

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«17» февраля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)**

«Основы теории радиолокационных систем и комплексов»

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации

Квалификация выпускника Инженер

Нормативный период обучения 5,5 лет

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2023 г.

Автор программы



/Володько А.В./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем



/Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП



/Журавлёв Д.В./

Воронеж 2023

1.1. Цели дисциплины:

Изучение студентами основ теории и методов построения основных типов радиолокационных систем, изучения состава и принципов работы РЛС, их роли в решении гражданских и оборонных задач, а также формирование навыков расчета основных параметров РЛС.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- Изучение отражающих свойств радиолокационных целей;
- Изучение основных принципов и методов радиодальнометрии;
- ознакомление студентов с системами радиопеленгации;
- изучение методики эскизного расчета систем радиолокации;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы теории радиолокационных систем и комплексов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы теории радиолокационных систем и комплексов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - Способен к проведению диагностики, оценки качества и надежности в процессе эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	ИД-1 ПК-4. Знать специфику производства и назначение радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.
	ИД-2 ПК-4. Уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность)
	ИД-2 ПК-4 Владеть методикой проверки качества, подготовкой оборудования и контроля, последовательность проведения проверки; Владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радиоэлектронных систем и комплексов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Основы теории радиолокационных систем и комплексов» составляет 4 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		9			
Аудиторные занятия (всего)	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Практические занятия (ПЗ), в том числе в форме практической подготовки	<u>8</u>	<u>8</u>			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Лабораторные работы (ЛР), в том числе в форме практической подготовки	<u>16</u>	<u>16</u>			
Самостоятельная работа	54	54			
Курсовой проект	-	-			
Контрольная работа	-	-			
Вид промежуточной аттестации	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой			
Общая трудоемкость час зач. ед.	144	144			
	4	4			

Заочная форма обучения

Заочная форма обучения не предусмотрена учебным планом

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Пр Под гот	Все го, час
1	Общие сведения о системах РЛС. Физические основы и методы радиообнаружения. Краткая история развития радиолокации и ее применение	Общие сведения о РЛС. Физические основы и методы радиообнаружения. Физические основы и методы определения местоположения целей. Основные определения, классификация, обобщенная схема, параметры и показатели качества РЛС. Активное радиообнаружение (непрерывные и импульсные системы), пассивное радиообнаружение. Основные определения; пеленгационный, дальномерный, разностно-дальномерный и дальномерно-пеленгационный методы. Методы обзора пространства, статистические параметры обнаружения, оценка разрешающей способности. Опыты	2	1	2	3	2	8

		Попова А.С., первопроходцы радиолокации. РЛС второй мировой войны, загоризонтные РЛС						
2	Отражающие свойства радиолокационных целей	Эффективная площадь рассеяния целей Понятие об эффективной площади рассеяния целей, эффективная площадь рассеяния полуволнового вибратора Эффективная площадь рассеяния плоских поверхностей, уголкового отражателя, конического отражателя и линзы Люнеберга. Эффективная площадь рассеяния шара, пластины, куба. Свойства рассеяния искусственных целей Свойства рассеяния локационных объектов Эффективная площадь рассеяния нескольких целей Эффективная площадь рассеяния самолетами и кораблями. Зеркальное и диффузионное отражение, оценка энергетических соотношений. Аналитический вывод диаграммы рассеяния плоской пластины. Площадь рассеяния объемных распределенных целей (4 час).	4	2	4	6	2	16
3	Системы радиодальнометрии	Основные принципы и виды радиодальнометрии. Фазовая дальнометрия Методы дальнометрии, фазовый метод дальнометрии, точность фазовых радиодальномеров. Принцип действия частотного радиодальномера, точность частотных радиодальномеров, влияние паразитной амплитудной модуляции. История развития методов радиодальнометрии. Гармонический и линейный методы модуляции частоты. Временные соотношения временного дискриминатора. Частотный метод радиодальнометрии. Прикладные системы импульсной радиодальнометрии. Частотные радиовысотомеры, частотный метод радиодальнометрии нескольких целей. Принцип действия импульсного дальномера. Точность импульсных дальномеров. Разрешающая способность по дальности и мертвая зона. Проблема электромагнитной совместимости бортовых частотных радиодальномеров Особенности систем синхронизации и погрешность импульсных радиовысотомеров Импульсные системы автоматического сопровождения по дальности, динамические свойства радиодальномера с одним и двумя интеграторами. Режимы поиска в системах автоматического сопровождения по дальности.	4	2	4	6	2	16
4	Системы радиопеленгации	Методы радиопеленгации . Фазовые методы пеленгации. Амплитудно-Фазовые методы радиопеленгации. Методы радиопеленгации. Фазовая пеленгация. Пеленгационная характеристика. Структурная схема фазового пеленгатора. Зоны однозначного определения пеленга. Принцип	4	2	4	6	2	16

		амплитудно-фазового метода радиопеленгации. Структурная схема амплитудно-фазового пеленгатора. Блок – схема амплитудно-фазового делектора пеленга. История развития методов радиопеленгации Методы пеленгации в трехмерной полярной системе координат Точность фазовго метода пеленгации. Точность амплитудных методов пеленгации. Амплитудные методы радиопеленгации. Точность методов радиопеленгации. Прикладные системы радиопеленгации. Метод максимума, метод минимума и равносигнальные метод. Струтурные схемы приемной части пеленгатов методом максимума . Структурная схема пеленгатора равносигнальным методом. Временные соотношения дифференциального индикатора Одноканальная система автоматического сопровождения по направлению Методы пеленгации в трехмерной полярной системе координат						
5	Методы обнаружения радиолокационных сигналов	Выделение радиолокационных сигналов на фоне случайных помех Источники помех. Искусственные и естественные радиошумы. Теоретические принципы согласованной фильтрации. Согласованный фильтр приема пачки высокочастотных импульсов. Взаимодействие радиолокационных сигналов и шума. Согласованный фильтр для прямоугольного одиночного видеоимпульса. Обнаружение радиолокационных сигналов как статистическая задача. Статистические критерии обнаружения радиолокационных сигналов. Оценка пороговой мощности радиолокационных сигналов. Последетекторные методы обработки сигнала.	4	2	4	6	2	16
6	Методы повышения дальности действия радиолокатора	Дальность радиолокации. Дальность радиолокации в свободном пространстве. Влияние атмосферы на дальность радиолокации. Влияние земли на дальность радиолокации. Зоны обнаружения. Погрешность дальнометрии. Явления положительной и отрицательной рефракции в атмосфере. Затухание радиоволн в атмосфере. Метод разнесенных антенн. Условия возникновения рефракционных эффектов. Влияние геофизических и метеорологических факторов.	4	2	4	6	2	16
7	Методы повышения определения местоположения цели	Факторы, определяющие точность определения местоположения цели. Ошибки линий положения. Точность определения местоположения. Ошибки угла места положения. Влияние местности и метеоусловий и геофизических факторов. Методы оценки погрешности и повышения	4	2	4	6	2	16

		точности определения местоположения Ошибка оценки местоположения объекта в пеленгационном методе, поле ошибок при дальномерно -пеленгационном методе местоопределения Алгоритмы и методы обработки данных радиопелегации.						
8	Селекция целей на фоне помех	Методы селекции движущихся целей. Когерентно- импульсный метод. Когерентный метод непрерывного излучения. Структурная схема когерентного радиолокатора. Когерентно- импульсной метод малой скважности. Когерентно -импульсный метод высокой скважности. Компенсация сигналов неподвижных целей Эффект Доплера. Влияние прямого сигнала передатчика на приемный тракт. Параметры пачки импульсов. Период следования, длительность, скважность. Когерентные и некогерентные пачки Компенсация сигналов неподвижных целей. Особенности селекции движущихся целей при движении когерентно-импульсного радиолокатора. Селекция спектральных компонент сигнала цели. Череспериодная и кадровая компенсация. Структурная схема компенсатора. Ультразвуковые компенсаторы. Оценка частотной поправки когерентного радиолокатора. Некогерентный метод селекции движущихся целей. Факторы, определяющие качество работы систем селекции движущихся целей Компенсирующие устройства. Ультразвуковые линии задержки, линии на ПЗС, цифровые линии	4	2	4	6	4	16
9	Цифровые технологии радиолокации в	Радиолокаторы с синтезированной апертурой. Параметры, определяющие детальность радиолокационного изображения. Принцип работы локатора с синтезированной апертурой. Тангенциальная разрешающая способность локатора с синтезированной апертурой. Принцип обработки сигнала в радиолокаторе с синтезированной апертурой. Конструкции авиационных радиолокаторов с синтезированной апертурой Алгоритмы обработки данных в радиолокаторах с синтезированной апертурой Алгоритм фокусированной обработки. Алгоритм не фокусированной обработки. Обобщенная структурная схема цифровой обработки сигналов в радиолокаторах с синтезированной апертурой. Требования к устройствам цифровой обработки сигнала. Самостоятельное изучение Конструкции космических радиолокаторов с синтезированной апертурой	4	2	4	6	2	16
10	Противорадиолокац ия	Противорадиолокационные средства. Характеристика методов противодействия радиолокации. Защитные покрытия.	2	1	2	3	4	8

		Поглощающие защитные покрытия. Интерференционные покрытия. Активные помехи: непрерывные и импульсные, синхронные и несинхронные. Вид помех на индикаторах обзора. Имитация целей с ложным азимутом. Метод искусственных отражателей – дипольных помех. Радиопоглощающие материалы и структуры Современные системы радиоэлектронной борьбы с радиолокационными станциями. Радиолокационная разведка. Блок-схемы панорамного приемника и разведывательного пеленгатора. Методы селекции помех						
			36	18	36	54	24	144

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на практических занятиях и (или) лабораторных работах:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	Практический расчет эффективной площади рассеяния простейших тел аналитическим методом	ПК-4
2	Практический расчет систем радиолокации с использованием математического аппарата: основное уравнение радиолокации, аналитический перевод значений напряженности поля в ЭПР, эффективной дальности связи.	ПК-4
3	Теоретический расчет радиолокационной системы с исследованием оптимального выбора рабочих частот. РЛС на основе ФАР. РЛС диапазонов X, K, Ka, Ku.	ПК-4
4	Лабораторное исследование ЭПР простых тел путем электродинамического моделирования.	ПК-4
5	Лабораторное исследование ЭПР аэродинамических целей с использованием средств снижения радиолокационной заметности на лабораторном стенде и путем электродинамического моделирования.	ПК-4
6	Лабораторное исследование систем радиопеленгации.	ПК-4

5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
	1. Исследование равносигнального метода пеленгации на примере авиационного радиокompаса АРК-9	9	Отчет
	2. Исследование радиолокационной станции и индикатора кругового обзора РБП-3	9	Отчет
	3. Исследование приемника с согласованным фильтром РЛС обнаружения ЛЧМ сигналов	9	Отчет
	4. Исследование эффективной поверхности рассеяния	9	Отчет

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
	радиолокационных целей		
Итого часов		36	

5.3 Перечень тем практических занятий

Неделя семестра	Наименование темы практического занятия	Объем часов	Виды контроля
	1. Общие сведения о системах РЛС. Физические основы и методы радиообнаружения. Краткая история развития радиолокации и ее применение	1	
	2. Отражающие свойства радиолокационных целей	1	
1	Методы оценки отражающей способности целей. Расчет сигнала, отраженного от цели с заданной ЭПР.	1	Выполнение заданий
	3. Системы радиодальнометрии	2	
1.	Методы оценки дальности сигнала в радиодальномерах. Авиационные высотомеры	2	Выполнение заданий
	4. Системы радиопеленгации	2	
	Методы оценки местоположения цели на основании данных пеленгации	2	Выполнение заданий
	5. Методы обнаружения радиолокационных сигналов	2	
1	Расчет параметров оптимального обнаружителя сигнала на примере согласованного фильтра.	2	Выполнение заданий
	6. Методы повышения дальности действия радиолокатора	2	
	Оценка дальности действия радиолокатора в условиях применения сложных сигналов. Эффект сжатия сигнала на выходе согласованного фильтра.	2	Выполнение заданий
	7. Методы повышения точности местоопределения положения цели	2	
	Методики оценки точности определения местоположения цели	2	Выполнение заданий
	8. Селекция целей на фоне помех	2	
	Методы селекции целей на фоне помех. Доплеровская селекция целей.	2	Выполнение заданий
	9. Цифровые технологии в радиолокации	2	
	Применение цифровых методов селекции целей. Метод селекции засветки от местности.	2	Выполнение заданий
	10. Противорадиолокация	2	
	Принципы и методы снижения ЭПР целей.	2	Выполнение заданий
Итого часов		18	

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Курсовые проекты (работы) и контрольные работы учебным планом не предусмотрены

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения,, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	ИД-1 пк-4. Знать специфику производства и назначение радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-2 пк-4. Уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность)	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-2 пк-4 Владеть методикой проверки качества, подготовкой оборудования и контроля, последовательность проведения проверки; Владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радиоэлектронных систем и	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	КОМПЛЕКСОВ			
--	------------	--	--	--

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний (зачет с оценкой) оцениваются в 9 семестре по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критери и оцениван ия	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-4	ИД-1пк-4. Знать специфику производства и назначение радиоэлектронных систем и комплексов; Знать особенности эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	ИД-2пк-4. Уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность)	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	ИД-2пк-4 Владеть методикой проверки качества, подготовкой оборудования и контроля, последовательность проведения проверки; Владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радиоэлектронных систем и комплексов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Вопрос 1. Обнаружение различных объектов и определение их местоположения при помощи радиоволн называется:

- А) радионавигация;
- Б) радиолокацией;
- В) радиопеленгация;
- Г) радиодальнометрия.

Вопрос 2. Наиболее распространённый вид радиолокации, используемый для обнаружения и сопровождения целей:

- А) активная радиолокация с активным ответом;
- Б) полуактивная;
- В) активная;
- Г) пассивная.

Вопрос 3. Полуактивная радиолокация предполагает, что:

- А) приёмник и передатчик зондирующих сигналов совмещены;
- Б) отсутствует передатчик зондирующих сигналов;
- В) приём отражённых сигналов производится в двух пунктах;
- Г) облучение цели и приём отражённых сигналов производится в различных пунктах.

Вопрос 4. Распространение радиоволн за пределы прямой видимости возможно благодаря:

- А) дифракции и рефракции;
- Б) дифракции, рефракции, интерференции;
- В) дифракции, рефракции и отражения от верхних ионизированных слоёв атмосферы;
- Г) рассеянию, рефракции.

Вопрос 5. Определение направления на излучатель радиоволн называется:

- А) радиолокацией;
- Б) радионавигацией;
- В) радиопеленгацией;
- Г) радиодальнометрией.

Вопрос 6. Дифракцией радиоволн называется:

- А) явление огибания препятствия, если размеры препятствий соизмеримы с длиной волны;
- Б) рассеяние радиоволн в направлении распространения;
- В) явление искривления траектории луча;
- Г) явление огибания.

Вопрос 7. Атмосферной рефракцией называется:

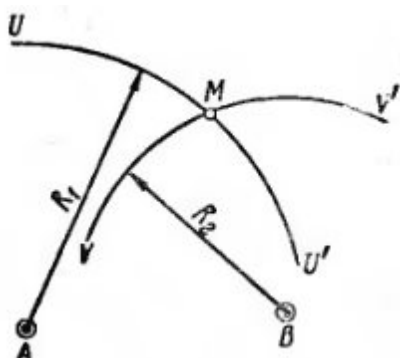
- А) преломление луча;

- Б) искривление траектории радиолуча в связи с изменением параметров атмосферы;
- В) отражение от атмосферных неоднородностей;
- Г) огибание предметов, соизмеримых с длиной радиоволны.

Вопрос 8. Определение длины траектории распространения радиоволн называется:

- А) радиопеленгацией;
- Б) радиопеленгацией;
- В) радионавигацией;
- Г) радиодальномерией.

Вопрос 9. Какой метод местоопределения изображен на рисунке:



- А) пеленгационный;
- Б) дальномерно-пеленгационный;
- В) разностно-дальномерный;
- Г) дальномерный.

Вопрос 10. Правильное соотношение между временем запаздывания импульса от самой удалённой цели и периодом повторения зондирующих импульсов для однозначного определения дальности определяется формулой:

- А) $T > t_{зд}$;
- Б) $T < t_{зд}$;
- В) $T \approx t_{зд}$;
- Г) $t_{зд} \gg T$.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Вопрос 1. Эффективная площадь рассеяния уголкового отражателя с квадратными гранями равна (a – длина ребра грани):

- А) $10\pi \frac{a^4}{\lambda^2}$;
- Б) $12\pi \frac{a^4}{\lambda^2}$;

В) $12\pi \frac{a^2}{\lambda^2}$;

Г) $14\pi \frac{a^4}{\lambda^8}$.

Вопрос 2. Углом места цели называют:

- А) угол между направлением на цель и вертикальной плоскостью.
- Б) угол между меридианом и наклонной дальностью;
- В) расстояние в градусах между дальностью и горизонтальной плоскостью;
- Г) угол между направлением на цель и горизонтальной плоскостью.

Вопрос 3. Азимут называют истинным пеленгом цели когда:

- А) отсчет производится от заданного направления;
- Б) отсчет производится от северного меридиана;
- В) отсчет производится от направления на восток;
- Г) отсчет производится от направления на юг.

Вопрос 4. Эффективная площадь рассеяния двух одинаковых целей определяется выражением (S_1 – эффективная площадь рассеяния одной цели):

А) $4S_1 \cos^2 \left(\frac{2\pi r}{\lambda} \cos \theta \right)$;

Б) $8S_1 \cos^2 \left(\frac{2\pi r}{\lambda^2} \cos \theta \right)$;

В) $4S_1 \cos^4 \left(\frac{2\pi r}{\lambda} \cos^2 \theta \right)$;

Г) $4S_1 \cos \left(\frac{2\pi r^2}{\lambda} \cos \theta \right)$.

Вопрос 5. Какой метод измерения времени распространения радиоволн не используется в дальнометрии:

- А) фазовый;
- Б) частотный;
- В) импульсной-фазовый;
- Г) амплитудный.

Вопрос 6. Максимальная дальность радиообнаружения при идеальных условиях (Земля – шар, отсутствие преград) равна:

А) $D_{\text{км}} = (\sqrt{h, \text{м}} + \sqrt{H, \text{м}})$;

Б) $D_{\text{км}} = 5,57(\sqrt{h, \text{м}} + \sqrt{H, \text{м}})$;

В) $D_{\text{км}} = 3,57(\sqrt{h, \text{м}} + \sqrt{H, \text{м}})$;

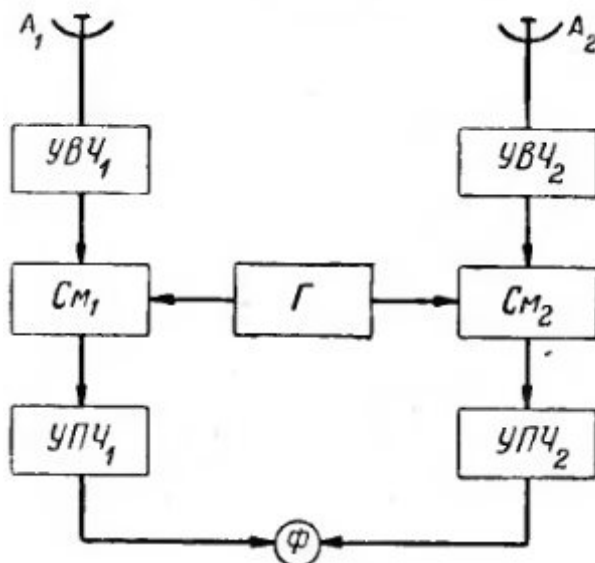
Вопрос 7. Максимальная дальность обнаружения цели с учётом рефракции в стандартной атмосфере равна:

- А) $D, \text{км} = 3,57h + 4,15H$;
- Б) $D, \text{км} = (\sqrt{h, \text{м}} + \sqrt{H, \text{м}})$;
- В) $D, \text{км} = 15h + 20H$;
- Г) $D, \text{км} = 4,15\sqrt{h, \text{м}} + \sqrt{H, \text{м}}$.

Вопрос 8. Какой метод из перечисленных не относится к амплитудным методам пеленгации:

- А) метод максимума;
- Б) равносигнальный метод;
- В) разностный метод;
- Г) метод сравнения.

Вопрос 9. Блок-схема какого пеленгатора изображена на рисунке:



- А) амплитудного;
- Б) частотного;
- В) фазового;
- Г) амплитудно-фазового.

Вопрос 10. Основным уравнением радиолокации является:

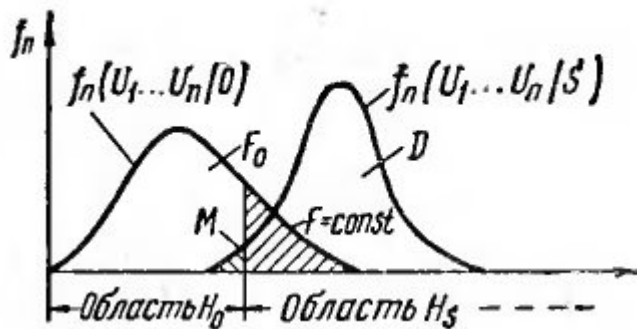
- А) $P_1 = \frac{P_{изл}}{4\pi R^2} G_A$;
- Б) $P_1 = \frac{P_{отр}}{4\pi R^2}$;

$$\text{В) } D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{изл}} G_A^2 \delta \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{\text{пр,изл}}}};$$

$$\text{Г) } D, \text{ км} = 3,57 (\sqrt{h, \text{ м}} + \sqrt{H, \text{ м}}).$$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Вопрос 1. На рисунке изображен способ разделения области наблюдения при критерии:



- А) Неймана-Пирсона;
- Б) идеальном;
- В) последовательном;
- Г) Зигерта.

Вопрос 2. Предельное отношение сигнал/шум на выходе оптимального приемника равно:

- А) $q^2 = \frac{2E}{N_0}$;
- Б) $q^2 = \frac{E}{N_0}$;
- В) $q^2 = \frac{N_0}{2E}$;
- Г) $q^2 = \frac{E}{2N_0}$.

Вопрос 3. Пороговая мощность радиолокационных сигналов:

- А) минимальная мощность на выходе приемника радиолокатора, при которой обеспечиваются заданные вероятности правильного обнаружения цели о ложной тревоги;
- Б) минимальная мощность на входе приемника радиолокатора, при которой обеспечиваются заданные вероятности правильного обнаружения цели о ложной тревоги;

В) максимальная мощность на входе приемника радиолокатора, при которой обеспечиваются заданные вероятности правильного обнаружения цели о ложной тревоги;

Г) максимальная мощность на выходе приемника радиолокатора, при которой обеспечиваются заданные вероятности правильного обнаружения цели о ложной тревоги.

Вопрос 4. Величина пороговой мощности не зависит от:

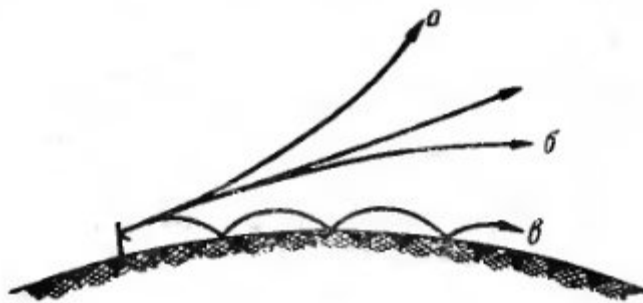
А) вероятностей правильного обнаружения цели и ложной тревоги;

Б) параметров радиолокационных сигналов и помех;

В) времени наблюдения;

Г) времени суток.

Вопрос 5. На рисунке изображено искривление траектории распространения радиоволны в атмосфере, искривление траектории θ называется:



А) отрицательная рефракция;

Б) сверхрефракция;

В) положительная рефракция;

Г) нет искривления.

Вопрос 6. Атмосферным каналом или атмосферным волноводом называется:

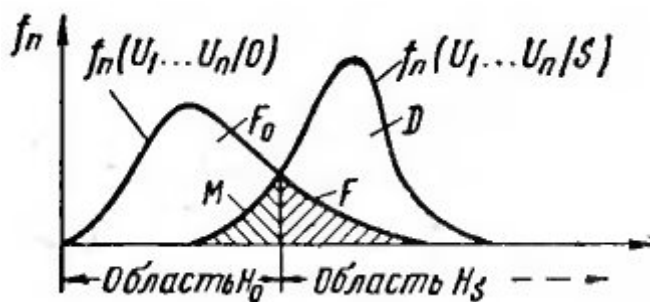
А) слой атмосферы, в котором создаются условия для образования явления сверхрефракции;

Б) слой атмосферы, в котором создаются условия для образования явления отрицательной рефракции;

В) слой атмосферы, в котором создаются условия для образования явления положительной рефракции;

Г) слой стратосферы, в котором создаются условия для образования явления сверхрефракции.

Вопрос 7. На рисунке изображен способ разделения области наблюдения при критерии:

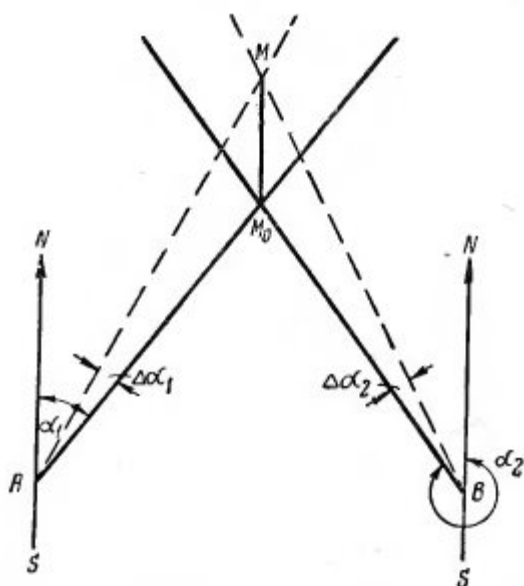


- А) Неймана-Пирсона;
- Б) идеальном;
- В) последовательном;
- Г) Вальда.

Вопрос 8. Зоной обнаружения радиолокационной станции называют:

- А) часть пространства, в пределах которого цель с неизвестной эффективной площадью отражения может быть обнаружена;
- Б) часть пространства, в пределах которого цель с наперед заданной эффективной площадью отражения не может быть обнаружена;
- В) часть пространства, в пределах которого цель с наперед заданной эффективной площадью отражения может быть обнаружена;
- Г) часть пространства, за пределами которого цель с наперед заданной эффективной площадью отражения может быть обнаружена.

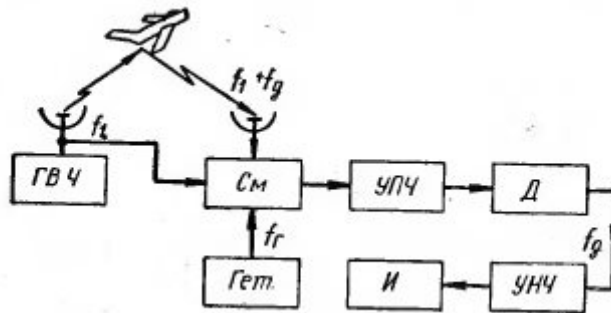
Вопрос 9. На рисунке изображена ошибка места при определении местоположения методом:



- А) пеленгации;
- Б) дальномерно-пеленгационном;
- В) дальномерном;

Г) разностно-дальномерном.

Вопрос 10. Блок-схема какого радиолокатора изображена на рисунке:



- А) когерентно-импульсного с внутренней когерентностью;
- Б) когерентного;
- В) когерентно-импульсного;
- Г) когерентно-импульсного, работающего в режиме малой скважности.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

1. Основные понятия и определения, методы радиолокации.
2. Физические основы радиолокации.
3. Радиотехнические методы определения местоположения объекта: угломерный, дальномерный.
4. Радиотехнические методы определения местоположения объекта: разностно-дальномерный, комбинированный угломерно-дальномерный.
5. Фазовый метод измерения дальности на несущей частоте.
6. Фазовый метод измерения дальности на частоте модуляции, на частоте биений. Системы с хранением опорной фазы на борту.
7. Частотный метод измерения дальности.
8. Импульсный метод измерения дальности.
9. РЛС кругового обзора.
10. Фазовые методы измерения угловых координат.
11. Фазовый радиопеленгатор на основе эффекта Доплера.
12. Амплитудные методы измерения угловых координат.
13. Принципы доплеровского измерения скорости. Основные особенности доплеровского радиолокатора.
14. Доплеровский метод измерения путевой скорости и угла сноса.
15. Недостатки однолучевой системы измерения путевой скорости и угла сноса.
16. Физические явления, положенные в основу радиолокации.
17. Импульсный метод радиолокации.
18. Принципы определения координат целей и формирование разверток на экранах РЛС. Виды отметок.

19. Основное уравнение радиолокации (максимальной дальности радиолокации). Вывод уравнения и его анализ.
20. Общее устройство РЛС.
21. Назначение, состав и размещение РЛС на позиции.
22. Боевые возможности РЛС.
23. Основные тактико-технические данные.
24. Основные системы и устройства, их назначение и взаимодействие.
25. Работа тракта зондирующих сигналов по функциональной схеме.
26. Работа тракта эхо-сигналов и сигналов опознавания по функциональной схеме.
27. Работа трактов вращения, АПЧ, перестройки по функциональной схеме.
28. Назначение и состав аппаратуры рабочего места оператора.
29. Типы индикаторов на рабочих местах, их назначение и технические характеристики. Вынос индикаторов.
30. Принцип работы ИКО по функциональной схеме.
31. Органы дистанционного управления РЛС с рабочего места оператора. Отображение на экране индикатора масштабных отметок, эхо-сигналов, сигналов опознавания, активных и пассивных помех.
32. Режимы работы индикатора и их применение.
33. Передающее устройство. Назначение, состав и технические характеристики.
34. Работа передающего устройства по функциональной схеме.
35. Назначение, состав и технические характеристики АФУ.
36. Работа антенно-фидерного устройства по функциональной схеме. Взаимодействие элементов передающего и антенно-фидерного устройства.
37. Приемное устройство. Назначение, состав и технические характеристики.
38. Работа приемного устройства по функциональной схеме.
39. Радиоэлектронная борьба. Определение, составные части.
40. Виды помех. Классификация помех.
41. Когерентно-компенсационный принцип защиты от пассивных помех.
42. Принцип защиты от несинхронных импульсных помех.
43. Назначение, состав, принцип работы аппаратуры защиты от помех по функциональной схеме.
44. Назначение, состав, технические характеристики и принцип работы системы АПЧ по функциональной схеме.
45. Назначение, состав, технические характеристики и принцип работы системы СПС по функциональной схеме.
46. Перечислите радиотехнические методы измерения местоположения объектов на основе использования линий положения и поясните их сущность.
47. Перечислите виды радиотехнических систем и поясните их сущность.
48. Начертите обобщенную структурную схему импульсного дальномера и поясните принцип его работы.

49. Начертите структурную схему фазового дальномера и поясните его работу.
50. Изложите принцип действия частотного дальномера.
51. Перечислите известные Вам методы обзора пространства в радиолокации и поясните их сущность.
52. Какие пеленгаторы называются моноимпульсными? Почему?
53. В чем заключается принцип когерентного метода селекции подвижных целей в радиолокации?
54. Что такое пассивная радиолокация?
55. Что такое “потенциальная точность измерения дальности”?
56. Что такое разрешающая способность по дальности?
57. Как и почему дальность действия радиолокационных станций зависит от длины волны?
58. Какие радионавигационные системы называют фазовыми? Приведите пример.
59. Какие сигналы в радиотехнике называют когерентными? Приведите пример когерентных сигналов.
60. Что такое “согласованный фильтр”?
61. В чем заключается физический принцип измерения радиальной скорости объектов в радиолокации и радионавигации?
62. Какие сигналы в радиолокации и радионавигации называют сложными? Приведите пример.
63. Зачем в системах посадки самолетов используются радиомаяки? Изложите принцип их работы.
64. Начертите обобщенную структурную схему спутниковой радионавигационной системы.
65. Почему и как отражения радиоволн от земли влияют на дальность действия радиолокационных станций?

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Проведение экзамена не предусмотрено учебным планом

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения о системах РЛС. Физические основы и методы радиообнаружения. Краткая история развития радиолокации и ее применение	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
2	Отражающие свойства радиолокационных целей	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
3	Системы радиодальнометрии	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
4	Системы радиопеленгации	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
5	Методы обнаружения радиолокационных сигналов	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
6	Методы повышения дальности действия радиолокатора	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
7	Методы повышения определения местоположения цели	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
8	Селекция целей на фоне помех	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
9	Цифровые технологии в радиолокации	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
10	Противорадиолокация	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется

проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. Денисов, В. П. Радиотехнические системы : Учебное пособие / Денисов В. П. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 335 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/14024.html>

2. Шпенст, В. А. Радиолокационные системы и комплексы [Электронный ресурс] : Учебник / В. А. Шпенст. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. - 399 с. - ISBN 978-5-94211-776-4.
URL: <http://www.iprbookshop.ru/78141.html>

3. Акулиничев, Ю.П. Радиотехнические системы передачи информации [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Бернгардт; Ю.П. Акулиничев. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. - 195 с. URL: <https://www.iprbookshop.ru/72171.html>

4. Радиолокационные системы : учебник / В.П. Бердышев. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 400 с. - ISBN 978-5-7638 2479-7.
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229384>

Дополнительная литература

1. Под ред. Ю.М. Казаринова Радиотехнические системы. 2008 г. печат. 621.37/39 P154

2. Васин В.А. и др. Радиосистемы передачи информации 2005 г. печат. 621.396.9 P154

3. Под ред. Ю.М. Казаринова. Радиотехнические системы 1990 г. печат. 621.396.9 P15

4. Каплун В.А. и др. Радиотехнические устройства и элементы радиосистем 2002 г. печат. 621.396.6 P154

5. Тихонов В.И. и др. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем 1991 печат. 621.37/39 T464

6. Володько А.В. Основы теории радиолокационных систем и комплексов. Практикум и сборник задач : учебное пособие / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т". - Воронеж с. 157-158 печат. ISBN 978-5-7731-0601-2.

7. Общая теория радиолокации и радионавигации. Распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебник/ А.Н. Фомин [и др] Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017.— 318 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84268.html>.— ЭБС «IPRbooks»

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Internet Explorer, проигрыватель Windows Media, оригинальное программное обеспечение.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория 312/4, оснащенная плакатами и пособиями по профилю:

1. Лабораторная установка исследования радиолокационной станции РБПЗ ауд. 312/4;
2. Лабораторная установка исследования методов оптимального приема;
3. Лабораторная установка исследования ЭПР целей;
4. Лабораторная установка исследования авиационного радиокompаса АРК9.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине читаются лекции, проводятся практические занятия. Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета инженерных систем теплогазоснабжения, подбора основного и вспомогательного оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории. Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторные занятия	Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение теоретических материалов и подготовка домашних заданий к лабораторным работам. Выполнение исследований; при этом особое внимание следует уделить выявлению взаимосвязей между параметрами радиотехнических цепей и временными и спектральными характеристиками формируемых ими радиотехнических сигналов.
Подготовка к зачету с оценкой	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.