

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-методической работе

Ю.А. Устименко
«09» сентября 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.01.02 Радиолокационные системы и комплексы обнаружения,
сопровождения и распознавания**

Направление подготовки: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы и комплексы**
Форма обучения: очная
Курс – 3
Семестр – 6
Всего зачетных единиц – 2; часов – 72
Форма отчетности: зачет – 6 семестр

Программу разработал: доктор технических наук, доцент Ю.И. Савинов

Одобрена на заседании кафедры
«02» сентября 2021 г., протокол № 1

Смоленск
2021

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Радиолокационные системы и комплексы обнаружения, сопровождения и распознавания» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, основной образовательной программы по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника (направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы) и относится к дисциплинам по выбору.

Для освоения дисциплины «Радиолокационные системы и комплексы обнаружения, сопровождения и распознавания» студент должен обладать базовыми знаниями, умениями и навыками, полученными в результате изучения таких дисциплин, «Физика», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Электромагнитные поля и волны, электродинамика и распространение радиоволн», «Статистическая радиотехника».

В результате изучения дисциплины студенты приобретают знания об общих технических требованиях к радиолокационным комплексам и системам; конструкции, принципе действия, основных характеристиках радиоэлектронных систем и комплексов; методах технического сопровождения и средствах контроля технического состояния радиолокационных систем и комплексов обнаружения, сопровождения и распознавания, принципах построения и оптимизации параметров систем, обеспечивающих технические показатели, и основных параметрах радиоэлектронных систем, характеризующих эффективность и качество функционирования радиолокационных систем и комплексов обнаружения, сопровождения и распознавания. В процессе изучения дисциплины студенты приобретают навыки по техническому обслуживанию радиоэлектронных систем и комплексов при непосредственной их эксплуатации, хранении, транспортировании, проведению рекламационной работы для устранения возникших во время эксплуатации неисправностей в радиолокационных и радионавигационных системах, комплексах и их составных частях.

Усвоение материала дисциплины способствует приобретению студентами профессиональных компетенций, умений проводить оценочные расчеты характеристик деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.

В результате изучения дисциплины «Основы теории радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов» студенты приобретают знания, умения и навыки, необходимые для успешного освоения следующих дисциплин профессионального цикла: «Цифровая обработка сигналов», «Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств», «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	Знать: принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем Уметь: проводить оценочные расчеты характеристик деталей, узлов и устройств радиотехнических систем Владеть: навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем
ПК-5. Способен осуществлять организационно-методическое обеспечение технической эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов	Знать: общие технические требования к радиоэлектронным системам и комплексам; сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках радиоэлектронных систем и комплексов; методы технического сопровождения радиоэлектронных систем и комплексов; методы и средства контроля технического состояния радиоэлектронных систем и

	<p>комплексов</p> <p>Уметь: планировать мероприятия по техническому обслуживанию радиоэлектронных систем и комплексов при непосредственной их эксплуатации, хранении, транспортировании; проводить рекламационные работы для устранения возникших во время эксплуатации неисправностей в радиоэлектронных системах, комплексах и их составных частях</p> <p>Владеть: методами планирования и проведения мероприятий по техническому обслуживанию радиоэлектронных систем и комплексов; методиками проведения профилактических, ремонтных работ по обеспечению и восстановлению работоспособного состояния и ресурсов радиоэлектронных систем и комплексов.</p>
--	--

3. Содержание дисциплины

Радиолокационные сигналы и цели. Общие технические требования к радиолокационным системам и комплексам обнаружения, сопровождения и распознавания; сведения о принципе действия, характеристиках радиолокационных систем и комплексов; методы и средства контроля технического состояния радиоэлектронных систем и комплексов.

Общие сведения о радиолокации (РЛ). Основные понятия, определения и задачи радиолокационных систем и комплексов обнаружения, сопровождения и распознавания. Физические явления, используемые в радиолокации. Основные технические характеристики радиолокационных систем и комплексов.

Математические модели (ММ) зондирующих РЛ сигналов. Классификация зондирующих РЛ сигналов. Математические модели зондирующих РЛ сигналов. Параметры одиночного радиоимпульса. Радиоимпульсы с линейной частотной модуляцией и кодовой фазовой манипуляцией

Оценка временных и частотных характеристик типовых ЗС. Компьютерное моделирование типовых зондирующих сигналов. Определение временных характеристик периодических последовательностей простых радиоимпульсов для обеспечения заданных показателей по обнаружению типов объектов. Определение дальности действия РЛС по низколетящим целям.

Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) РЛ целей (РЛЦ). Явление вторичного излучения электромагнитных волн (ЭМВ). Эффективная площадь рассеивания радиолокационных целей. Диаграмма обратного вторичного излучения (ДОВИ). Модели РЛЦ.

Исследование рассеивающих свойств моделей РЛЦ. Исследование эффективной площади рассеивания простейших отражателей. Исследование ЭПР моделей радиолокационных целей.

Измерение координат и параметров движения целей. Общие требования к системам измерения координат и параметров движения целей. Количественные показатели качества измерений. Критерий и правило оптимального измерения.

Показатели качества, критерий и правило оптимального измерения. Количественные показатели качества измерений. Критерий и правило оптимального измерения.

Измерение дальности. Неследящие измерители дальности. Принцип автоматического сопровождения по дальности. Потенциальная точность измерения дальности в радиолокации

Расчет показателей качества измерителей РЛ сигналов. Структурная схема измерителя сигнала с детерминированными параметрами Структурная схема измерителя сигнала со случайными параметрами. Корреляционный измеритель с псевдоквадратурной обработкой сигналов.

Измерение радиальной скорости. Измерение радиальной скорости в РЛС с непрерывным излучением. Измерение радиальной скорости в РЛС с импульсным излучением.

Расчет импульсных измерителей дальности и радиальной скорости.

Расчет следящего измерителя дальности. Измерение радиальной скорости цели для непрерывных сигналов. Расчет измерителей скорости при импульсном излучении.

Оптимальная фильтрация радиолокационных сигналов.

Принципы построения устройств оптимальной и согласованной фильтрации в радиолокационных и радионавигационных системах и комплексах.

Импульсная и частотная характеристика оптимального фильтра одиночного импульса.
Импульсная характеристика оптимального фильтра одиночного импульса. Частотная характеристика оптимального фильтра одиночного импульса. Квазиоптимальный фильтр одиночного радиоимпульса.

Исследование квазиоптимальных фильтров для кодофазоманипулированного и линейночастотно модулированных радиоимпульсов. Структурная схема квазиоптимальных фильтров КФМ радиоимпульса. Определение базы сигнала при сжатии сложных (широкополосных) сигналов.

Расчет разрешающей способности РЛС. Определение величины элемента разрешения при использовании одиночного импульса. Расчет разрешающей способности радиолокационной станции при использовании сложных сигналов.

Общие сведения о системах радиолокационного распознавания. Понятие о распознавании радиолокационных целей. Признаки радиолокационного распознавания. Частные проблемы радиолокационного распознавания.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	Радиолокационные сигналы и цели	25	6	12	7
1.1	Общие сведения о радиолокации (РЛ).	3	2	–	1
1.2	Математические модели (ММ) зондирующих РЛ сигналов.	3	2	–	1
1.3	Оценка временных и частотных характеристик типовых ЗС	8	–	6	2
1.4	Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) РЛ целей (РЛЦ)	3	2	–	1
1.5	Исследование рассеивающих свойств моделей РЛЦ	8	–	6	2
2.	Измерение координат и параметров движения целей	23	6	10	7
2.1	Показатели качества, критерий и правило оптимального измерения	3	2	–	1
2.2	Измерение дальности	3	2	–	1
2.3	Расчет показателей качества измерителей РЛ сигналов.	8	–	6	2
2.4	Измерение радиальной скорости	3	2	–	1
2.5.	Расчет импульсных измерителей дальности и радиальной скорости	6	–	4	2
3.	Оптимальная фильтрация радиолокационных сигналов.	22	2	10	10
3.1	Импульсная и частотные характеристики оптимального фильтра одиночного радиоимпульса	4	2	–	2

3.2	Исследование квазиоптимальных фильтров для сложных радиоимпульсов	10	–	6	4
3.3	Расчет разрешающей способности РЛС	8	–	4	4
4.	Общие сведения о системах радиолокационного распознавания	2	2	–	-
ИТОГО		72	16	32	24

5. Виды учебной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция № 1. *Общие сведения о радиолокации (РЛ).* Основные понятия, определения и задачи радиолокационных и радионавигационных системах и комплексах. Физические явления, используемые в РЛ. Основные технические характеристики радиолокационных и радионавигационных систем.

Лекция № 2. *Математические модели (ММ) зондирующих РЛ сигналов.* Классификация зондирующих РЛ сигналов. Математические модели зондирующих РЛ сигналов. Параметры одиночного радиоимпульса. Радиоимпульсы с линейной частотной модуляцией и кодовой фазовой манипуляцией.

Лекция № 3. *Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) РЛ целей (РЛЦ).* Явление вторичного излучения электромагнитных волн (ЭМВ). Эффективная площадь рассеивания радиолокационных целей. Диаграмма обратного вторичного излучения (ДОВИ). Модели РЛЦ.

Лекция № 4. *Радиолокационный обзор. Показатели качества и правило оптимального обнаружения.* Обзор по дальности. Обзор по угловым координатам. Показатели качества процедуры обнаружения. Правило оптимального обнаружения.

Лекция № 5. *Достаточная статистика для сигнала со случайными параметрами.* Достаточная статистика для сигнала со случайной начальной фазой. Достаточная статистика для сигнала со случайной амплитудой и фазой.

Лекция № 6. *Основы статистической теории разрешения сигналов. Принцип неопределенности.* Мера разрешающей способности. Разрешающая способность по дальности, угловым координатам и радиальной скорости. Совместное разрешение по дальности и радиальной скорости. Тела и принцип неопределенности.

Лекция № 7. *Импульсная и частотные характеристики оптимального фильтра одиночного радиоимпульса.* Импульсная характеристика оптимального фильтра одиночного импульса. Частотная характеристика оптимального фильтра одиночного импульса. Квазиоптимальный фильтр одиночного радиоимпульса.

Лекция № 8. *Общие сведения о системах радиолокационного распознавания.* Понятие о распознавании радиолокационных целей. Признаки радиолокационного распознавания. Частные проблемы радиолокационного распознавания.

Занятия семинарского типа

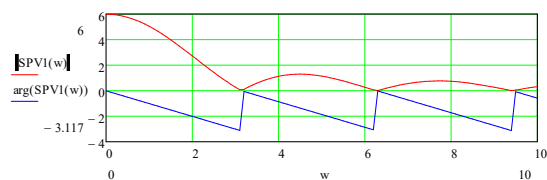
Практическое занятие №1. *Оценка временных и частотных характеристик типовых ЗС (6 часов).*

Вопросы для подготовки к занятию

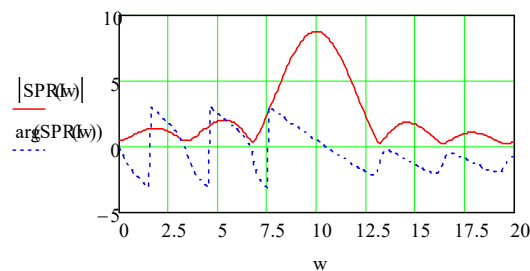
1. Одиночный прямоугольный радиоимпульс.
2. Характеристики периодической последовательности радиоимпульсов.
3. Энергия зондирующего импульса.

Задания для выполнения на занятии

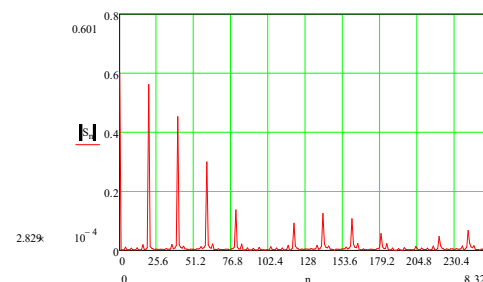
Задание 1. Для видеоимпульса с математической моделью задания 1 построить амплитудно-частотный и фазочастотный спектр сигнала.



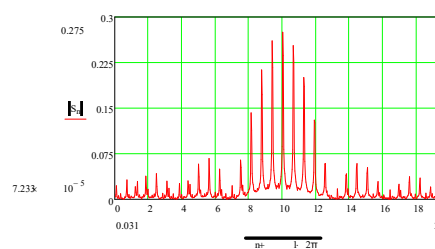
Задание 2. Для видеоимпульса с математической моделью задания 3 построить амплитудно-частотный и фазочастотный спектр сигнала.



Задание 3. Для периодической последовательности видеоимпульсов с математической моделью задания 5 построить амплитудно-частотный спектр сигнала.



Задание 4. Для периодической последовательности радиоимпульсов с математической моделью задания 7 построить амплитудно-частотный спектр сигнала.



Практическое занятие №2. Исследование рассеивающих свойств моделей РЛЦ (6 часов)

Вопросы для подготовки к занятию

1. ЭПР цели увеличилась в 16 раз как изменится дальность действия в активной РЛС с пассивным ответом?
2. В каком из диапазонов длин волн ЭПР истребителя будет наиболее изрезанной.
3. Для чего используются линзы Люнеберга?
4. Причины изрезанности ДОВИ реальных радиолокационных целей?
5. Понятие «блестящей» точки.

Задания для выполнения на занятии

Задание 1. С использованием программы математических расчетов выполнить расчет значения ЭПР идеально проводящей металлической пластины с размером стороны $0,1+0,02*n$, где n номер студента n в списке обучающихся в зависимости от ее ориентации относительно нормали к пластине и построить диаграмму обратного вторичного излучения.

Задание 2. С использованием программы математических расчетов выполнить расчет зависимости ЭПР уголкового отражателя из идеально проводящего уголкового отражателя с прямоугольной гранью с размером стороны $0,1+0,01*n$, где n номер студента n в списке обучающихся при изменении азимутального угла $\pm 45^\circ$ от нормали к уголкового отражателю и построить ДОВИ.

Задание 3. С использованием программы математических расчетов выполнить расчет зависимости ЭПР модели РЛС задание 5 при добавлении доминирующей блестящей точки ровно в центре с ЭПР 10 м^2 и построить ДОВИ.

Практическое занятие №3. *Расчет показателей качества измерителей радиолокационных сигналов. (6 часов)*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Определить время корреляции ЛЧМ-импульса длительностью 10 мкс с девиацией частоты 10 МГц.
2. Определить базу ЛЧМ-импульса длительностью 10 мкс если время корреляции равно 2 мкс.
3. Укажите ошибку в тринадцатипозиционном коде Баркера 11111-1-111-1-1-11. 7. Количественные показатели качества процедуры обнаружения.
4. Правило оптимального обнаружения и обобщенная структура оптимального обнаружителя.
5. Отличие псевдоквадратурной обработки сигналов от квадратурной обработки.

Задания для выполнения на занятии

Задание 1. С использованием программы исследования электронных схем и компонентов собрать модель корреляционного измерителя параметров одиночного прямоугольного радиоимпульса, со случайными параметрами наблюдать огибающую корреляционной функции на выходе коррелятора оценить время корреляции и момент достижения максимума корреляционного интеграла на выходе коррелятора.

Задание 2. С использованием программы исследования электронных схем и компонентов собрать модель фильтрового измерителя параметров одиночного прямоугольного радиоимпульса, со случайными параметрами наблюдать огибающую сигнала на выходе фильтра оценить время корреляции и момент достижения максимума корреляционного интеграла на выходе фильтра.

Практическое занятие № 4 *Расчет импульсных измерителей дальности и радиальной скорости (4 часа)*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Какой параметр модели зондирующего сигнала во временной области влияет на точность измерения дальности?
2. Запишите математическое выражение определяющее потенциальную точность измерения дальности.

Задания для выполнения на занятии

Задание 1. Используя модель следящего импульсного дальномера оценить показатели по точности измерения дальности в зависимости от параметров простого видеоимпульса.

Задание 2. Разработать принципиальную схему пятиканального резонансного аналогового измерителя скорости, создать его модель, подтвердить его работоспособность на модели, оценить точность измерения скорости -10, -5, 0, 5, 10 м/с.

Практическое занятие №5. *Исследование квазиоптимальных фильтров для сложных радиоимпульсов. (6 часов)*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Количественные показатели качества процедуры обнаружения.
2. Правило оптимального обнаружения и обобщенная структура оптимального обнаружителя.
3. Отличие псевдоквадратурной обработки сигналов от квадратурной обработки.

Задания для выполнения на занятии

Задание 1. Выполнить расчеты квазиоптимального фильтра для простого прямоугольного импульса заданной длительности разработать принципиальную схему согласованного фильтра в

форме резонансного усилителя на промежуточной частоте равной 10 МГц, выполненного на биполярном транзисторе при использовании питающего напряжения 24 В плюс источника соединен с корпусом. Создать модель устройства в среде моделирования электронных схем и компонентов и подтвердить показатели обнаружения сигнала на модели.

Задание 2. Выполнить расчеты квазиоптимального фильтра для КФМ импульса заданной длительности, модулированного по 13-ти позиционному коду Баркера, разработать принципиальную схему корреляционного приемника в виде согласованного фильтра, выполненного на многоотводной линии задержки. Создать модель устройства в среде моделирования электронных схем и компонентов и подтвердить показатели обнаружения сигнала на модели.

Практическое занятие №6. Расчет разрешающей способности РЛС. (4 часа)

Вопросы для подготовки к занятию

1. Для зондирования пространства РЛС использует два вида сигналов: простой прямоугольный радиоимпульс длительностью 1 мкс и ЛЧМ сигнал длительностью 10 мкс и базой сигнала равной 5, при использовании какого сигнала потенциальная разрешающая способность РЛС по дальности будет лучше?

2. Для чего в радиолокации применяют критерий Неймана-Пирсона?

3. Какая из величин больше при определении отношения мощностей сигналов на входе приемника 13 дБ или 100?.

Задания для выполнения на занятии

Задание 1. Дано: тип ЗС – ЛЧМ-радиоимпульс, длительность импульса $\tau_{\text{и}} = 50$ мкс, период следования $T_{\text{и}} = 500$ мкс, девиация частоты $\Delta f_{\text{д}} = 5$ МГц, отношение сигнал/шум по мощности $q^2 = 20$ дБ. Найти: минимальную дальность действия РЛС $D_{\text{мин}}$, максимальную однозначно измеряемую дальность действия РЛС $D_{\text{макс}}$, точность измерения дальности σ_D .

Задание 2. Дано: тип ЗС – КФМ-радиоимпульс, длительность дискреты импульса $\tau_{\text{д}} = 1$ мкс, количество дискрет 13, период следования $T_{\text{и}} = 2$ мс, отношение сигнал/шум по мощности $q^2 = 10$ дБ. Найти: минимальную дальность действия РЛС $D_{\text{мин}}$, максимальную однозначно измеряемую дальность действия РЛС $D_{\text{макс}}$, точность измерения дальности σ_D .

Задание 3. Дано: тип ЗС – простой прямоугольный радиоимпульс, длительность импульса $\tau_{\text{и}} = 2$ мкс, период следования $T_{\text{и}} = 2$ мс, отношение сигнал/шум по мощности $q^2 = 20$ дБ. Найти: минимальную дальность действия РЛС $D_{\text{мин}}$, максимальную однозначно измеряемую дальность действия РЛС $D_{\text{макс}}$, точность измерения дальности σ_D .

Самостоятельная работа

1. Подготовка к практическим занятиям включает в себя подготовку ответов на теоретические вопросы к практическим занятиям.

Методические рекомендации для студентов по подготовке к практическому занятию. Подготовка к практическим занятиям предполагает подготовку студентом ответов на теоретические вопросы, перечень которых приведен в планах практических занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем практическом занятии.

1) Изучите материал, соответствующий теме практического занятия, по конспекту соответствующей лекции и одному из учебников, предложенному в списке основной литературы.

2) Найдите в тексте учебника и конспекте лекций ответы на вопросы для подготовки к занятию. Рекомендуется составить краткий конспект по каждому из вопросов.

3) Выучите основные понятия и определения, законы и формулы, соответствующие теме практического занятия.

2. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса

Часть теоретических вопросов курса выносятся на самостоятельное изучение студентами. При самостоятельном изучении вопроса студент должен познакомиться с содержанием соответствующей темы по одному из учебников, указанных в списке основной литературы, при необходимости могут использоваться источники из списка дополнительной литературы, а также рекомендованные ресурсы сети «Интернет». По каждому вопросу необходимо составить конспект, по возможности включающий следующие пункты:

- основные принципы радиотехники положенные в основу построения радиолокационных и радионавигационных систем;
- основные физические законы и математический аппарат используемый при анализе устройств предметной области дисциплины;
- математическая модель применяемые при углубленном изучении описываемого явления и выводы из нее;
- экспериментальная проверка справедливости теории, модели и выводов из нее;
- практическое применение описываемого явления, процесса.

Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время практических занятий и зачета.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Чем определяется ширина главного лепестка ДОВИ прямоугольной пластины?
2. Характеристика модели радиолокационной цели первого вида.
3. Для какой области рассеивания адекватны модели радиолокационной цели первого и второго видов?
4. Зависит ли среднее значение ЭПР радиолокационной цели от интервала усреднения?
5. Почему в радиолокации ЭПР реальных целей описывают с помощью случайных величин?
6. Для зондирования пространства РЛС использует два вида сигналов: простой прямоугольный радиоимпульс длительностью 1 мкс и ЛЧМ сигнал длительностью 10 мкс и базой сигнала равной 5, при использовании какого сигнала потенциальная разрешающая способность РЛС по дальности будет лучше?
7. Для чего в радиолокации применяют критерий Неймана-Пирсона?
8. Какая из величин больше при определении отношения мощностей сигналов на входе приемника 13 дБ или 100?.
9. Понятие зондирующий сигнал.
10. Характеристики периодической последовательности радиоимпульсов.
11. Энергия зондирующего импульса.
12. Постановка задачи обнаружения радиолокационной цели.
13. Критерии Байеса и Неймана-Пирсона.
14. Модели полезного сигнала, соответствующие им достаточные статистики и структуры оптимальных обнаружителей.
15. Назначение и структура многоканального корреляционного обнаружителя.

3. Задачи для самостоятельного решения

Методические рекомендации студенту по самостоятельному выполнению заданий.
Перед выполнением заданий студенту рекомендуется познакомиться с необходимыми физическими теориями и законами, используя материалы лекций (групповых занятий), а также источники из списка основной и дополнительной литературы, ресурсы сети «Интернет».

Выполнение каждого задания должно содержать следующие пункты:

- 1) Краткая запись условия размещается в левом верхнем углу листа и отделяется от основного решения вертикальной линией. В краткую запись включаются буквенные обозначения величин, заданных по условию задачи, и их количественные значения в

единицах СИ. Также в краткую запись условия включаются величины, значения которых необходимо найти по условию для выполнения задания. Неизвестные величины отделяются от известных горизонтальной чертой.

2) Рисунок размещается справа от краткой записи условия. На рисунке необходимо схематически изобразить физическую ситуацию, описываемую в условии задания. Особое внимание следует уделить рисункам к заданиям требующих помимо измерений дополнительных вычислений. По возможности, на рисунке следует указать основные величины, известные по условию задания, а также искомые величины.

3) Анализ условия размещается под рисунком и включает в себя указание тех физических теории и законов, на применении которых основывается выполнение задания. Анализ условия также может включать объяснение явлений и процессов, описываемых в условии задания.

4) Запись необходимых математических соотношений, отражающих физические процессы и законы, используемые при выполнении задания. При записи математических соотношений необходимо следить, чтобы в них входили только известные и искомые физические величины.

5) Решение составленной системы математических уравнений приводится в полном объеме, без сокращений и записей вида «путем несложных математических преобразований получим...».

6) Анализ полученного ответа проводится по нескольким направлениям. Следует проверить единицу измерения полученной величины, проанализировать численное значение на соответствие условию задания и логическую непротиворечивость. После анализа результата, следует записать и проанализировать ответ заданию.

Задача 1. Построить временную диаграмму для одиночного зондирующего сигнала математическая модель которого описывается уравнением следующего вида:

$$U_m(t) = \begin{cases} 5 \cos(314t + \frac{\pi}{2}), & \text{если } 5 \cdot 10^{-6} \leq t \leq 6 \cdot 10^{-6} \\ 0, & \forall t \end{cases} \quad (1)$$

Задача 2. Используя выражения (1) записать математическую модель для периодической последовательности радиоимпульсов с периодом равным 1 мс.

Задача 3. Используя выражения (1) записать математическую модель для периодической последовательности радиоимпульсов с частотой следования импульсов 6280 радиан/с.

Задача 4. Длина полуволнового вибратора равна 1 метр определить циклическую частоту первого резонанса.

Задача 5. Длина полуволнового вибратора равна 1 метр определить уровень излучения по оси вибратора при его ЭПР $0,86 \text{ м}^2$.

Задача 6. Определить потенциальную точность измерения дальности в РЛС использующей КФМ импульс длительностью 13 мкс, модулированного по 13-ти позиционному коду Баркера, амплитудой 5 КВ.

Задача 7. Определить потенциальную точность измерения дальности в РЛС использующей КФМ импульс длительностью 7 мкс, модулированного по 7-ми позиционному коду Баркера, амплитудой 5 КВ.

Задача 8. Изобразить графики плотностей вероятности шумов и смеси сигнал-шум и выставить порог принятия решения о наличии цели по критерию Неймана-Пирсона при условии вероятности ложной тревоги 0,5.

Задача 9. Вероятность обнаружения цели по одному импульсу равна 0.5 определить вероятность обнаружения при приеме 3-х импульсов.

Задача 10. Определить дальность действия РЛС в атмосфере земли на длине волны 0,03 м, по цели с ЭПР 5 м^2 , импульсной мощности зондирующего сигнала 1 МВт, скважности 5000, длительности импульса 3 мкс, чувствительности приемника по мощности 10^{-12} Вт, коэффициент усиления антенны 10^3 .

Задача 11. Определить дальность действия РЛС в свободном пространстве по цели с ЭПР 0.1 м^2 , импульсной мощности зондирующего сигнала 3 МВт, скважности 1000, длительности импульса 5 мкс, чувствительности приемника по мощности 10^{-12} Вт, коэффициент усиления антенны 10^4 .

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

1. Решение задач для самостоятельной работы и во время практических занятий.

Критерии оценивания решения задачи

Показатель	Количество баллов
1) Приведена краткая форма условия задания, включающая перевод единиц измерения в СИ.	0,5
2) Выполнен рисунок к условию задания, на котором обозначены все необходимые физические величины и математические параметры задания	0,5
3) Проведен анализ исходных данных, включающий указание основных физических явлений, о которых идет речь в задании, а также законов физики, положенных в основу выполнения задания	1
4) Записаны аналитические соотношения, используемых при выполнении задания	1
5) Приведена модель с использованием современных моделирующих комплексов и получен численный ответ на вопрос задания	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

Оценка «зачтено» - 3 балла и более; оценка «не зачтено» - менее 3 баллов.

2. Подготовка конспекта по вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение (перечень вопросов курса, выносимых на самостоятельное изучение, приведен в разделе «Самостоятельная работа»).

Критерии оценивания конспектов по прикладным вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение

Показатель	Количество баллов
1) Полнота и глубина изложения ответа (усвоенные теории, понятия, факты)	1
2) Логика изложения материала	1
3) Примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике	1
4) Использование при подготовке ответа на вопрос дополнительных источников информации	1
5) Оформление работы	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

Оценка «зачтено» - 3 балла и более; оценка «не зачтено» - менее 3 баллов.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации **Критерии выставления зачета.**

Отметка «зачтено» выставляется студенту, который в течение семестра:

1. Посещал лекционные, практические занятия (при наличии пропусков занятий – предоставил преподавателю все выполненные задания по теме занятия).
 2. Не имеет оценок «не зачтено» по итогам работы на практических занятиях.
 3. Не имеет оценок «не зачтено» по итогам выполнения заданий для самостоятельной работы.
- Зачет выставляется студенту при выполнении всех указанных критериев.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Шпенст В.А. Радиолокационные системы и комплексы: учебник / В.А. Шпенст. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2016. – 399 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/78141.html>.
2. Радиолокационные системы: учебное пособие / В. В. Ахияров, С. И. Нефедов, А. И. Николаев [и др.]; под редакцией А. И. Николаева. – М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018. – 352 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/94094.htm>.
3. Общая теория радиолокации и радионавигации. Распространение радиоволн: учебник / А. Н. Фомин, В. А. Копылов, А. А. Филонов, А. В. Андронов; под редакцией А. Н. Фомина. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. – 318 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/84268.html>.

7.2 Дополнительная литература

1. Данилов С.Н. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: учебное пособие / С.Н. Данилов, А.В. Иванов.– Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. – 89 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/85976.htm>.
2. Радиолокация для всех / В. С. Верба, К. Ю. Гаврилов, А. Р. Ильчук [и др.]; под редакцией В. С. Вербы. – Москва: Техносфера, 2020. – 504 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/99105.html>.
3. Белоус А. И. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. В 2-х книгах. Кн. 1: техническая энциклопедия / А. И. Белоус, Мерданов К. М., С. В. Шведов. – М.: Техносфера, 2021. – 782 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/108029.htm>.
4. Белоус, А. И. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. В 2-х книгах. Кн. 2: техническая энциклопедия / А. И. Белоус, Мерданов К. М., С. В. Шведов. — 3-е изд. — М.: Техносфера, 2021. – 702 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/108030.html>.
5. Белоус А. И. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. В 2-х книгах. Кн. 2: техническая энциклопедия / А. И. Белоус, Мерданов К. М., С. В. Шведов. – М.: Техносфера, 2021. – 702 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/108030.html>.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <https://www.iprbookshop.ru> – Электронно-библиотечная система IPR BOOKS.
2. <http://school-collection.edu.ru/> – Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов.

3. <http://fcior.edu.ru/> – Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР).
4. Пакет схематического моделирования цифровых, аналоговых и аналогово-цифровых электронных схем высокой сложности: https://cxem.net/software/electronics_workbench.php.
5. Онлайн-инструмент для создания схем и печатных плат: <https://easyeda.com/ru>.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Каталог ГОСТ: радиотехнические материалы: <https://internet-law.ru/gosts/2814/>.
2. Справочник по радиокомпонентам отечественного производства: <https://radio-komplekt.ru/handbook.php>.
3. Технический справочник радиодеталей: <https://radiosvod.ru/>.
4. Справочник по микроконтроллерам: <https://www.radioman-portal.ru/sprav/microcontrollers/>.
5. Информационно-поисковый портал по электронике: <http://radionet.com.ru/>.
6. Реестр Федерального института промышленной собственности: <https://www1.fips.ru/register-web/>.
7. Сервер CHIPINFO: база данных по электронным компонентам: <http://www.chipinfo.ru/>.
8. QRZ.RU: технический портал – Сайт для радиолюбителей: <https://www.qrz.ru/beginners/>.
9. Журнал сетевых решений LAN: <https://www.osp.ru/lan>
10. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: <http://xn---8sbnaarbidfksmiphlmncml9b0i.xn--p1ai/>.

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, мультимедиапроектором, ноутбуком, колонками, интерактивной доской.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, оснащенная стандартной учебной мебелью, компьютерами, интерактивной доской, мультимедийным проектором.

Оборудование:

- генераторы сигналов для демонстрации радиолокационных зондирующих сигналов и осциллографы для их наблюдения и измерения параметров;
- прибор комбинированный ампервольтметр для контроля технических характеристик радиотехнических устройств;
- осциллограф для контроля временных параметров радиолокационных и радионавигационных устройств;
- узлы и компоненты радиолокационных и радионавигационных систем (устройства электропитания, формирователи зондирующих сигналов, ультразвуковые линии задержки, преобразователи сигналов, усилители сигналов, детекторы);
- набор электронных компонентов (резисторы различных номиналов, переменные резисторы, конденсаторы полярные и неполярные, катушки индуктивности и дроссели, электронные лампы, проходные конденсаторы, полупроводниковые диоды, стабилитроны и тиристоры, светоизлучающие диоды, транзисторы, оптроны, интегральные микросхемы и процессоры).
- измерительные приборы (аналоговые и цифровые, амперметры и вольтметры, ваттметры, мегометры, осциллографы, характериографы, анализаторы спектра).

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Программный комплекс «ElectronicsWorkbench» (свободная лицензия).

EasyEDA - онлайн-инструмент для создания схем и печатных плат (свободная лицензия).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022