

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА
Кафедра радиотехнических систем

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине (модулю)

«Радиолокационные объекты и отражения»

Направление подготовки

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Направленность (профиль) подготовки

Радиоэлектронная борьба

Уровень подготовки

специалитет

Программа подготовки

специалитет

Квалификация выпускника – инженер

Форма обучения – очная

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на практических занятиях и лабораторных работах. При выполнении лабораторных работ применяется система оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ по каждому модулю определено графиком, утвержденным заведующим кафедрой.

На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением зачета и экзамена. Форма проведения зачета - письменная в виде теста либо устная по Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса и одна задача. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п. Решение задачи также предоставляется в письменном виде.

Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
Модуль 1			
1	Объекты радиолокации, их свойства и устройства обработки		
1.1	Введение	ПК -2.2	зачет
1.2	Объекты радиолокации	ПК -2.2	зачет
1.3	Типы объектов (целей)	ПК -2.2	зачет
1.4	Типы отражений	ПК -2.2	зачет

1.5	Тактические параметры РЛС	ПК -2.2	зачет
1.6	Однозначность измерений	ПК -2.2	зачет
1.7	Разрешающая способность сложных радиолокационных сигналов	ПК -2.2	зачет
1.8	Дальность действия РЛС	ПК -2.2	зачет
1.9	Фильтрация радиолокационных сигналов	ПК -2.2	зачет
1.10	Радиопеленгаторы	ПК -2.2	зачет
1.11	Устройства стабилизации уровня ложных тревог	ПК -2.2	зачет
2			
2.1	Эффективная поверхность рассеяния и затенения	ПК -2.2	зачет
2.2	Характеристики радиолокационных отражателей	ПК -2.2	зачет
2.3	Характеристики рассеяния	ПК -2.2	зачет
2.4	Основные методы расчета эффективной поверхности рассеяния	ПК -2.2	зачет
2.5	Методы определения эффективной поверхности рассеяния реальной цели	ПК -2.2	зачет
Модуль 2			
3	Радиолокационные сигналы и их отражения		
3.1	Радиолокационные сигналы и помехи	ПК -2.2	экзамен
3.2	Фазоманипулированные сигналы	ПК -2.2	экзамен
3.3	Квазинепрерывный сигнал и когерентная пачка импульсов	ПК -2.2	экзамен
3.4	Пассивные помехи	ПК -2.2	экзамен
3.5	Активные помехи	ПК -2.2	экзамен
3.6	Методы и устройства борьбы с помехами	ПК -2.2	экзамен
3.7	Интенсивность отражений сигналов от объёмно-распределённых целей	ПК -2.2	экзамен
3.8	Интенсивность отражений сигналов от поверхностно-распределённых целей и земной поверхности.	ПК -2.2	экзамен
3.9	Влияние земной поверхности на распространение радиолокационных сигналов	ПК -2.2	экзамен

3.10	Эффективная поверхность рассеяния объектов при многопозиционном радиолокационном наблюдении	ПК -2.2	экзамен
------	---	---------	---------

Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливая причинно-следственные связи.
- 3) Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4) Содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям.
- 5) Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме шкальной системы оценивания:

«Отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценки отлично, хорошо и удовлетворительно выставляются студентам полностью освоившим теоретический материал, выполнившим все лабораторные работы и получившим «зачтено» за практические занятия, предусмотренные настоящей программой дисциплины.

«Неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок выполнил практическое задание.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе. Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной работы, систематическая активная работа на семинарских занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

Типовые контрольные задания или иные материалы

МОДУЛЬ 1

Вопросы к зачету

1. Общие сведения о РЛ устройствах и методах наблюдения.
2. Объекты радиолокации. Общие сведения о радиолокационных целях.
3. Основные характеристики объектов, рассматриваемых в качестве РЛ целей.
4. Типы объектов (целей).
5. Типы отражений.
6. Тактические параметры РЛС.
7. Однозначность измерений. Однозначно измеряемая дальность. Однозначно измеряемая скорость.
8. Разрешающая способность сложных РЛ сигналов.
9. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.
10. Эффективная поверхность рассеяния.
11. ЭПР элементарных излучателей.
12. ЭПР поверхностных и объемно-распределенных целей.
13. Пассивные помехи.
14. Различие форм спектров отражений от цели и ПП. Спектральные корреляционные свойства ПП и сигнала.
15. Устройство подавления ПП. Черезпериодный компенсатор (ЧПК).
16. Характеристики и типы весовых окон.
17. Многоканальная доплеровская фильтрация.
18. Радиопеленгаторы. Фазовый пеленгатор.
19. Радиопеленгаторы. Метод триангуляции.
20. Устройства стабилизации уровня ложных тревог (СУЛТ).
21. Логика построения СУЛТ-процессоров.
22. Характеристики радиолокационных отражателей. Рассеяние, поглощение, затенение.
23. Эффективные поверхности рассеяния и затенения.
24. Матрица рассеяния.
25. Характеристики рассеяния. Индикатрисса рассеяния.
26. Интегральные характеристики рассеяния.
27. Основные методы расчета ЭПР.

28. Методы определения ЭПР реальной цели.

Образцы билетов (тестов) к зачету

Билет 1.

1	Процесс обнаружения объектов, определение их местоположения и измерение параметров движения радиотехническими методами называется:
2	Характер отражения электромагнитных волн НЕ зависит от: 1) формы объекта; 2) размеров объекта; 3) электрических свойств объекта; 4) массы объекта; 5) длины волны; 6) поляризации;
3	Известно 3 вида радиолокационного наблюдения: 1) активная радиолокация с пассивным ответом; 2) активная радиолокация с активным ответом; 3) ?
4	К объемно-распределенным целям относятся: 1) гидрометеоры 2) лес 3) сельскохозяйственные угодья (поля, пашни) 4) облака дипольных отражателей 5) ордер кораблей
5	Если линейные размеры отражающей поверхности много больше длины волны, а сама поверхность является гладкой, то возникает: 1) диффузное отражение; 2) зеркальное отражение; 3) резонансное отражение; 4) полное поглощение электромагнитной волны.
6	В когерентно-импульсной РЛС увеличилась длительность импульса. Как изменилась разрешающая способность по дальности? 1) ухудшилась; 2) улучшилась; 3) не изменилась.
7	С увеличением длины волны дальность действия РЛС: 1) увеличивается; 2) не изменяется; 3) уменьшается.
8	ЭПР полуволнового диполя может быть найдена по формуле: 1) $S \bullet 0,86 \frac{a^4}{R^2} \cos^4 \varphi$; 2) $S \bullet \frac{0,17 \frac{a^4}{R^2} N}{S_1}$; 3) $S \bullet \frac{4}{3} \frac{a^4}{R^2}$; 4) $S \bullet \frac{8}{3} \frac{a^4}{R^2}$; 5) $S \bullet \frac{8}{3} \frac{a^4}{R^2}$.
9	При увеличении длительности импульса база сложного сигнала:

	1) увеличивается; 2) не изменяется; 3) уменьшается.
10	Если длина волны много больше размеров рассеивающего тела, тогда: 1) собственное рассеянное поле сосредоточено в передней полусфере, а собственное теневое поле концентрируется в направлении  ; 2) собственное рассеянное поле сосредоточено в направлении  , а собственное теневое поле около  0; 3) собственное рассеянное поле и собственное теневое поле не концентрируются в определенных направлениях, а интерферируют друг с другом.

Билет 1.

1	Процесс обнаружения объектов, определение их местоположения и измерение параметров движения радиотехническими методами называется:
2	Характер отражения электромагнитных волн НЕ зависит от: 1) формы объекта; 2) размеров объекта; 3) электрических свойств объекта; 4) массы объекта; 5) длины волны; 6) поляризации;
3	Известно 3 вида радиолокационного наблюдения: 1) активная радиолокация с пассивным ответом; 2) активная радиолокация с активным ответом; 3) ?
4	К объемно-распределенным целям относятся: 1) гидрометеоры 2) лес 3) сельскохозяйственные угодья (поля, пашни) 4) облака дипольных отражателей 5) ордер кораблей
5	Если линейные размеры отражающей поверхности много больше длины волны, а сама поверхность является гладкой, то возникает: 1) диффузное отражение; 2) зеркальное отражение; 3) резонансное отражение; 4) полное поглощение электромагнитной волны.
6	В когерентно-импульсной РЛС увеличилась длительность импульса. Как изменилась разрешающая способность по дальности? 1) ухудшилась; 2) улучшилась; 3) не изменилась.
7	С увеличением длины волны дальность действия РЛС: 1) увеличивается; 2) не изменяется; 3) уменьшается.
8	ЭПР полуволнового диполя может быть найдена по формуле: 1) $S \propto 0,86 \left(\frac{L}{\lambda} \right)^2 \cos^4 \theta$;

	2) $S \bullet \frac{0,17 \text{ } \overline{\text{ш}} \text{ } \overline{\text{ш}}^2 \text{ } \overline{\text{ш}} N}{S_1}$; 3) $S \bullet \frac{\text{ш} R^2}{\text{ш}}$; 4) $S \bullet \frac{4 \text{ } \overline{\text{ш}} \text{ } \overline{\text{ш}}^2 \text{ } \overline{\text{ш}} a^4}{3 \text{ } \overline{\text{ш}}^2}$; 5) $S \bullet \frac{8 \text{ } \overline{\text{ш}} \text{ } \overline{\text{ш}}^2 \text{ } \overline{\text{ш}} a^4}{\text{ш}^2}$.
9	При увеличении длительности импульса база сложного сигнала: 1) увеличивается; 2) не изменяется; 3) уменьшается.
10	Если длина волны много больше размеров рассеивающего тела, тогда: 1) собственное рассеянное поле сосредоточено в передней полусфере, а собственное теневое поле концентрируется в направлении $\overline{\text{ш}} \bullet \text{ш}$; 2) собственное рассеянное поле сосредоточено в направлении $\overline{\text{ш}} \bullet$, а собственное теневое поле около $\overline{\text{ш}} \bullet 0$; 3) собственное рассеянное поле и собственное теневое поле не концентрируются в определенных направлениях, а интерферируют друг с другом.

Билет 2.

1	Коэффициенты фильтра ЧПК 2-го порядка имеют вид вектора: 1) 1 -2 1. 2) 1 -1; 3) 1 1 1; 4) 2 -2.
2	С увеличением частоты повторения импульсов максимальная однозначно измеряемая дальность: 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.
3	При градиенте коэффициента преломления атмосферы $dn/dH > 0$ рефракция будет: 1) положительной; 2) отрицательной; 3) будет отсутствовать; 4) критической.
4	Площадь поверхности идеального изотропного абсолютно черного тела, создающего во всех направлениях одинаковое теневое поле, равное теневому полю реального тела в рассматриваемом направлении, называется:
5	Для минимизации уровня ложной тревоги необходимо: 1) уменьшать порог обнаружения ($u_{\text{пор}}$); 2) увеличивать порог обнаружения ($u_{\text{пор}}$); 3) увеличивать вероятность правильного обнаружения.
6	Метод триангуляции предполагает использование: 1) двух приёмников; 2) трёх приёмников; 3) двух приёмников и двух передатчиков соединённых попарно;

	4) двух приёмников и соединённого с ними передатчика.
7	Для увеличения полосы режекции при использовании фильтров ЧПК: 1) применяют каскадное соединение ЧПК; 2) уменьшают порядок фильтра ЧПК; 3) используют сложные сигналы.
8	ЭПР облака диполей может быть найдена по формуле: 1) $S \approx 0,86 \frac{N}{S_1} \cos^4 \theta$; 2) $S \approx \frac{0,17 N}{S_1}$; 3) $S \approx R^2$; 4) $S \approx \frac{4}{3} \frac{a^4}{\theta^2}$; 5) $S \approx \frac{8}{\theta^2} a^4$.
9	В когерентно-импульсной РЛС с увеличением разрешающей способности по дальности разрешающая способность по скорости: 1) увеличивается; 2) не изменяется; 3) уменьшается.
10	Дальность прямой видимости зависит от: 1) высоты установки антенны РЛС; 2) высоты цели; 3) эффективного радиуса Земли 4) всего вышеперечисленного.

Билет 3.

1	Дальность прямой видимости НЕ зависит от: 1) высоты установки антенны РЛС; 2) высоты цели; 3) эффективного радиуса Земли 4) зависит от всего вышеперечисленного.
2	Если линейные размеры поверхности объекта велики по сравнению с длиной волны, а сама поверхность шероховата, то возникает: 1) диффузное отражение; 2) зеркальное отражение; 3) резонансное отражение; 4) полное поглощение электромагнитной волны.
3	В когерентно-импульсной РЛС с увеличением однозначно измеряемой дальности однозначно измеряемая скорость: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.
4	Пороговое значение отношения сигнал/шум-помеха для когерентной РЛС может быть найдено по формуле: 1) $q \approx \frac{1}{\sqrt{N}} \ln F$; 2) $q_{пор} \approx \frac{1}{\sqrt{N}} \ln F$;

	3) $q_{\text{пор}} \propto \frac{1}{N \sqrt{\ln F}} \ln D$; 4) $q_{\text{пор}} \propto \frac{1}{N \Delta \ln F} \ln D$
5	Зависимость ЭПР объекта от угла наблюдения называется:
6	ЭПР углового отражателя может быть найдена по формуле: 1) $S \propto 0,86 \cos^4 \varphi$; 2) $S \propto \frac{0,17 N}{S_1}$; 3) $S \propto R^2$; 4) $S \propto \frac{4 a^4}{3 \varphi^2}$; 5) $S \propto \frac{8 a^4}{\varphi^2}$.
7	Простым называется радиолокационный сигнал, у которого база: 1) $B \propto 1$; 2) $B \propto 1$; 3) $B \propto 1$; 4) $B \propto 1$; 5) $B \propto 1$.
8	Процессоры ПУЛТ предназначены для: 1) увеличения разрешения по дальности; 2) борьбы с пассивными помехами; 3) стабилизации уровня ложной тревоги.
9	При стандартном значении градиента коэффициента преломления атмосферы эффективный радиус Земли: 1) больше истинного; 2) меньше истинного; 3) равен истинному; 4) меньше или равен истинному.
10	Рассеяние падающей волны: 1) тем больше, чем меньше её поглощение; 2) тем меньше, чем меньше её поглощение; 3) не зависит от её поглощения.

Билет 4.

1	Поле, возникающее вокруг рассеивающего тела, дополнительно к теневому полю вокруг соответствующего абсолютно черного тела, называют:
2	Искривление траектории распространения волн РЛС из-за неоднородности атмосферы обозначают термином: 1) интерференция; 2) рефракция; 3) корреляция; 4) эффект Доплера.
3	Коэффициенты фильтра ЧПК 1-го порядка имеют вид вектора: 1) 1 -1 1.

	2) $1 \rightarrow -1$; 3) $-1 \rightarrow 1$; 4) $0 \rightarrow 1$.
4	Критерий Неймана-Пирсона может быть сокращенно записан как: 1) $D \rightarrow \max, F \rightarrow \text{const}$; 2) $D \rightarrow \text{const}, F \rightarrow \min$; 3) $D \rightarrow \max, F \rightarrow \min$; 4) $D \rightarrow D \rightarrow 1, F \rightarrow F \rightarrow 1$
5	ЭПР металлического шара может быть найдена по формуле: 1) $S \rightarrow 2 \rightarrow R$; $0,17 \rightarrow N$ 2) $S \rightarrow \frac{S_1}{R^2}$; 3) $S \rightarrow R^2$; 4) $S \rightarrow \frac{4}{3} \rightarrow a^4$; 5) $S \rightarrow \frac{8}{3} \rightarrow a^4$.
6	Способность РЛС определять координаты цели в условиях воздействия помех называется:
7	Дальность называется однозначно измеряемой, если измеренное значение: 1) не превышает истинное; 2) равняется истинному; 3) превышает истинное.
8	Если линейные размеры отражающих объектов или их элементов равны нечетному числу полуволн, то наблюдается: 1) диффузное отражение; 2) зеркальное отражение; 3) резонансное отражение; 4) полное поглощение электромагнитной волны.
9	Пороговое значение отношения сигнал/шум-помеха для некогерентной РЛС может быть найдено по формуле: 1) $q \rightarrow 1 \rightarrow \ln F$; $N \rightarrow \ln D$ 2) $q_{\text{пор}} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}} \rightarrow \ln F$; $N \rightarrow \ln D$ 3) $q_{\text{пор}} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{N}} \rightarrow \ln F$; $N \rightarrow \ln D$ 4) $q \rightarrow 1 \rightarrow \ln D$; $N \rightarrow \ln F$.
10	Ширина полосы пропускания прямоугольного фильтра с тем же максимальным усилением по мощности, который накапливает ту же мощность, что и данное окно, называется:

1	Число частотных каналов в многоканальном доплеровском фильтре:
	1) равно числу сопровождаемых целей; 2) равно числу импульсов в пачке; 3) определяется частотой Доплера.
2	Устройство определяющее направление на цель (пеленг) называется:
3	Сложным называется радиолокационный сигнал, у которого база: 1) $B \square 1$; 2) $B \square 1$; 3) $B \boxtimes 1$; 4) $B \odot 1$; 5) $B \bullet 1$.
4	К поверхностно-распределенным целям относятся: 1) гидрометеоры 2) лес 3) сельскохозяйственные угодья (поля, пашни) 4) облака дипольных отражателей 5) ордер кораблей
5	ЭПР двугранного отражателя может быть найдена по формуле: 1) $S \bullet 0,86 \frac{a^2 \cos^4 \alpha}{N}$; 2) $S \bullet \frac{0,17 a^2 N}{S_1}$; 3) $S \bullet \frac{4}{3} R^2$; 4) $S \bullet \frac{4}{8} \frac{a^4}{\cos^2 \alpha}$; 5) $S \bullet \frac{8}{\cos^2 \alpha} a^4$.
6	Фазовый радиопеленгатор состоит из _____ разнесенных на расстояние d. 1) минимум двух элементов антенной решетки; 2) минимум двух антенных решеток; 3) приемника и передатчика.
7	Если уровень принятого сигнала превышает порог обнаружения ($u \geq u_{пор}$), то принимается решение: 1) о наличии цели; 2) об отсутствии цели; 3) о наличии шумов; 4) об отсутствии шумов.
8	Если длина волны сопоставима с размерами рассеивающего тела, тогда: 1) собственное рассеянное поле сосредоточено в передней полусфере, а собственное теневое поле около $\odot$; 2) собственное рассеянное поле сосредоточено в направлении $\odot$, а собственное теневое поле около $\bullet$; 3) собственное рассеянное поле и собственное теневое поле не концентрируются в определенных направлениях, а интерферируют друг с другом.
9	Поляризация теневого поля 1) не зависит от поляризации падающего поля; 2) ортогональна поляризации падающего поля;

	3) всегда совпадает с поляризацией падающего поля.
10	Зависимость интенсивности плотности потока энергии рассеянного поля (или ЭПР) от углов облучения или приёма называется:

Перечень лабораторных работ и вопросов для контроля

№ работы	Название лабораторной работы и вопросы для контроля	Шифр
1	Исследование разрешающей способности РЛС 1. Простые и сложные сигналы. Определение, функция неопределенности, область применения. 2. Разрешающая способность РЛС по дальности и по угловым координатам. Критерий разрешения Рэлея. 3. Разрешающая способность РЛС по времени, по скорости, по частоте. Критерий разрешения Рэлея. 4. ЛЧМ сигнал, его особенности. Функция неопределенности ЛЧМ сигнала и её связь с разрешающей способностью.	5726, 7041
2	Исследование свойств многоканальных доплеровских фильтров 1. Структура многоканального доплеровского фильтра. 2. Алгоритм БПФ. 3. Типы классических весовых окон. 4. Характеристики весовых окон. 5. С какой целью применяются весовые окна? 6. Критерии синтеза многоканальных фильтров. 7. Какие характеристики сигналов и помех влияют на выбор весового окна?	3761
3	Исследование методов стабилизации уровня ложной тревоги в системах первичной обработки радиолокационных сигналов 1. Какие типы «окон» используются при стабилизации уровня ложных тревог? как они образуются? 2. Что такое защитный интервал? Его назначение? 3. Корреляционная, фильтровая и корреляционно-фильтровая схемы построения систем первичной обработки. 4. Критерий Неймана-Пирсона. 5. Перечислите основные типы ПУЛТ-процессоров с использованием «окон». 6. Стационарный случайный процесс.	4132
4	Отражающие свойства целей 1. Эффективная площадь рассеяния цели. ЭПР реальной цели. Функция плотности распределения вероятности ЭПР. 2. Эффективная площадь рассеяния цели. ЭПР элементарных излучателей. 3. ЭПР сложных целей. ЭПР поверхностно распределенных и объемно распределенных целей. 4. Типы отражений. 5. Методы определения ЭПР реальных целей. Средние статистические значения ЭПР реальных целей. 6. Радиолокационная заметность целей и пути её снижения. Области применения ФМн сигналов.	5727, 7041

МОДУЛЬ 2

Вопросы к экзамену

1. Радиолокационные сигналы и помехи. Параметры радиолокационных сигналов.
2. Классификация радиолокационных сигналов.
3. ЛЧМ сигнал, его АКФ, спектр, ФН, ДН.
4. Формирование ЛЧМ сигнала.
5. Обработка ЛЧМ сигнала.
6. ФМ сигналы, общие сведения, свойства ДКС.
7. Коды Баркера.
8. М-последовательность.
9. Коды Френка.
10. Устройства обработки ФМ сигналов.
11. Квазинепрерывный сигнал и когерентная пачка импульсов, ВКФ.
12. Пассивные помехи.
13. Активные помехи.
14. Борьба с помехами радиолокационными системам.
15. Интенсивность отражений сигналов от объемно-распределенных пассивных помех.
16. Импульсные сигналы и метеопомехи.
17. Квазинепрерывные сигналы и дипольные отражатели.
18. Модели и ЭПР дипольных отражателей.
19. Интенсивность отражений сигналов от поверхностно-распределенных целей.
20. Отражение импульсных сигналов от земной поверхности.
21. Отражение квазинепрерывных сигналов от земной поверхности.
22. Отражение импульсных сигналов от гор.
23. Отражение квазинепрерывных сигналов от гор.
24. Влияние Земли на характер отражений при малых углах места.
25. Отражения от местных предметов.
26. ЭПР объектов при многопозиционном радиолокационном наблюдении.

План практических занятий

1. Методика решения задач по теме «Рассеивающие свойства объектов»
2. Методика решения задач по теме «Защита РЛС от активных помех»
3. Методика решения задач по теме «Защита РЛС от пассивных помех»
4. Методика решения задач по теме «Пространственно-временная обработка радиолокационных сигналов»

Типовые задачи для практических занятий

Тема «Рассеивающие свойства объектов»

- 1.1. Может ли считаться точечной целью бомбардировщик с размахом крыльев и длиной 30 м, удаленный от РЛС на 30 км, если ширина антенны РЛС в горизонтальной плоскости $d = 5$ м, рабочая частота $f_0 = 36$ ГГц, а длительность импульса $t_{\text{и}} = 0,4$ мкс? Обоснуйте свой ответ.
- 1.2. Коэффициент усиления зеркальной антенны РЛС $G = 2830$, сечение профиля зеркала – окружность. На каком минимальном удалении от РЛС (в м) и при какой максимальной

длительности импульса (в мкс) цель с максимальным линейным размером 30 м может считаться точечной?

1.3. Определите вероятность того, что ЭПР сложной цели, не содержащей преобладающего излучателя, превышает значение 0,5, где σ – средняя ЭПР групповой цели.

1.4. Определите вероятность того, что ЭПР сложной цели, не содержащей преобладающего излучателя, не превышает значение 2, где σ – средняя ЭПР групповой цели.

1.5. Определите вероятность того, что ЭПР сложной цели, не содержащей преобладающего излучателя, лежит в пределах 0,5 ...3, где σ – средняя ЭПР групповой цели.

1.6. На постановщике помех имеется лист тонкий металлической фольги размером 1x2 м. Какой излучатель, изготовленный из этого листа, будет в разрешаемом импульсном объеме РЛС с рабочей частотой $f_0 = 3$ ГГц иметь максимальную ЭПР: одиночная прямоугольная пластина, одиночный двугранный отражатель с квадратными гранями или дипольные отражатели шириной 1,5 мм. Обоснуйте свой ответ.

1.7. Определите ЭПР земной поверхности (в м²) для импульсной БРЛС штурмовика, если диаметр антенны $d = 80$ см, рабочая частота $f_0 = 36$ ГГц, наклонная дальность до облучаемого участка земной поверхности $R = 6$ км, высота полета $h = 425$ м, длительность импульса $\tau = 0,6$ мкс, а удельная ЭПР земли $S_{0S} = -23$ дБ.

1.8. На какой минимальной дальности (в км) ЭПР поверхностно распределенной цели с удельной ЭПР $S_{0S} = -40$ дБ не будет превосходить 15 м², если рабочая длина волны импульсной РЛС $\lambda = 3$ см, разрешающая способность по угловым координатам 3 град., по дальности – 150 м, а угол визирования цели $B = 45$ град.?

1.9. Определите ЭПР морской поверхности (в м²) с удельной ЭПР $S_{0S} = 10$ дБ/м² при следующих параметрах импульсной БРЛС: $f_0 = 36$ ГГц, разрешающая способность по дальности $\delta R = 120$ м, диаметр антенны $d = 1$ м, наклонная дальность $R = 5,2$ км, угол визирования $\alpha = 30$ град.

1.10. Определите ЭПР ЛА (в м²), который будет наблюдаться в дождевом облаке с удельной ЭПР $S_{0V} = -63$ дБ, если дальность до ЛА $R = 12$ км, а для его обнаружения используется импульсная РЛС с разрешающей способностью по дальности $\delta R = 150$ м, рабочей частотой $f_0 = 3$ ГГц и размерами антенны 5x2 м.

Тема «Защита РЛС от активных помех»

2.1. Дальность от РЛС до цели с совмещенным передатчиком помех уменьшилась в 4 раза. Определить, как изменится отношение мощности сигнала к мощности помехи на входе приемника РЛС?

2.2. Потенциал радиолокационной станции возрос в 10 раз. Как изменится при этом минимальное расстояние между РЛС и целью, при котором еще осуществляется ее подавление?

2.3. При неизменных характеристиках антенн РЛС и системы РЭБ и мощностях излучения рабочая длина волны уменьшается в 2 раза. Определить, как изменится отношение мощности сигнала к мощности помехи на входе приёмника РЛС, если в обоих случаях используется оптимальная полоса пропускания приемника?

2.4. Как изменится отношение сигнал/помеха на входе приемника РЛС, если при прочих равных условиях длительность зондирующего импульса уменьшилась в 5 раз? Полоса пропускания приемника РЛС согласована с соответствующей длительностью импульса. Система РЭБ совмещена с целью и формирует заградительную широкополосную помеху с равномерной спектральной плотностью мощности.

2.5. Источник помех обеспечивает создание заградительной шумовой помехи с равномерной спектральной плотностью мощности в полосе частот 10 МГц. Во сколько раз

изменится спектральная плотность мощности шумовой помехи и дальность действия передатчика помех, если помеху создавать в полосе 5 МГц при той же мощности передатчика?

2.6. Требуемый для нормальной работы РЛС коэффициент различимости равен 2. Самолет с совмещенным передатчиком помех находится на расстоянии 100 км от РЛС. При этом отношение сигнал/помеха на входе приемника равно 0,5. Определить, на какой дальности будет обнаружен самолет?

2.7. Во сколько раз и как изменится дальность действия РЛС при АШП из вынесенной точки пространства, если коэффициент корреляции помехи в каналах компенсатора увеличится с 0,995 до 0,999?

2.8. Во сколько раз при прочих равных условиях отличаются дальности обнаружения цели при постановке АШП, если в первом случае цель и постановщик находятся в основном лепестке ДНА, а во втором случае постановщик помех действует по первому лепестку ДНА с уровнем $k_{\text{бл}} = -12$ дБ (по мощности)? Расстояния до цели и постановщика помех считать одинаковыми.

2.9. Во сколько раз и как изменится дальность действия РЛС при самоприкрытии цели прицельной активной помехой, если коэффициент корреляции помехи в каналах компенсатора $\square$ увеличится с 0,91 до 0,971, а мощность и КНД генератора помех увеличатся соответственно в 1,5 и 2 раза?

2.10. Рассчитайте вероятность ложной тревоги F при воздействии на РЛС АШП, спектральная плотность которой превосходит спектральную плотность мощности шума приемника в 1) $q_{\text{п}} = 2$, 2) $q_{\text{п}} = 5$, 3) $q_{\text{п}} = 10$ раз, если изначально параметры РЛС рассчитаны на обнаружение полезного сигнала со случайными начальной фазой и амплитудой на фоне собственных шумов приемника с вероятностью ложной тревоги $F = 10^{-6}$. Пороговое напряжение $U_{\text{пор}}$ считать фиксированным.

2.11. Рассчитайте вероятность правильного обнаружения D при воздействии на РЛС АШП, спектральная плотность которой превосходит спектральную плотность мощности шума приемника в 1) $q_{\text{п}} = 2$, 2) $q_{\text{п}} = 5$, 3) $q_{\text{п}} = 10$ раз, если изначально параметры РЛС рассчитаны на обнаружение полезного сигнала со случайными начальной фазой и амплитудой на фоне собственных шумов приемника с вероятностями ложной тревоги $F = 10^{-6}$ и правильного обнаружения $D = 0,9$. При расчете полагать, что пороговое напряжение $U_{\text{пор}}$ изменяется для стабилизации ложной тревоги.

Тема «Защита РЛС от пассивных помех»

3.1. Во сколько раз помехозащищенность по отношению к пассивным помехам РЛС метрового диапазона, имеющей длительность импульса 7 мкс и ширину ДНА 25° , меньше помехозащищенности РЛС сантиметрового диапазона, имеющей длительность зондирующего импульса 1 мкс и ширину ДНА 3° . Сравнение провести для двух случаев – только для азимутальной плоскости (веерный луч) и в двух угловых координатах (симметричный луч).

3.2. Определить несущие частоты РЛС, для подавления которых наиболее эффективное действие оказывают дипольные отражатели длиной 180 и 90 см, 9 и 18 мм. Коэффициент укорочения равен 0,9.

3.3. Сколько дипольных отражателей должно входить в пачку, предназначенную для создания области помех с эффективной площадью рассеяния 50 м² для РЛС, имеющей рабочую длину волны 5 см.

3.4. На экране РЛС, имеющей длительность зондирующих импульсов 1 мкс, необходимо создать сплошное изображение помех. Определить минимально допустимый интервал во времени сбрасывания пачек дипольных отражателей, если относительная скорость самолета 1200 км/ч.

3.5. На индикаторе РЛС, характеризующейся длительностью импульсов 10 мкс, видны изображения помех от сброшенных дипольных отражателей, причем расстояние на индикаторе между изображениями пачек равно одной пятой длины изображения одной пачки отражателей. Определить: 1) на сколько надо уменьшить интервал сбрасывания пачек диполей, чтобы создать сплошное изображение помех на индикаторе РЛС; 2) при какой длительности зондирующих импульсов РЛС интервал между изображениями помех возрастет вдвое. Радиальная скорость самолета составляет 1080 км/ч.

3.6. Ударный самолет в зоне ПВО для предотвращения поражения должен производить отстрел ложных целей – искусственных отражателей. Определить наиболее оптимальный с точки зрения минимизации размеров тип искусственного отражателя. ЭПР ложной цели должна быть не менее ЭПР самолета, равного 5 м².

3.7. Найти количество дипольных отражателей в 1 м³, требуемое для маскировки самолета с ЭПР, равной 20 м², наблюдаемой РЛС со следующими характеристиками: длина волны 3 см, ширина ДНА 4° по азимуту и углу места, длительность зондирующего импульса 0,5 мкс на дальности 30 км.

3.8. Найти количество дипольных отражателей, требуемое для маскировки самолета с ЭПР, равной 5 м², наблюдаемой РЛС со следующими характеристиками: длина волны 0,9 см, ширина ДНА 3° по азимуту и углу места, длительность зондирующего импульса 0,25 мкс на дальности 20 км в условия дождя интенсивностью 4 мм/ч.

3.9. Определите «слепые» дальности (в км) и скорости (в км/ч) импульсных РЛС с периодами повторения: 1) 1 мс, 2) 100 мкс, 3) 50 мкс, если рабочая частота РЛС $f_0 = 3$ ГГц.

3.10. Определите «слепые» скорости (в м/с) импульсной РЛС с фильтром ЧПК, если в РЛС используется возбуждения частоты повторения импульсов $F_1 = 2$ кГц и $F_2 = 2,5$ кГц, а длина волны РЛС 3 см.

3.11. Определите рабочую частоту (в ГГц) импульсной РЛС с фильтром ЧПК, если в РЛС используется возбуждения частоты повторения импульсов $F_1 = 1,5$ кГц, $F_2 = 1,6$ кГц и $F_3 = 2$ кГц, а первая «слепая» скорость $V_{сл} = 1080$ км/ч.

3.12. Рассчитайте частоту повторения (в кГц) импульсов РЛС, при которой ширина спектра облака дипольных отражателей с гауссовской формой спектра и коэффициентом межпериодной корреляции 0,991227 равна 100 Гц.

3.13. Найдите коэффициенты подавления (в дБ по мощности) пассивной помехи с гауссовской формой спектра фильтрами ЧПК первого и второго порядка, если максимальная однозначно измеряемая дальность $R_{max} = 75$ км, а ширина спектра помехи $\Delta f_p = 80$ Гц.

3.14. Найдите коэффициенты подавления (в дБ по мощности) пассивной помехи с резонансной формой спектра фильтрами ЧПК первого и второго порядка, если период следования импульсов $T_p = 0,5$ мс, а ширина спектра помехи $\Delta f_p = 60$ Гц.

3.15. Определите минимальный порядок фильтра ЧПК, необходимый для подавления до уровня шума пассивной помехи с гауссовской формой спектра и шириной спектра $\Delta f_p = 50$ Гц, если отношение шум-помеха (по мощности) $\lambda = 50$ дБ, а период следования импульсов РЛС $T_p = 1$ мс.

Тема «Пространственно-временная обработка радиолокационных сигналов»

4.1. Определить время обзора РЛС с круговым методом обзора и количество импульсов, попадающих на цель за время прохода ее лучом, если скорость вращения антенны 15 об/мин, ширина ДНА в азимутальной плоскости 3,5°, частота повторения зондирующих импульсов 700 Гц.

4.2. Определить расстояние, которое пролетает самолет в направлении РЛС кругового обзора за время между двумя очередными отметками импульсов, полученных при

облучении цели, если скорость вращения антенны 5 об/мин, а скорость самолета 1200 км/ч.

4.3. Определить частоту повторения зондирующих импульсов РЛС при строчном методе обзора, если ширина ДНА по азимуту равна 3° , а по углу места 5° . Сектор поиска ограничен углами обзора по азимуту 60° , по углу места 40° . На цель должно попасть не менее 20 импульсов за время обзора 5 с.

4.4. Определить количество импульсов, попадающих на цель за время прохода через нее луча в РЛС кругового обзора, если скорость вращения антенны 40 об/мин, ширина ДНА по азимуту 4° , частота повторения зондирующих импульсов 500 Гц.

4.5. В РЛС кругового обзора антенна вращается со скоростью 10 об/мин. Ширина ДНА в азимутальной плоскости 2° . Определить максимальное расстояние, на котором может находиться цель, чтобы за время одного оборота антенны на цель попало не менее 12 импульсов.

4.6. Найти время обзора пространства и минимальное количество импульсов, принятых приемником РЛС, если РЛС винтового обзора имеет следующие характеристики: ширина ДНА по азимуту и углу места 4° , частота повторения зондирующих импульсов 3 кГц, ширина сектора поиска по углу места 60° , а шаг луча в угломестной плоскости равен 0,80. Необходимое время облучения цели 0,01 с.

4.7. Найти время обзора заданного сектора и максимальную дальность до цели РЛС со сканированием по азимуту и углу места, если ширина ДНА по азимуту 3° , по углу места 4° . Сектор поиска цели по азимуту составляет 50° , по углу места 60° . Частота сканирования антенны 0,5 Гц, частота повторения зондирующих импульсов 1 кГц, а количество импульсов, попадающих на цель должно быть не менее 20.

4.8. Определить частоту повторения зондирующих импульсов РЛС при круговом методе обзора, если ширина ДНА по азимуту составляет 5° . На цель должно попасть не менее 10 и не более 50 импульсов за время обзора пространства 1с.

4.9. Разрабатывается наземная РЛС для измерения высоты обнаруживаемых самолетов. В станции используется плоский горизонтальный луч (ширина ДНА в угломестной плоскости много меньше, чем ширина ДНА в азимутальной). Как лучше расположить строки обзора: вертикально или горизонтально?

4.10. Определить, достаточное ли количество импульсов будет попадать на цель за один оборот антенны, если ширина диаграммы направленности антенны равна 3° , скорость вращения антенны 28 об/мин, частота повторения зондирующих импульсов 1200 Гц. Цель обнаруживается при накоплении не менее 20 импульсов.

4.11. Какая из двух радиолокационных систем характеризуется меньшим временем обнаружения цели? Первая радиолокационная система имеет узкий иглообразный луч, сканирующий по азимуту на 360° и углу места (винтовой обзор). Вторая состоит из двух РЛС – кругового обзора и высотомера.

Контрольные вопросы для оценки сформированности компетенций (для оценки остаточных знаний):

1. Как называется площадь некоторой фиктивной плоской поверхности, расположенной нормально к направлению падающей плоской волны являющейся идеальным изотропным излучателем, которая при перемещении в точку нахождения цели создает у антенны РЛС тот же поток мощности, что и реальная цель? (Ответ (ключ): ЭПР или эффективная площадь рассеяния).

2. Как называется сигнал, база которого равна единице? (Ответ (ключ): простой сигнал).

3. Как называется сигнал, база которого много больше единицы? (Ответ (ключ): сложный сигнал).

4. Как называется способность РЛС отдельно наблюдать (различать) цели,

имеющие малое отличие в дальности, скорости и угловых координатах? Ответ (ключ): разрешающая способность).

5. Выберите правильный ответ. Дальность называется измеренной однозначно, если ее значение, измеренное с помощью РЛС а) совпадает с истинным; б) больше истинного; в) меньше истинного. (Ответ (ключ): а) совпадает с истинным).

6. Выберите правильный ответ. Скорость называется измеренной однозначно, если ее значение, измеренное с помощью РЛС а) совпадает с истинным; б) больше истинного; в) меньше истинного. (Ответ (ключ): а) совпадает с истинным).

7. Как называется помеха, возникающая в результате переотражений сигналов? (Ответ (ключ): пассивная помеха).

8. Выберите правильный ответ. К пассивным помехам относится: а) уводящая по скорости помеха; б) отражения от подстилающей поверхности; в) белый гауссовский шум, созданный генератором помех. (Ответ (ключ): б) отражения от подстилающей поверхности).

9. Выберите правильный ответ. К активным помехам относится: а) отражения от зданий и местных предметов; б) отражения от земной поверхности; в) белый гауссовский шум, созданный генератором помех. (Ответ (ключ): в) белый гауссовский шум, созданный генератором помех.).

10. Как называется произведение эффективной ширины спектра сигнала на его длительность? (Ответ (ключ): база сигнала).

11. Выберите правильный ответ. Какие цели можно отнести к объёмно-распределенным: а) дождевые облака; б) облака дипольных отражателей; в) водная поверхность? (Ответ (ключ): а) дождевые облака; б) облака дипольных отражателей).

12. Выберите правильный ответ. Какие цели можно отнести к поверхностно-распределенным: а) дождевые облака; б) облака дипольных отражателей; в) водная поверхность? (Ответ (ключ): в) водная поверхность).

13. Для чего предназначены ПУЛТ-процессоры? (Ответ (ключ): для стабилизации уровня ложной тревоги).

14. Как называется устройство, определяющее направление прихода (угол) радиоволн? (Ответ (ключ): пеленгатор или радиопеленгатор).

15. Как называется устройство, определяющее расстояние до объекта (цели)? (Ответ (ключ): дальномер или радиодальномер).

16. Как называется матрица комплексных коэффициентов, характеризующих рассеивающие свойства тела и не зависящих от расстояния до него? (Ответ (ключ): матрица рассеяния).

17. Как называются помехи, создающие на входе приёмника сигналы, идентичные или похожие на сигналы реальной цели? (Ответ (ключ): имитирующие помехи).

18. К какому типу сигналов (по величине базы) относится одиночный радиоимпульс? (Ответ (ключ): простой сигнал).

19. К какому типу сигналов (по величине базы) относится линейно-частотно модулированный (ЛЧМ) сигнал? (Ответ (ключ): сложный сигнал).

20. К какому типу сигналов (по величине базы) относится фазо-кодоманипулированный (ФКМ) сигнал? (Ответ (ключ): сложный сигнал).

21. К какому типу сигналов (по величине базы) относится сигнал с фазовой манипуляцией М-последовательностью? (Ответ (ключ): сложный сигнал).

22. К какому типу сигналов (по величине базы) относится кодом Френка? (Ответ (ключ): сложный сигнал).

23. К какому типу сигналов (по величине базы) относится сигнал с фазовой манипуляцией кодом Баркера? (Ответ (ключ): сложный сигнал).

24. Как называется отношение периода повторения импульсов в пачке к длительности одного импульса? (Ответ (ключ): скважность).

25. Как называется параметр устройства борьбы с помехами, показывающий во

сколько раз мощность помехи на входе устройства обработки больше, чем мощность помехи на выходе этого устройства? (Ответ (ключ): коэффициент подавления помехи).

26. Как называется способность РЛС разделять цели, имеющие малое отличие в радиальной скорости? (Ответ (ключ): разрешающая способность по скорости).

27. Как называется способность РЛС разделять цели, имеющие малое отличие в азимутальном или угломестном положении относительно РЛС? (Ответ (ключ): разрешающая способность по угловым координатам или разрешающая способность по азимуту и углу места).

28. Какие три вида радиолокационного наблюдения (радиолокации) Вам известны? (Ответ (ключ): активная радиолокация с активным ответом, активная радиолокация с пассивным ответом, пассивная радиолокация).

29. Для защиты от какого типа помех применяются фильтры черезпериодной компенсации (режекторные фильтры). (Ответ (ключ): от пассивных помех).

Составил
доцент кафедры РТС,
к.т.н.,

А.В.Сафонова