Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.11.2026 18:40:57
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

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

Кафедра радиотехники

«Утверждаю»
Проректор по учебно-методической
деятельности
_____Ю.А. Устименко
«25» декабря 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.04.02Средства РЭБ в радиолокации и радионавигации

Направление подготовки**01.04.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль) **Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов**
Форма обучения:очная
Курс – 2
Семестр – 3
Всего зачетных единиц – 2; часов – 72
Форма отчетности: зачет – 3 семестр.

Программу разработал: кандидат технических наук П.А. Жигунов

Одобрена на заседании кафедры
«02» сентября 2025 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой _____ А.В. Зайцев

Смоленск
2025

1.Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Средства РЭБ в радиолокации и радионавигации» является дисциплиной по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы по направлению подготовки01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность (профиль) – Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов).

Для освоения дисциплины «Средства РЭБ в радиолокации и радионавигации» студент должен обладать базовыми знаниями, умениями и навыками, полученными в результате изучения школьного курса физики и математики и дисциплин подготовки бакалавра в области радиотехники.

Изучение дисциплины «Средства РЭБ в радиолокации и радионавигации» позволяет создать условия, необходимые для формирования у студентов современного естественнонаучного мировоззрения и целостной научной картины мира, а также заложить фундамент для более глубокого понимания и осмысленного применения специальных знаний в различных областях науки. В результате изучения дисциплины «Средства РЭБ в радиолокации и радионавигации» студенты приобретают знания, умения и навыки, необходимые для автоматизированного проектирования радиоэлектронных систем, разработки нормативно-технической документации для создания проектов современных радиоэлектронных устройств.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-2. Способен проектировать программное и информационное обеспечение, вычислительные модели и модели данных для реализации элементов новых (или известных) программных продуктов в области цифровых радиотехнических систем и комплексов	**Знает:** структуру программного обеспечения, основные требования к его проектированию, методики разработки и анализа блок-схем алгоритмов, современные языки программирования, технологии программирования. **Умеет:** проектировать программное и информационное обеспечение в области цифровых радиотехнических систем и комплексов, формулировать требования к программным продуктам, создавать блок-схемы алгоритмов функционирования разрабатываемых программных продуктов, оценивать их вычислительную сложность. **Владеет:** методами и приемами формализации и алгоритмизации поставленных проектных задач по созданию программного обеспечения.
ПК-3. Способен разрабатывать программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов	**Знает:** архитектуру аппаратной платформы, синтаксис, принципы и особенности программирования (в том числе кроссплатформенного, распределенного и параллельного программирования), стандартные библиотеки выбранного языка программирования, стандарты реализации интерфейсов устройств, технологии разработки и отладки программных продуктов, принципы информационного построения сетевого взаимодействия, методики тестирования программного обеспечения. **Умеет:** использовать методы и приемы формализации и алгоритмизации поставленных задач, применять выбранный язык программирования для написания программного кода, осуществлять отладку программного обеспечения. **Владеет:** основными методами и приемами разработки и отладки программных продуктов.

3. Содержание дисциплины

Теоретико-методологические основы РЭБ

Введение в радиоэлектронную борьбу. Основные понятия и терминология РЭБ. Содержание, цели и задачи РЭБ. Классификация средств РЭБ (средства РЭР, РЭП, РЭЗ). Информационные, энергетические, оперативно-тактические и военно-технические критерии эффективности.

Радиоэлектронная разведка (РЭР) как основа РЭБ. Виды РЭР (радиотехническая, радиолокационная и др.). Задачи РЭР в интересах радиолокации и радионавигации. Основные технические конфигурации систем РЭР.

Методы разведки параметров РЭС. Обнаружение и пеленгация источников излучения: амплитудные и фазовые методы. Поисковые и беспоисковые методы измерения частоты. Определение местоположения источников излучения (пеленгация, разностно-дальномерные методы). Анализ структуры сигналов.

Средства радиоэлектронного подавления (РЭП)

Активные помехи радиолокационным системам. Классификация помех (маскирующие, имитирующие, дезинформирующие). Виды активных помех: шумовые (прямошумовые, АМ-, ЧМ-, ФМ-шум), импульсные (хаотические, ответные). Принципы построения передатчиков помех.

Энергетические основы РЭП. Уравнение радиоэлектронного подавления. Энергетические соотношения в свободном пространстве. Понятие зоны подавления и ее границы. Факторы, влияющие на эффективность подавления (взаимное расположение, диаграммы направленности, мощность).

Пассивные помехи и маскировка. Пассивные помехи: дипольные отражатели, уголковые отражатели (деугранные, трехгранные), линзовые отражатели, усилители-ретрансляторы. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР). Расчет ЭПР тел простой формы и дипольных облаков.

Радиоэлектронная маскировка объектов. Методы снижения заметности (технология "Stealth"): выбор формы объекта, радиопоглощающие материалы (РАП) и покрытия (интерференционные, градиентные), неотражающие структуры. Постановка ложных целей и радиолокационных ловушек.

Помехозащита и особенности РЭБ в конкретных системах

Помехозащита радиолокационных систем. Принципы помехоустойчивости РЛС. Анализ помехозащищенности при воздействии организованных помех. Методы защиты: селекция движущихся целей (СДЦ), внутриимпульсная модуляция, адаптивная пространственно-временная обработка сигналов.

Особенности РЭБ в радионавигационных системах. Принципы работы спутниковых радионавигационных систем (GPS, ГЛОНАСС). Уязвимые места СРНС. Виды помеховых воздействий на СРНС (заградительные, подавление отдельных элементов, спуфинг). Методы защиты навигационных приемников.

Комплексные системы и перспективы развития РЭБ

Современные комплексы РЭБ. Структура и состав автоматизированных комплексов РЭБ (на примере комплексов серии Р-330, Р-378). Взаимодействие подсистем разведки, подавления и управления. Тактико-технические характеристики и области применения.

Перспективные направления развития средств РЭБ. Когнитивное радио в РЭБ. Использование беспилотных платформ. Электромагнитное оружие и средства защиты от него. Киберпространство как новая среда ведения РЭБ (компьютерные вирусы, атаки на информационные сети). Развитие методов радиоэлектронной маскировки.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1 семестр						
1.	**Теоретико-методологические основы РЭБ**	**14**	**4**	**-**	**2**	**8**
1.1	Введение в радиоэлектронную борьбу	6	2	-	-	4
1.2	Радиоэлектронная разведка (РЭР) как основа РЭБ. Методы разведки параметров РЭС.	8	2	-	2	4
2.	**Средства радиоэлектронного подавления (РЭП)**	**30**	**4**	**-**	**6**	**20**
2.1	Активные помехи радиолокационным системам. Энергетические основы РЭП.	16	2	-	4	10
2.2	Пассивные помехи и маскировка. Радиоэлектронная маскировка объектов.	14	2	-	2	10
3.	**Помехозащита и особенности РЭБ в конкретных системах**	**16**	**4**	**-**	**4**	**8**
3.1	Помехозащита радиолокационных систем	8	2	-	2	4
3.2	Особенности РЭБ в радионавигационных системах	8	2	-	2	4
4.	**Комплексные системы и перспективы развития РЭБ**	**12**	**2**	**-**	**2**	**8**
4.1	Современные комплексы РЭБ	5	1	-	-	4
4.2	Перспективные направления развития средств РЭБ	7	1	-	2	4
	ИТОГО	**72**	**14**	**-**	**14**	**44**

5. Виды учебной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция № 1.*Введение в радиоэлектронную борьбу. Основные понятия и терминология РЭБ.* Содержание, цели и задачи радиоэлектронной борьбы (РЭБ).Классификация средств РЭБ: средства радиоэлектронной разведки (РЭР), радиоэлектронного подавления (РЭП) и радиоэлектронной защиты (РЭЗ).Критерии эффективности РЭБ: информационные, энергетические, оперативно-тактические и военно-технические.

Лекция № 2. *Радиоэлектронная разведка (РЭР) как основа РЭБ.* Виды РЭР: радиотехническая, радиолокационная и другие. Задачи РЭР в интересах радиолокации и радионавигации. Основные технические конфигурации систем РЭР. Методы разведки параметров радиоэлектронных средств (РЭС): обнаружение, пеленгация (амплитудные и фазовые методы), измерение частоты, определение местоположения, анализ структуры сигналов.

Лекция № 3. *Активные помехи радиолокационным системам.* Классификация активных помех: маскирующие, имитирующие, дезинформирующие. Виды активных помех: шумовые (прямошумовые, с модуляцией), импульсные (хаотические, ответные). Принципы построения передатчиков помех. Энергетические основы РЭП: уравнение подавления, зона подавления, факторы эффективности.

Лекция № 4.*Пассивные помехи и радиоэлектронная маскировка.* Виды пассивных помех: дипольные отражатели, уголковые отражатели, линзовые отражатели, усилители-ретрансляторы. Понятие и расчет эффективной площади рассеяния (ЭПР). Методы снижения заметности объектов (технология "Stealth"): выбор формы, радиопоглощающие материалы и покрытия. Постановка ложных целей и радиолокационных ловушек.

Лекция № 5.*Помехозащита радиолокационных систем.* Принципы помехоустойчивости радиолокационных станций (РЛС). Анализ помехозащищенности при воздействии организованных помех. Методы защиты РЛС: селекция движущихся целей (СДЦ), внутриимпульсная модуляция, адаптивная пространственно-временная обработка сигналов.

Лекция № 6. *Особенности РЭБ в радионавигационных системах.* Принципы работы спутниковых радионавигационных систем (СРНС): GPS, ГЛОНАСС. Уязвимые места СРНС. Виды помеховых воздействий на СРНС: заградительные, избирательные, спуфинг. Методы защиты навигационных приемников.

Лекция № 7,8. *Современные комплексы РЭБ.Перспективные направления развития средств РЭБ.*Структура и состав автоматизированных комплексов. Взаимодействие подсистем разведки, подавления и управления. Тактико-технические характеристики и области применения современных комплексов РЭБ.Применение когнитивного радио и беспилотных платформ в РЭБ. Электромагнитное оружие и средства защиты от него. Киберпространство как новая среда ведения РЭБ: компьютерные вирусы, атаки на информационные сети. Развитие методов радиоэлектронной маскировки.

Занятия семинарского типа (лабораторные занятия)

Лабораторная работа № 1. *Исследование амплитудного метода пеленгации (на примере модели Н-образной антенны)*

Цели работы:

- Экспериментально и теоретически исследовать диаграмму направленности Н-образной антенны и принцип амплитудного пеленгования.
- Оценить точность и неоднозначность метода.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер, ПО: MATLAB, Simulink. 2 антенны УКВ-диапазона, SDR-приемник, генератор сигналов.

Задания:

1. Рассчитать и построить диаграмму направленности (ДН) Н-образной антенны.
2. В среде Simulink собрать модель амплитудного пеленгатора.
3. Подать на модель сигнал с изменяющимся углом прихода. Снять зависимость напряжения на выходе каналов (X, Y) и результирующего угла от истинного угла прихода.
4. Определить зону однозначного пеленгования и оценить среднеквадратическую ошибку определения направления.
5. Провести натурный эксперимент с двумя антеннами, подтвердив форму ДН.

Контрольные вопросы:

1. Объясните физический принцип работы Н-образной антенны.
2. В чем заключаются достоинства и недостатки амплитудного метода пеленгации?
3. Что такое "зона однозначности" и от каких параметров антенны она зависит?
4. Какие факторы в реальной системе могут привести к ошибкам пеленгования?

Лабораторная работа № 2. *Моделирование и анализ энергетических соотношений при создании активных помех*

Цели работы:

– Освоить методику расчета основных энергетических соотношений в радиолокационном канале и построения зоны подавления РЛС.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер, ПО: Mathcad или MATLAB.

Задания:

1. Используя уравнение радиолокации и уравнение РЭП, вывести формулу для коэффициента подавления.
2. Создать программу для расчета дальности действия РЛС (D_рлс) и дальности эффективного подавления (D_пп).
3. Построить графики зависимостей D_рлс и D_пп от ЭПР цели и мощности передатчика помех.
4. Рассчитать и графически отобразить в полярных координатах зону подавления для заданных тактико-технических характеристик РЛС и станции помех.
5. Проанализировать, как изменение каждого параметра (мощность, усиление антенн, ЭПР) влияет на конфигурацию зоны подавления.

Контрольные вопросы:

1. Запишите уравнение радиолокации и уравнение РЭП. Дайте пояснение каждому параметру.
2. Что такое "коэффициент подавления" и каким он должен быть для эффективной работы?
3. Как взаимное расположение РЛС, цели и постановщика помех влияет на энергетические соотношения?
4. Почему для подавления малозаметных целей (с малой ЭПР) требуется меньшая мощность помех?

Лабораторная работа № 3. *Синтез и анализ спектров активных помех радиолокационным станциям*

Цели работы:

– Изучить виды активных помех и их спектральные характеристики. Освоить методы их генерации и анализа.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер, ПО: MATLAB, Simulink. генератор сигналов, спектроанализатор.

Задания:

1. Сгенерировать последовательности детерминированных и шумовых сигналов: прямошумовая помеха, АМ-шум, ЧМ-шум, пачка импульсов.
2. Рассчитать и построить амплитудные спектры полученных сигналов.
3. Оценить ширину спектра и эффективность перекрытия полосы частот РЛС для каждого типа помехи.
4. Создать модель генератора хаотических импульсных помех.
5. Исследовать влияние параметров помех (длительность, период следования, девиация частоты) на их спектральные характеристики.

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию активным помехам по механизму воздействия и по способу генерации.
2. Какой тип помех наиболее эффективен против доплеровских РЛС? Почему?
3. Чем отличается спектр импульсной помехи от спектра шумовой?
4. Что такое "коэффициент расширения спектра" при ЧМ и как он влияет на помехозащищенность?

Лабораторная работа № 4.*Расчет эффективной площади рассеяния (ЭПР) простых объектов и дипольных отражателей*

Цели работы:

– Освоить методику расчета ЭПР тел простой геометрической формы и облака дипольных отражателей.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер, ПО: Mathcad.

Задания:

1. Рассчитать ЭПР для моделей: металлическая сфера, прямоугольная пластина, цилиндр.
2. Построить графики зависимости ЭПР от частоты зондирующего сигнала или от угла облучения.
3. Рассчитать ЭПР полуволнового вибратора (диполя).
4. Рассчитать ЭПР облака дипольных отражателей для заданной плотности диполей и объема пространства.
5. Сравнить ЭПР облака диполей с ЭПР реальной цели (самолета) и сделать вывод об эффективности пассивной помехи.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение ЭПР. От каких факторов она зависит?
2. Почему ЭПР сферы не зависит от частоты и направления облучения?
3. Как и почему изменяется ЭПР пластины в зависимости от угла облучения?
4. Как зависит ЭПР облака диполей от длины волны и плотности дипольных отражателей?

Лабораторная работа № 5.*Исследование эффективности селекции движущихся целей (СДЦ) при воздействии пассивных помех*

Цели работы:

- Смоделировать алгоритм СДЦ и исследовать его эффективность против пассивных и когерентных помех.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер, ПО: MATLAB, Simulink.

Задания:

1. Создать модель одноканальной когерентно-импульсной РЛС.
2. Реализовать в модели простейший компенсатор (вычитатель) пассивных помех (чересперiодная компенсация).
3. Промоделировать обстановку: неподвижные объекты (помехи) + движущаяся цель.
4. Оценить эффективность компенсатора по ослаблению пассивных помех и сохранению сигнала от движущейся цели.
5. Промоделировать воздействие когерентной ответной помехи, согласованной по доплеровскому сдвигу с целью. Оценить эффективность СДЦ в данном случае.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается физический принцип селекции движущихся целей?
2. Почему СДЦ не эффективна против неподвижных и медленно движущихся целей?
3. Какие виды помех могут эффективно подавлять СДЦ и почему?
4. Что такое "слепая скорость" и как с ней борются в современных РЛС?

Лабораторная работа № 6.*Анализ уязвимостей и моделирование помех в спутниковой радионавигации*

Цели работы:

- Исследовать структуру сигналов GPS L1 C/A и смоделировать воздействие помех на приемник.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер, ПО: MATLAB, Simulink, GNSS-SDR, SDR-приемник.

Задания:

1. Сгенерировать упрощенную модель сигнала GPS L1 C/A с псевдослучайным кодом.
2. Рассчитать и построить его автокорреляционную функцию (АКФ). Объяснить ее значение для помехоустойчивости.
3. Смоделировать воздействие на сигнал узкополосной и широкополосной помехи.

4. Оценить, как соотношение мощностей сигнал/помеха (J/S) влияет на возможность захвата и слежения за сигналом по результатам искажения АКФ.

5. Принять реальные сигналы GPS, зарегистрировать их и попытаться подавить программным генератором помех.

Контрольные вопросы:

1. На каких принципах основана помехозащищенность спутниковых навигационных систем?
2. Чем опасна узкополосная помеха для приемника СРНС?
3. Что такое "спуфинг" и чем он отличается от "джамминга"?
4. Почему для эффективного подавления GPS требуется значительная мощность помех?

Лабораторная работа № 7.*Разработка алгоритма простейшей когнитивной системы радиоэлектронной борьбы*

Цели работы:

- Спроектировать и промоделировать базовый алгоритм адаптивной системы РЭБ.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер, ПО: MATLAB, Simulink.

Задания:

1. Разработать структурную схему системы: приемный канал -> блок анализа спектра -> блок принятия решения -> управляемый генератор помех.
2. Реализовать модель системы. В качестве обнаруживаемого сигнала использовать АМ- или ЧМ-сигнал.
3. Задать алгоритм работы: система должна обнаружить сигнал, оценить его несущую частоту и перестроить генератор помех на эту частоту.
4. Оценить быстродействие системы (время от обнаружения до подавления).
5. Исследовать эффективность подавления в зависимости от точности подстройки частоты и ширины спектра помехи.

Контрольные вопросы:

1. Что такое "когнитивная петля" в системах РЭБ?
2. Какие параметры сигнала, кроме несущей частоты, могут анализироваться для повышения эффективности?
3. В чем преимущества и недостатки адаптивных систем РЭБ по сравнению с системами с заранее заданными параметрами?
4. Назовите основные технические проблемы на пути реализации таких систем.

Самостоятельная работа

1. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.

Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям. Подготовка к лабораторным занятиям включает в себя изучение теоретического материала по теме занятия, подготовку ответов на вопросы к защите лабораторной работы, а также, в случае необходимости, обработку результатов измерений и вычисление погрешностей. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы приведены в планах лабораторных занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем лабораторном занятии.

Выполнение лабораторной работы включает в себя три основных этапа:

1) *Самостоятельная подготовка студента к выполнению лабораторной работы*. На данном этапе студент самостоятельно изучает методические указания по выполнению лабораторной работы, учебную литературу по теме лабораторной работы, выполняет заготовку отчета и изучает программы автоматизации проектирования.

2) *Выполнение лабораторной работы (проведение эксперимента) и обработка экспериментальных данных*. На данном этапе студент получает допуск к выполнению лабораторной работы и проводит эксперимент, занося полученные данные в заготовку отчета.

Все результаты моделирования и проектирования обязательно контролируются преподавателем, который отмечает их правильность своею подписью в отчете. Затем студент самостоятельно проводит необходимый анализ, а при необходимости обработку результатов эксперимента и на основании полученных данных делает вывод о достижении цели лабораторной работы.

3) *Защита лабораторной работы* включает в себя проверку преподавателем письменного отчета студента о выполненной лабораторной работе, а также беседу преподавателя со студентом по вопросам, касающимся теории изучаемого явления, методики проведения моделирования или автоматизированного проектирования, обработки полученных экспериментальных данных.

2. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса

Часть теоретических вопросов курса выносится 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:

– краткая история развития, появления технологии или её текущее состояние в мире и в России;

– основные ключевые понятия, принципы действия, физические и математические основы рассматриваемого явления или технологии;

– основныеформулы, уравнения, критерии оценки, используемые для описания и анализа процесса;

– основные параметры, характеристики, показатели эффективности (тактической, энергетической, информационной);

– конкретные примеры систем, комплексов, технических решений, тактических приемов;

– направления развития и проблемы внедрения и пути их решения.

Студент выбирает для самостоятельного изучения 10 вопросов из представленного перечня. Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время лабораторных занятий и зачета.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Эволюция теоретических основ РЭБ: от постановки пассивных помех до когнитивного радиоэлектронного подавления.
2. Математические модели в РЭБ: обзор и сравнительный анализ моделей описания помех, подавления и помехозащищенности.
3. Сравнительный анализ информационных критериев эффективности РЭП и их применение для оценки конкретных типов РЭС (на примере РЛС обзора и систем связи).
4. Оперативно-тактические критерии оценки эффективности комплексов РЭБ. Методики их расчета.
5. Системный подход к проектированию комплексов РЭБ. Анализ требований и ограничений.
6. Беспоисковые методы измерения частоты излучения РЭС: принципы работы, достоинства, недостатки, точность.
7. Фазовые методы пеленгации: теоретические основы, реализация в современных системах пеленгации, проблемы однозначности.
8. Разностно-дальномерные методы определения координат источников излучения. Точность и способы её повышения.
9. Методы и средства анализа структуры сложных сигналов РЭС (ЛЧМ, ФКМ, ШПС) в интересах РЭР.

10. Принципы построения и функционирования многопозиционных систем радиотехнической разведки.

11. Принципы построения и сравнительный анализ передатчиков шумовых помех с различными видами модуляции (АМ, ЧМ, ФМ).

12. Теория и практика применения хаотических импульсных помех для подавления РЛС с сложными видами зондирующих сигналов.

13. Ответные помехи: принцип действия, способы запоминания и трансляции сигналов, современные технические реализации.

14. Методика компьютерного моделирования зоны подавления РЛС с использованием уравнения РЭП (на примере ПО Mathcad или MATLAB). Анализ чувствительности границ зоны к изменению ключевых параметров.

15. Методика расчета эффективной площади рассеяния (ЭПР) облака дипольных отражателей. Оптимизация параметров пассивной помехи.

16. Технология «Stealth»: физические принципы снижения ЭПР, классификация радиопоглощающих материалов и покрытий.

17. Постановка ложных целей и радиолокационных ловушек: тактико-технические требования и современные образцы.

18. Перспективные алгоритмы селекции движущихся целей (СДЦ) на фоне пассивных помех: адаптивная компенсация, методы на основе теории идентификации. Анализ их уязвимости к новым видам помех.

19. Анализ уязвимостей спутниковых радионавигационных систем (GPS, ГЛОНАСС) к различным видам помеховых воздействий.

20. Спуфинг (увод) навигационных приемников: принципы, техническая реализация и методы защиты.

21. Электромагнитное оружие: виды, принципы действия, поражающие факторы, средства защиты РЭС.

22 Кибер-РЭБ: компьютерные вирусы и атаки на информационные сети и системы управления как новая составляющая РЭБ.

23. Тактика применения комплексов РЭБ в различных видах боевых действий. Взаимодействие с прикрываемыми подразделениями и другими средствами.

24. Когнитивное радио в РЭБ: концепция, архитектура систем, преимущества и проблемы реализации.

25. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в качестве носителей средств РЭБ: тактические схемы применения и перспективы развития.

26. Сквозное проектирование средств РЭБ с использованием современных САПР (на примере MATLAB, Simulink, AltiumDesigner).

27. Перспективные направления развития средств РЭБ: адаптивные системы, AI-управление, гибридные виды подавления.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

1. 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) Соответствие представленного материала поставленному вопросу	1
2) Полнота изложения ответа (представлены все необходимые теории, понятия, факты и пр.)	1

3) Логика изложения материала (материал выстроен в логической последовательности, соблюдается схема причина – следствие, предпосылка – вывод)	1
4) Глубина изложения ответа (представлены не только основные положения теорий и законы, но и получены и обоснованы выводы из них)	1
5) Конспект сопровождается рисунками и схемами, необходимыми для пояснения теоретических положений	1
6) Приведены примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике	1
7) При подготовке ответа на вопрос использованы дополнительные источники информации	1
8) Работа оформлена грамотно, не содержит опечаток и ошибок, форматирование текста соответствует общепринятым требованиям	1
9) Представлен краткий устный доклад на практическом занятии по вопросу, выносимому на самостоятельное изучение	1
10) Студент ответил на дополнительные вопросы преподавателя по конспекту	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5 баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

2. Выполнение и защита лабораторной работы (задания к лабораторным занятиям и вопросы для защиты приведены в планах лабораторных занятий)

Критерии оценивания лабораторной работы

Показатель	Количество баллов
1) Лабораторная работа выполнена вовремя на соответствующем занятии в соответствии расписанием	1
2) По результатам выполнения лабораторной работы получены корректные результаты и данные	1
3) Отчет по лабораторной работе соответствует шаблону и содержит все необходимые пункты	1
4) Отчет по лабораторной работе включает в себя результаты моделирования по всем обязательным пунктам задания	1
5) Отчет по лабораторной работе содержит все необходимые чертежи и графики	1
6) Лабораторная работа выполнена студентом самостоятельно	1
7) На защите лабораторной работы студент дал правильные и полные ответы на поставленные преподавателем контрольные вопросы (4 вопроса	1* 4 вопроса
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» – 3 балла и более по результатам выполнения лабораторной работы (п.1-6 критериев оценивания) и 3 балла и более по результатам защиты лабораторной работы (п. 7 критериев оценивания), оценка «не зачтено» - менее 3 баллов по результатам выполнения лабораторной работы и/или менее 3 баллов по результатам защиты лабораторной работы.

3. Тест

1. Критерий Неймана-Пирсона оптимален, так как он:

a) Минимизирует средний риск

b) Максимизирует вероятность правильного обнаружения при фиксированной вероятности ложной тревоги

c) Не требует задания порога обнаружения
d) Учитывает априорные вероятности гипотез

2. Вероятность P(H0|H1) соответствует:
a) Правильному обнаружению
b) Ложной тревоге
c) Пропуску цели
d) Правильному необнаружению

3. Пассивные помехи создаются:
a) Излучением электромагнитных волн станцией помех
b) Переизлучением зондирующего сигнала различными объектами
c) Генерацией шумового сигнала в приемнике
d) Интерференцией прямого и отраженного сигналов

4. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) характеризует:
a) Мощность передатчика РЛС
b) Способность объекта отражать электромагнитную энергию
c) Чувствительность приемника РЛС
d) Ширину диаграммы направленности антенны

5. Для борьбы с пассивными помехами наиболее эффективно применение:
a) Систем селекции движущихся целей (СДЦ)
b) Увеличения мощности передатчика
c) Широкополосной модуляции сигнала
d) Узкополосных режекторных фильтров

6. Эффект "слепых" скоростей возникает в системах с СДЦ из-за:
a) Недостаточной мощности передатчика
b) Периодичности характеристики режекторного фильтра
c) Низкой частоты повторения импульсов
d) Большой длительности зондирующих импульсов

7. Дипольные отражатели эффективны, когда их длина составляет:
a) $\lambda/8$
b) $\lambda/2$
c) λ
d) 2λ

8. К активным помехам относятся:
a) Отражения от подстилающей поверхности
b) Ответные и шумовые помехи
c) Отражения от гидрометеоров
d) Интерференционные искажения

9. Уравнение радиолокации определяет зависимость мощности принятого сигнала от:
a) ЭПР цели, дальности до цели, параметров РЛС
b) Скорости цели и угла визирования
c) Температуры приемника и шумовой полосы
d) Мощности помех и коэффициента подавления

10. Зона подавления РЛС определяется из условия:
a) Равенства мощностей сигнала и шума
b) Превышения мощности помехи над мощностью сигнала в K раз
c) Сравнения амплитуд сигналов в различных каналах
d) Анализа доплеровского спектра отражений

11. Помехозащищенность РЛС может быть повышена за счет:
a) Использования сложных сигналов и адаптивной пространственной обработки
b) Увеличения длительности зондирующих импульсов
c) Уменьшения частоты повторения импульсов
d) Сужения диаграммы направленности антенны

12. Когерентная РЛС позволяет:
a) Увеличить мощность передатчика
b) Измерять радиальную скорость цели
c) Улучшить разрешающую способность по дальности
d) Упростить конструкцию приемного устройства

13. Вероятность правильного обнаружения зависит от:
a) Отношения сигнал/шум и выбранного порога обнаружения
b) Только от мощности передатчика
c) Только от ЭПР цели
d) Только от чувствительности приемника

14. Ложные цели предназначены для:
a) Увеличения ЭПР защищаемого объекта
b) Имитации реальных целей и создания перегрузки системы обработки
c) Подавления приемных устройств РЛС
d) Создания дополнительных отражений сигнала

15. Радиопоглощающие материалы работают на основе:
a) Преобразования электромагнитной энергии в тепловую
b) Усиления отраженного сигнала
c) Изменения поляризации отраженного сигнала
d) Создания деструктивной интерференции

16. Спутниковые навигационные системы уязвимы к:
a) Спуфинг-воздействиям и созданию заградительных помех
b) Только пассивным помехам
c) Только активным шумовым помехам
d) Только ответным помехам

17. Электромагнитное оружие воздействует на РЭС путем:
a) Создания мощного электромагнитного импульса
b) Генерации узкополосных помех
c) Создания пассивных помех
d) Изменения параметров сигналов

18. Современные комплексы РЭБ характеризуются:
a) Автоматизацией процессов разведки и подавления
b) Ручным управлением всеми процессами
c) Узкополосностью воздействия

d) Отсутствием обратной связи

19. Критерий минимаксного риска применяется когда:
a) Априорные вероятности гипотез неизвестны
b) Известны априорные вероятности гипотез
c) Требуется минимизировать вероятность ложной тревоги
d) Необходимо максимизировать вероятность обнаружения

20. Адаптивная пространственная обработка позволяет:
a) Формировать нули диаграммы направленности в направлении источников помех
b) Увеличивать мощность передатчика
c) Уменьшать длительность зондирующих импульсов
d) Упрощать алгоритмы обработки сигналов

Критерии оценивания теста:
10 баллов – 96% и более правильных ответов
9 баллов – 91-95% правильных ответов
8 баллов – 86 – 90% правильных ответов
7 баллов – 81-85% правильных ответов
6 баллов – 76-80% правильных ответов
5 баллов – 71-75% правильных ответов
4 балла – 66-70% правильных ответов
3 балла – 61-65% правильных ответов
2 балла – 56-60% правильных ответов
1 балл – 51-55% правильных ответов
0 баллов – менее 51% правильных ответов

Зачтено – 4 балла и более
Не зачтено – менее 4 баллов

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации – **зачет**

Для определения уровня сформированности компетенций применяется процедура независимой оценки. Независимая оценка уровня сформированности компетенций осуществляется комиссией (с возможностью привлечения внешних экспертов со стороны работодателей). В состав комиссии входят 3 преподавателя: заведующий кафедрой – председатель комиссии и независимый эксперт, преподаватель, ведущий лабораторные занятия по дисциплине «Средства РЭБ в радиолокации и радионавигации», преподаватель кафедры – независимый эксперт. Зачет проходит в форме просмотра портфолио.

Требования к структуре и содержанию портфолио

Портфолио студента включает в себя следующие виды деятельности и их оценки:

№ п/п	Вид деятельности	Количество заданий	Пороговая оценка	Максимальная оценка
1.	Конспекты ответов на вопросы, выносимые на самостоятельное обучение	10 вопросов	50	100
2.	Выполнение и защита	7 лабораторных	42	70

	лабораторной работы	работ		
3.	Пройденный тест	1 тест	4	10

Критерии и показатели оценивания портфолио по уровням

Уровень	Критерии и показатели оценивания
10 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 93-100% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
9 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 86-92% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
8 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 79-85% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
7 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 71-78% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
6 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 64-70% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
5 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 57-63% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
4 балла	По результатам оценки портфолио набрано 50-56% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
3 балла	По результатам оценки портфолио набрано 36-49% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
2 балла	По результатам оценки портфолио набрано 21-45% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
1 балл	По результатам оценки портфолио набрано менее 21% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение

Таблица перевода оценок из 10-ти бальной системы в бинарную систему

Оценка по 10-ти бальной системе	Оценка по бинарной системе
10, 9, 8, 7,6,5,4	зачтено
3, 2, 1	не зачтено

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Кривин Н. Н. Методология проектирования. Электронные и радиоэлектронные средства; учебник для вузов / Н. Н. Кривин. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 192 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21652-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/581869.

2. Вадутов О.С. Электроника. Математические основы обработки сигналов: учебник и практикум для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 307 с. – URL: https://urait.ru/bcode/537281.

3. Воропаева О.Ф. Основы численного анализа динамических систем: учебник для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2025. –164 с. – URL: https://urait.ru/bcode/568925.

4. Белов Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 268 с. – URL: https://urait.ru/bcode/563824.

5. Коломейцева М. Б. Системы автоматического управления при случайных воздействиях: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 101 с. – URL: https://urait.ru/bcode/557536.

6. Нефедов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 319 с. – URL: https://urait.ru/bcode/561145.

7. Попов В. П. Основы теории цепей: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 602 с. – URL: https://urait.ru/bcode/558329.

7.2. Дополнительная литература

1. Никольский, Б. А. Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы: учеб. пособие /Б.А.Никольский; Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара, 2012 – 174 с.

2.В.В.Цветнов, В.П. Демин, А.И.Куприянов. Радиоэлектронная борьба: Радиоразведка и радиопротиводействие. Изд-во МАИ, 1998г – 249с.

3. В.Д. Добыкин, А.И.Куприянов, В.Г. Пономарев, Л.Н. Шустов. Радиоэлектронная борьба. Цифровое запоминание и воспроизведение электромагнитных волн.М.: Вузовская книга,2009 - 448.

4.С.А. Вакин, Л.Н. Шустов. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки.М.: Сов.Радио, 1968 - 440.

5. Семенихина Д.В. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы. Радиомаскировка [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Д. В. Семенихина, Ю. В. Юханов, Т. Ю. Привалова. - Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. - 130 с. - ISBN 978- 5-9275-2546-1.

6. РудойВ.М., Системы передачи информации [Текст]: учебное пособие: рекомендовано УМО. - Москва: Радиотехника, 2007 (Вологда: ООО ПФ "Полиграфист", 2006). - 277 с. - (Учебное пособие для вузов). - ISBN 5- 88070-100-X : 435-00.

7. Соколова О.А. Математическая модель устойчивости работы канала УКВ радиосвязи при влиянии на него ионосферных возмущений // Асимптотическое поведение решений уравнений математической физики: межвуз. сб. науч. тр. - Воронеж, 2003. - С. 80-84. Радиосигналы, Труды ученых ВГТУ, Радиотехника, Математические модели, Статьи, Связь Асимптотическое поведение решений уравнений математической физики :межвуз. сб. науч. тр. Воронеж, 2003 С. 80-84

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1.https://dcaclab.com – онлайн симулятор электрической цепи.

2. Информационно-поисковый портал по электронике: http://radionet.com.ru/.

3. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/.

8. Материально-техническое обеспечение

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

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная стандартной учебной мебелью.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторных занятий), оснащенная стандартной учебной мебелью и оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ.

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

9. Программное обеспечение

MicrosoftOpenLicense (Windows 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», а также доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.