальность действия по сравнению с теми, что расположены на низменностях. Это связано с тем, что радиоволны могут

распространяться дальше от антенной системы, уменьшая влияние препятствий.

1.2. Тип земной поверхности

- **Свойства поверхности**: Разные типы поверхности (вода, земля, лес и т.д.) имеют разные уровни отражательной способности (Эффективная площадь рассеяния). Например, водная поверхность может отражать радиоволны более эффективно, чем лес или гористая местность.
- **Качество отражения**: Отраженные сигналы от различных типов поверхностей могут иметь разные характеристики, что также влияет на дальность действия и качество обнаружения.

2. Влияние атмосферной рефракции

2.1. Атмосферные условия

- **Рефракция радиоволн**: Атмосфера имеет переменную плотность, которая может вызывать преломление радиоволн. Это означает, что радиоволны могут изгибаться, позволяя РЛС обнаруживать цели на большей дальности, чем это возможно в идеальных условиях (без учета рефракции).
- **Слой тропосферы**: Наибольшее влияние на радиоволны оказывает тропосфера, где происходит значительное преломление из-за изменений температуры и влажности. В условиях инверсии температура воздуха может повышаться с высотой, что усиливает рефракцию и увеличивает дальность действия РЛС.

2.2. Погодные условия

- **Влажность и температура**: Высокая влажность воздуха и различные температуры в атмосфере могут изменять скорость распространения радиоволн и их преломление, что также влияет на дальность действия.
- **Наличие облаков и осадков**: Облачность, дождь и снег могут ослаблять радиосигналы, снижая дальность обнаружения. Это связано с рассеиванием и поглощением радиоволн атмосферными частицами.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

В зоне действия радиолокационной станции дежурного режима средних и больших высот ожидается появление воздушных объектов с азимута 225°. По данным разведки предполагается наличие постановщика помех с азимута 235°, ставящего активную шумовую помеху с дальности 200 км со спектральной плотностью мощности ρ = 20 Вт\МГц.

Нормированная диаграмма направленности РЛС приведена в таблице. Дальность обнаружения при облете истребителем с ЭОП σ=3.5 м^2 на высоте 9000 м составила 236 км. Аппаратура защиты от АШП работает с номинальной эффективностью.

Определить дальность обнаружения воздушного объекта с ЭОП σ = 3 м^2 на высоте 5 км по исходным данным.

Правильный ответ:

Данные

1. **Дальность обнаружения истребителя** с ЭПР σ=3.5м^2 на высоте 9000 м: D=236км.
2. **ЭПР нового объекта**: σ'=3м^2.
3. **Дальность активной помехи**: $D_{\text{помехи}}$=200км.
4. **Спектральная плотность мощности помехи**: ρ=20Вт/МГц.

Определение влияния высоты

Для начала, необходимо учесть, что дальность обнаружения зависит от высоты, на которой находится объект. Поскольку высота нового объекта составляет 5 км, а высота истребителя — 9 км, мы можем предположить, что дальность обнаружения будет пропорционально уменьшаться с уменьшением высоты.

Пропорциональное изменение дальности

Дальность обнаружения может быть скорректирована с учетом высоты следующим образом:

$$D' = D \cdot \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

где:

- D' — корректированная дальность обнаружения,
- D — исходная дальность обнаружения (236 км),
- h'=5км — высота нового объекта,
- h=9км — высота истребителя.

Подставим значения в формулу:

$$D' = 236 \cdot \sqrt{\frac{5}{9}} \approx 236 \cdot 0.745 = 175.82\,\text{км}$$

Учет ЭПР

Теперь необходимо учесть, что дальность обнаружения также зависит от ЭПР объекта. Поскольку ЭПР нового объекта меньше, чем у истребителя, дальность обнаружения будет уменьшаться. Дальность обнаружения может быть оценена с использованием отношения ЭПР:

$$D'' = D' \cdot \sqrt{\frac{\sigma'}{\sigma}}$$

где:

- D'' — дальность обнаружения с учетом ЭПР,
- σ'=3м^2 — ЭПР нового объекта,
- σ=3.5м^2 — ЭПР истребителя.

Подставим значения:

$$D'' = 175.82 \cdot \sqrt{\frac{3}{3.5}} \approx 175.82 \cdot 0.935 = 164.51\,\text{км}$$

Учет воздействия помехи

Теперь необходимо учесть влияние активной шумовой помехи. Поскольку помеха находится на азимуте 235°, она может частично влиять на обнаружение объекта на азимуте 225°. Для упрощения можно считать, что помеха снижает дальность обнаружения на определенное значение, которое зависит от спектральной плотности мощности помехи и расстояния.

Поскольку точная формула для расчета влияния помехи может зависеть от множества факторов, можно принять, что помеха снижает дальность

обнаружения на определенный процент. Например, если принять, что помеха снижает дальность обнаружения на 20%, то:

$$D_{\text{финальное}} = D'' \cdot (1 - 0.2) = 164.51 \cdot 0.8 \approx 131.61\,\text{км}$$

Критерии итоговой оценки за зачет:
«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев