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.02.01Радиооборудование робототехнических систем

Направление подготовки**01.04.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль) **Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов**
Форма обучения:очная
Курс – 1
Семестр – 2
Всего зачетных единиц – 2; часов – 72
Форма отчетности: зачет – 2 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 «Радиооборудование робототехнических систем» включена в часть,формируемую участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору),основной образовательной программы по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность (профиль) – Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов).

Для освоения дисциплины «Радиооборудование робототехнических систем» 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 «Радиооборудование робототехнических систем» 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 «Радиооборудование робототехнических систем» 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.

3. Содержание дисциплины

Основы проектирования и функционирования радиооборудования БПЛА.

Архитектура и классификация беспилотных авиационных комплексов. Основные понятия и терминология. Классификация БПЛА. Обзор архитектуры БПЛА. Состав и функции бортового радиооборудования. Назначение и особенности каналов связи: управление, телеметрия, передача целевой информации.

*Тактико-технические характеристики и роль радиооборудования.*Характеристики современных БПЛА. Влияние характеристик на проектирование радиооборудования. Полётный контроллер и радиоэлектронное оборудование.

Радиокоммуникации и линии связи БПЛА.

*Структура наземного оборудования и линий связи.*Наземные пункты управления и приёма информации. Линии прямой видимости (LOS). Спутниковые каналы связи (SATCOM). Релейные каналы. Ключевые характеристики радиоканалов: достоверность, скорость, дальность, виды модуляции и кодирования.

*Антенные системы и методы слежения.*Требования и особенности бортовых антенных систем. Типы антенных систем. Методы и системы слежения за БПЛА. Энергетический расчёт радиолиний.

Электромагнитная совместимость и безопасность радиооборудования.

*Помехозащищенность и противодействие угрозам.*Угрозы для БПЛА (системы обнаружения и противодействия). Радиоэлектронное подавление (РЭБ) каналов БПЛА.Методы повышения помехозащищённости. Использование сложных сигналов и алгоритмов помехоустойчивого кодирования. Применение MIMO-технологий.

Электромагнитная совместимость и оптимизация. Принципы обеспечения ЭМС бортового оборудования.Моделирование и проектирование радиооборудования.Критерии качества и оптимизация радиотехнических систем.

Современные тенденции и перспективные технологии.

*Технологии будущего и инновации.*Когнитивное радио и динамический спектральный доступ.Нанотехнологии и новые материалы.Интеграция БПЛА в сети 5G/6G и IoT.

*Развитие автономных систем и навигации.*Автономные системы наведения и навигации.Альтернативные GPS-технологии.Перспективы интеграции видеокамер и интеллектуальных систем обработки изображений.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1 семестр						
1.	**Основы проектирования и функционирования радиооборудования БПЛА.**	**12**	**4**	**-**	**4**	**4**
1.1	Архитектура и классификация беспилотных авиационных комплексов	6	2	-	2	2
1.2	Тактико-технические характеристики и роль радиооборудования	6	2	-	2	2
2.	**Радиокоммуникации и линии связи БПЛА**	**30**	**6**	**-**	**6**	**18**
2.1	Структура наземного оборудования и линий связи	20	4	-	4	12
2.2	Антенные системы и методы слежения	10	2	-	2	6
3.	**Электромагнитная совместимость и безопасность радиооборудования**	**20**	**4**	**-**	**4**	**12**
3.1	Помехозащищенность и противодействие угрозам	10	2	-	2	6
3.2	Электромагнитная совместимость и оптимизация	10	2	-	2	6
4.	**Современные тенденции и перспективные технологии**	**10**	**2**	**-**	**2**	**6**
4.1	Технологии будущего и инновации.Развитие автономных систем и навигации	10	2	-	2	6
	ИТОГО	**72**	**16**	**-**	**16**	**40**

5. Виды учебной деятельности
Занятия лекционного типа

Лекция № 1.*Введение в беспилотные авиационные комплексы. Архитектура и классификация.* Основные понятия и терминология (БПЛА, БАК, автопилот, целевая нагрузка). Принципы полета и управления. Детальная классификация БПЛА по массогабаритным показателям, типу ЛА, назначению, двигателям. Обзор архитектуры БПЛА как сложной радиоэлектронной системы. Общее представление о составе бортового радиооборудования.

Лекция № 2. *Тактико-технические характеристики БПЛА и их влияние на проектирование радиооборудования.* Разбор ключевых ТТХ: дальность и продолжительность полета, крейсерская скорость, потолок, грузоподъемность. Анализ того, как эти характеристики определяют требования к мощности передатчиков, емкости аккумуляторов, массо-габаритам аппаратуры, тепловыделению. Роль и состав полетного контроллера. Введение в радиоэлектронное оборудование, формирующее целевую информацию.

Лекция № 3. *Функциональное назначение каналов связи БПЛА и наземное оборудование.* Детальный разбор трех основных каналов: узкополосный канал управления (требования к надежности), канал телеметрии (передача данных о состоянии аппарата), широкополосный канал передачи целевой информации (видео, данные РЛС). Состав и функции наземного пункта управления (НПУ): антенные системы, приемопередатчики, системы обработки и отображения информации.

Лекция № 4.*Типы радиолиний и ключевые характеристики радиоканалов БПЛА.*Принципы работы, достоинства и недостатки радиолиний разных типов: прямой видимости (LOS), спутниковой связи (SATCOM), релейных каналов. Разбор характеристик радиоканалов: достоверность передачи (BER, FER), скорость передачи данных, максимальная дальность связи. Обзор применяемых видов модуляции (FSK, QPSK, QAM) и помехоустойчивого кодирования (сверточные коды, LDPC, турбокоды).

Лекция № 5.*Антенные системы и энергетический расчет радиолиний БПЛА.* Особенности бортовых антенн: требования по малогабаритности, аэродинамике, широкой диаграмме направленности. Типы антенных систем (ненаправленные, следящие, ФАР). Методы слежения за БПЛА: программное и автосопровождение (моноимпульсное, коническое сканирование). Уравнение дальности связи. Расчет энергетического потенциала с учетом мощностей, усиления антенн и потерь.

Лекция № 6. *Помехозащищенность и противодействие радиоэлектронным угрозам.* Классификация угроз для БПЛА: средства радиоэлектронной разведки (РЭР) и подавления (РЭБ). Принципы радиоэлектронного подавления каналов управления и навигации. Активные и пассивные методы повышения помехозащищенности: использование сложных сигналов (ППРЧ), алгоритмов помехоустойчивого кодирования, пространственно-временной обработки. Введение в MIMO-технологии.

Лекция № 7. *Электромагнитная совместимость и проектирование радиооборудования.* Проблема ЭМС в плотном бортовом оборудовании. Принципы обеспечения ЭМС: экранирование, фильтрация, заземление. Подходы к моделированию и проектированию узлов радиооборудования (усилители, фильтры, смесители) с использованием САПР. Критерии качества радиотехнических систем (отношение сигнал-шум, динамический диапазон) и методы их оптимизации.

Лекция № 8. *Перспективные технологии и тенденции развития радиооборудования БПЛА.* Обзор прорывных технологий: когнитивное радио для динамического использования спектра; применение наноматериалов для создания малогабаритных и энергоэффективных устройств; интеграция БПЛА в сети 5G/6G и интернет вещей (IoT). Развитие автономной навигации: альтернативы GPS (например, навигация по видеопотоку, инерциальные системы с коррекцией по картам), интеллектуальные системы обработки изображений для наведения и посадки.

Занятия семинарского типа (лабораторные занятия)

Лабораторная работа № 1. *Анализ архитектуры и классификации БПЛА на основе технической документации*

Цели работы:

- Изучить реальные примеры конструкций и архитектур различных классов БПЛА.
- Освоить навыки чтения и анализа технической документации (даташитов).
- Сравнить состав бортового радиооборудования БПЛА разных классов.

Приборы и принадлежности:Персональный компьютер с доступом в интернет, техническая документация на БПЛА, электронные таблицы.

Задания:

1. На основе предоставленных материалов заполнить таблицу: "Класс БПЛА", "Пример модели", "Назначение", "Ключевые ТТХ (масса, длительность полета)", "Состав базового радиооборудования".
2. Составить структурную схему радиооборудования для одного из БПЛА, выделив каналы связи, навигации и целевую нагрузку.
3. Сделать вывод о влиянии класса БПЛА на сложность и состав его радиооборудования.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение БАК.
2. По каким основным признакам классифицируются БПЛА?
3. Чем отличается состав радиооборудования миниатюрного и тяжелого БПЛА?
4. Что входит в обязательный минимум бортового радиооборудования любого БПЛА?
5. Объясните, что такое "полезная нагрузка".

Лабораторная работа № 2. *Расчет энергопотребления и баланса масс радиооборудования БПЛА*

Цели работы:

- Освоить методику оценки энергопотребления бортовой радиоаппаратуры.
- Научиться рассчитывать баланс масс для радиооборудования в рамках заданной полетной массы БПЛА.
- Оценить влияние энергопотребления на продолжительность полета.

Приборы и принадлежности:ПК, справочные данные по массам и энергопотреблению типовых модулей (радиомодемы, видеопередатчики, полетные контроллеры), калькулятор, электронные таблицы.

Задания:

1. Для заданного сценария полета (длительность, режимы работы) рассчитать суммарное энергопотребление и массу радиооборудования.
2. Оценить, укладывается ли рассчитанная масса в заданный лимит (например, 10% от взлетной массы).
3. Определить необходимую емкость аккумулятора для обеспечения заданной продолжительности полета.
4. Проанализировать, какой компонент вносит наибольший вклад в энергопотребление и массу.

Контрольные вопросы:

1. Как масса радиооборудования влияет на летные характеристики БПЛА?
2. Перечислите основные потребители энергии на борту БПЛА.
3. Что такое "балансировка" БПЛА и почему она важна?
4. Как мощность передатчика связана с энергопотреблением?
5. Каковы типичные значения удельной энергии (Вт*ч/кг) для Li-Po аккумуляторов?

Лабораторная работа № 3. *Исследование характеристик радиомодемов для каналов управления и телеметрии*

Цели работы:

- Экспериментально изучить основные характеристики радиомодема (дальность, скорость, потребляемый ток).

- Освоить методику настройки параметров радиоканала.

- Оценить надежность канала связи в различных условиях.

Приборы и принадлежности:Два радиомодема, два микроконтроллера, источник питания, осциллограф, цифровой мультиметр, ПК.

Задания:

1. Собрать стенд "бортовой модуль - наземная станция".
2. Измерить потребляемый ток модемов в режимах передачи и приема.
3. Провести эксперименты по определению максимальной дальности устойчивой связи в условиях прямой видимости.
4. Исследовать зависимость скорости передачи данных от уровня сигнала (RSSI) и потерь пакетов.

Контрольные вопросы

1. В чем разница между требованиями к каналу управления и каналу телеметрии?
2. Что такое RSSI и как он используется для оценки качества связи?
3. Объясните, что такое "помехоустойчивое кодирование" и как оно влияет на скорость и дальность.
4. Какие факторы окружающей среды могут влиять на дальность связи?
5. Почему при передаче данных потребляемый ток выше, чем при приеме?

Лабораторная работа № 4.*Моделирование радиоканала передачи видеоданных в программной среде*

Цели работы:

- Изучить влияние видов модуляции и кодирования на качество передачи видеопотока.

- Освоить основы работы с инструментами моделирования цифровых каналов связи (Matlab/Simulink, GNU Radio).

- Оценить минимально необходимую скорость передачи данных для видео заданного качества.

Приборы и принадлежности:ПК с установленным ПО (Matlab/Simulink или аналог), модель цифровой системы связи.

Задания:

1. В среде моделирования собрать схему передачи видеосигнала.
2. Провести серию экспериментов, меняя тип модуляции (QPSK, 16-QAM) и наличие/отсутствие помехоустойчивого кодирования.
3. Оценить качество восстановленного видеосигнала при воздействии шумов различной интенсивности.
4. Определить, какая схема модуляции/кодирования обеспечивает лучший компромисс между скоростью и помехозащищенностью для видеотрафика.

Контрольные вопросы:

1. Почему для канала передачи видео требуется высокая скорость данных?
2. Как вид модуляции влияет на спектральную эффективность и помехозащищенность?
3. Что такое BER и как он связан с качеством видео?
4. Объясните принцип действия помехоустойчивого кодера/декодера (на примере сверточного кода).
5. В чем преимущества и недостатки цифровой передачи данных по сравнению с аналоговой для БПЛА?

Лабораторная работа № 5.*Расчет и моделирование диаграммы направленности антенны БПЛА*

Цели работы:

- Изучить основные параметры антенн (КНД, коэффициент усиления, диаграмма направленности).
- Освоить методику расчета и визуализации ДН простых антенн.
- Провести энергетический расчет радиолинии с учетом параметров антенн.

Приборы и принадлежности:ПК со специализированным ПО, калькулятор.

Задания:

1. Создать модель дипольной антенны или антенны "GP" в программе для моделирования.
2. Рассчитать и построить её диаграмму направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
3. Определить коэффициент усиления и КНД антенны.
4. Используя полученные данные, выполнить расчет энергетического баланса радиолинии "БПЛА-Земля" для заданной дальности.

Контрольные вопросы:

1. Что такое диаграмма направленности антенны и какие параметры она характеризует?
2. Почему на БПЛА часто используют ненаправленные антенны?
3. Как коэффициент усиления антенны влияет на дальность связи?
4. Объясните, как ориентация БПЛА в пространстве может влиять на уровень сигнала.
5. Что такое "поляризация" антенны и почему её важно учитывать?

Лабораторная работа № 6.*Исследование методов защиты канала управления от помех*

Цели работы:

- Экспериментально исследовать воздействие узкополосной и широкополосной помехи на радиоканал.
- Оценить эффективность метода псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ) для защиты от помех.
- Изучить работу MIMO-системы в условиях затухания сигнала.

Приборы и принадлежности:Два SDR (Software-DefinedRadio, например, RTL-SDR), ПК с ПО (GNU Radio), генератор помех (или второй SDR), антенны.

Задания:

1. Настроить канал передачи данных между двумя SDR.
2. Подать помеху в полосу частот канала и зафиксировать рост BER.
3. Реализовать простейший алгоритм ППРЧ и продемонстрировать восстановление связи.
4. Сравнить устойчивость системы с одной и двумя антеннами (MIMO) при моделировании замираний сигнала.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение РЭБ. Какие виды помех вы знаете?
2. В чем заключается принцип ППРЧ?
3. Как MIMO-система повышает надежность связи?
4. Какие еще методы защиты от помех можно применить?
5. Почему канал управления наиболее критичен к помехам?

Лабораторная работа № 7.*Моделирование электромагнитной совместимости в системе питания бортовой аппаратуры*

Цели работы:

- Исследовать влияние импульсных источников питания на аналоговые цепи.
- Освоить методы фильтрации помех в цепях питания.
- Спроектировать простейший фильтр для подавления кондуктивных помех.

Приборы и принадлежности:Макетная плата, импульсный понижающий преобразователь, линейный стабилизатор, генератор сигналов, осциллограф, элементы для фильтра (конденсаторы, дроссели).

Задания:

1. Собрать схему с импульсным преобразователем, питающим аналоговую нагрузку.
2. С помощью осциллографа зафиксировать высокочастотные пульсации и помехи в цепи питания.
3. Рассчитать и установить П-образный LC-фильтр.
4. Измерить эффективность подавления помех после установки фильтра.

Контрольные вопросы:

1. Что такое ЭМС и почему она важна для бортового оборудования БПЛА?
2. Назовите основные источники помех в бортовой сети БПЛА.
3. В чем разница между кондуктивными и излучаемыми помехами?
4. Объясните принцип работы LC-фильтра.
5. Какие еще способы обеспечения ЭМС вы знаете?

Лабораторная работа № 8.*Анализ технологий будущего: прототипирование системы навигации с дополнением*

Цели работы:

- Практически ознакомиться с принципами работы инерциальной навигационной системы (ИНС).
- Реализовать простейший алгоритм дополнения данных GPS показаниями IMU (InertialMeasurementUnit).
- Оценить точность позиционирования при кратковременной потере GPS-сигнала.

Приборы и принадлежности:Плата разработки с GPS-модулем и,ПК со средой программирования.

Задания:

1. Считать данные с GPS-модуля (координаты, скорость) и с IMU (ускорения, угловые скорости).
2. Реализовать алгоритм прогнозирования координат на основе данных IMU (методом численного интегрирования).
3. Сымитировать потерю GPS-сигнала и оценить, насколько сильно "уходит" расчетная позиция от реальной за 10-20 секунд.
4. Сделать вывод о необходимости и эффективности использования ИНС для дополнения GPS.

Контрольные вопросы:

1. Что такое "GPS-деньявинг" и как с ним борются?
2. Перечислите основные источники ошибок в IMU.
3. Почему одна лишь ИНС не может использоваться для точной навигации долгое время?
4. Какие еще технологии могут служить альтернативой или дополнением к GPS?
5. Как когнитивное радио может улучшить навигацию и связь БПЛА в будущем?

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 и текущий уровень технологии в мире и в России;

– ключевые понятия, принципы действия, физические и математические модели;

– основные технические характеристики и показатели эффективности;

– примеры конкретного оборудования и схемы его включения в состав БПЛА;

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

– направления развития, ключевые проблемы и возможные пути их решения.

Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время лабораторных занятий, зачета.

Студент составляет конспекты по 10 вопросам, выносимым на самостоятельное изучение, на свой выбор

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Сравнительный анализ протоколов передачи данных MAVLink и MSP: области применения, достоинства и недостатки.
2. Принципы работы и сравнительные характеристики инерциальных навигационных систем (ИНС) на основе MEMS- и волновых гироскопов для БПЛА.

3. Методы и алгоритмы совмещения данных (SensorFusion) от GPS/ГЛОНАСС и ИНС в полетном контроллере (на примере фильтра Калмана).

4. Технология Beamforming в фазированных антенных решетках (ФАР) для наземных станций управления: принцип работы и выигрыш в энергетике.

5. Методы и средства защиты от спуфинга (spoofing) GPS/ГЛОНАСС сигналов для критичных к навигации БПЛА.

6. Перспективы применения технологии Software-DefinedRadio (SDR) в бортовом радиооборудовании БПЛА.

7. Анализ энергетического баланса радиолинии с учетом затухания в атмосфере (дождь, туман) на разных частотах.

8. Принципы работы и тактико-технические характеристики систем подвижности луча (ElectronicBeamSteering) в бортовых ФАР.

9. Сравнительный анализ технологий помехоустойчивого кодирования (Turbo-codes, LDPC, Polarcodes) для каналов передачи видео с БПЛА.

10. Методы и средства обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) импульсных источников питания с высокочувствительными приемниками GPS и СВЧ-трактами.

11. Принципы построения и тактико-технические характеристики систем БПЛА, использующих технологию MIMO в условиях городской застройки.

12. Современные радиопоглощающие материалы (РПМ) и покрытия: принципы действия и применение для снижения ЭПР БПЛА.

13. Алгоритмы и аппаратная реализация систем автоматического зависимого наблюдения (ADS-B) для интеграции БПЛА в общее воздушное пространство.

14. Принципы работы и анализ эффективности систем постановки пассивных помех (дипольные отражатели, уголковые отражатели).

15. Методыскрытнойсвязи (Low Probability of Intercept/Low Probability of Detection - LPI/LPD) дляспециальныхБПЛА.

16. Перспективы применения беспроводных технологий 5G NR (NewRadio) в качестве канала связи для БПЛА.

17. Принципы работы и сравнительный анализ лазерных систем связи (Free-SpaceOptical, FSO) для БПЛА.

18. Методы и средства акустического подавления БПЛА: физические основы и эффективность.

19. Алгоритмы когнитивного радио (Cognitive Radio) для динамического выбора рабочей частоты в перегруженном эфире.

20. Принципы работы и архитектура бортовых радиолокационных станций (РЛС) бокового обзора (SAR) для БПЛА.

21. Системы управления и защиты от перехвата видеотрафика с БПЛА с использованием алгоритмов реального времени шифрования.

22. Принципы построения mesh-сетей на базе БПЛА для организации связи в условиях ЧС.

23. Методы и средства обеспечения отказоустойчивости (FaultTolerance) каналов связи и навигации для автономных БПЛА.

24. Перспективы применения квантовых технологий (криптография, сенсоры) в радиооборудовании БПЛА будущего.

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) На защите лабораторной работы студент дал правильные и полные ответы на поставленные преподавателем контрольные вопросы (5 вопросов)	1* 5 вопросов
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» – 3 балла и более по результатам выполнения лабораторной работы (п.1-5 критериев оценивания) и 3 балла и более по результатам защиты лабораторной работы (п. 6 критериев оценивания), оценка «не зачтено» - менее 3 баллов по результатам выполнения лабораторной работы и/или менее 3 баллов по результатам защиты лабораторной работы.

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 «Радиооборудование робототехнических систем», 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 лабораторной работы	8 лабораторныхработ	48	80

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. Станкевич Л. А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 478 с. – URL: https://urait.ru/bcode/560754.

2. Серебряков А.С. Автоматика: учебник и практикум для вузов / А.С. Серебряков, Д.А. Семенов, Е.А. Чернов; под общей редакцией А. С. Серебрякова. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 515 с. – URL: https://urait.ru/bcode/560584.

3. Сафиуллин Р.К. Основы автоматики и автоматизация процессов: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 146 с. – URL: https://urait.ru/bcode/563487.

4. Проворов И.С. Беспилотные летательные аппараты: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 152 с. – URL: https://urait.ru/bcode/581538.

7.2.Дополнительная литература

1. Кучерявый, А. А. Авионика: учебное пособие / А. А. Кучерявый. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 452 с. – ISBN 978-5-8114-2120-6.

2.Васильев, Е. В. Схемотехника цифровых радиопередающих устройств: учебное пособие / Е. В. Васильев; Ряз. гос. радиотехн. ун-т. – Рязань: РИЦ РГРТУ, 2015. – 98 с.

3. Проектирование радиоустройств на основе нанотехнологий / под ред. Мохаммеда Исмаила, ДелиаРодригез де Лера Гонсалез; пер. с англ. под ред. Ю. Н. Паршина. – Москва: ГЕОС, 2012. – 334 с. – ISBN 978-5-89118-578-4.

4. Биард, Р. У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн; пер. с англ. А. И. Демьяникова; под ред. к.т.н. Г. В. Анцева. – Москва: Техносфера, 2015. – 312 с. – ISBN 978-5-94836-393-6.

5. Дингес, С. И. Схемотехника РЧ блоков систем связи с подвижными объектами: учебное пособие / С. И. Дингес; Моск. техн. ун-т связи и информатики. – Москва, 2014. – 36 с. – ISSN 2227-8397.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. **https://www.analog.com/** – Официальный сайт AnalogDevices с технической документацией, applicationnotes и примерами проектов синтезаторов частот.
2. **https://www.ti.com/** – Официальный сайт TexasInstruments с ресурсами по проектированию синтезаторов частот и инструментами проектирования.
3. **https://www.ieee.org/** – Сайт IEEE с научными статьями и публикациями по синтезаторам частот и смежным темам.
4. **https://www.microwaves101.com/** – Энциклопедия микроволновой техники с разделами по синтезаторам частот и PLL.
5. **https://www.rfglobalnet.com/** – Ресурс для RF-инженеров с техническими статьями и новостями в области синтезаторов частот.
6. **https://www.edaboard.com/** – Международный форум по электронике с разделами по проектированию синтезаторов.
7. **https://www.allaboutcircuits.com/** – Образовательный ресурс с техническими статьями и учебными материалами по синтезаторам частот.
8. **https://www.gaussianwaves.com/** – Блог с техническими статьями по проектированию синтезаторов и цифровой обработке сигналов.
9. **https://www.electronics-notes.com/** – Ресурс с учебными материалами по синтезаторам частот и RF-технике.
10. **https://www.qsl.net/** – База знаний для радиолюбителей с практическими материалами по синтезаторам частот.

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.