

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор/Декан  
института механики и энергетики  
Мастепаненко Максим Алексеевич

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)**

**Б1.О.11 Системы связи в беспилотных авиационных системах**

35.04.06 Агроинженерия

Системы управления беспилотными летательными аппаратами

магистр

очная

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>ОПК-4 Способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы;</p>	<p>ОПК-4.1 Выбирает стандартные и разрабатывает частные методики проведения экспериментов и испытаний, анализирует достоверность полученных результатов; готовит отчетные документы</p>	<p><b>знает</b> Принципы построения методик экспериментального исследования сложных технических систем.</p>
		<p><b>умеет</b> Адаптировать и применять стандартные методики для решения частных исследовательских задач, критически оценивать достоверность полученных данных</p>
		<p><b>владеет навыками</b> Навыком структурированного оформления результатов исследований в виде отчетных документов (протоколов, отчетов).</p>
<p>ОПК-4 Способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы;</p>	<p>ОПК-4.2 Владеет методами сравнения результатов исследования объекта разработки с отечественными и зарубежными аналогами; навыками работы на исследовательском оборудовании</p>	<p><b>знает</b> Методологию сравнительного анализа технических решений и систем по ключевым параметрам</p>
		<p><b>умеет</b> Проводить сравнительный анализ характеристик исследуемых объектов с существующими аналогами, осваивать новое исследовательское оборудование и инструментальные средства.</p>
		<p><b>владеет навыками</b> Методами бенчмаркинга и навыками работы с современным инструментарием (в т.ч. программным) для проведения экспериментов</p>
<p>ОПК-4 Способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы;</p>	<p>ОПК-4.3 Проводит научные исследования, анализирует результаты и готовит отчетные документы</p>	<p><b>знает</b> Основные этапы (цикл) научно-исследовательской работы применительно к задачам моделирования и анализа технических систем.</p>
		<p><b>умеет</b> Планировать и проводить исследования, анализировать и обобщать полученные результаты, формулировать выводы</p>
		<p><b>владеет навыками</b> Комплексной технологией проведения исследования (от постановки задачи до подготовки итогового аналитического отчета).</p>

## 2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Системы связи в беспилотных авиационных системах			
1.1.	Архитектура, технологии и среда функционирования	2	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	Тест, Устный опрос, Задачи, Реферат
1.2.	Физический уровень и надежность канала связи	2	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	Тест, Устный опрос, Задачи, Реферат
1.3.	Проектирование, анализ и перспективы	2	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	Тест, Устный опрос, Задачи, Реферат
1.4.	Промежуточная аттестация	2	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	
	Промежуточная аттестация			Эк

## 3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
<b>Текущий контроль</b>			
<b>Для оценки знаний</b>			
1	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
<b>Для оценки умений</b>			
<b>Для оценки навыков</b>			
<b>Промежуточная аттестация</b>			

2	Экзамен	Средство контроля усвоения учебного материала и формирования компетенций, организованное в виде беседы по билетам с целью проверки степени и качества усвоения изучаемого материала, определить необходимость введения изменений в содержание и методы обучения.	Комплект экзаменационных билетов
---	---------	--	----------------------------------

**4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Системы связи в беспилотных авиационных системах"**

*Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости*

1. Тесты: выбор одного правильного ответа (3 примера)

1.1. Основная задача помехоустойчивого кодирования в канале передачи данных:

- а) Увеличить скорость передачи информации
- б) Обнаружить и/или исправить ошибки, возникшие при передаче
- в) Усилить мощность передаваемого сигнала
- г) Сжать передаваемые данные

1.2. Какое из перечисленных явлений НЕ является основной причиной замираний (fading) сигнала в радиоканале БАС?

- а) Многолучевое распространение
- б) Квантование сигнала
- в) Перемещение приемника/передатчика (эффект Доплера)
- г) Поглощение в атмосфере

1.3. Для связи с БПЛА на большие расстояния за пределами прямой видимости (BVLOS) НАИМЕНЕЕ пригодна:

- а) Спутниковая связь (Iridium)
- б) Сеть сотовой связи 4G/5G
- в) Радиоканал прямой видимости в С-диапазоне
- г) Канал с использованием ретрансляционных вышек

2. Тесты: выбор ДВУХ правильных ответов (3 примера)

2.1. Какие ДВА параметра являются ключевыми для оценки энергетической эффективности системы цифровой связи? (Выберите 2)

- а) Отношение сигнал-шум (SNR) на бит ( $E_b/N_0$ )
- б) Ширина спектра сигнала
- в) Вероятность битовой ошибки (BER)
- г) Скорость модуляции (Бод)

2.2. Какие ДВА утверждения верны для циклических избыточных кодов (CRC)? (Выберите 2)

- а) Используются преимущественно для обнаружения ошибок
- б) Реализуются с помощью сдвиговых регистров с обратной связью
- в) Позволяют исправлять множественные пакеты ошибок
- г) Значительно увеличивают избыточность по сравнению со сверточными кодами

2.3. Какие ДВА фактора являются решающими при выборе рабочей частоты для канала управления БАС? (Выберите 2)

- а) Дальность связи и условия распространения (затухание)
- б) Наличие разрешения на использование частоты (лицензия)
- в) Максимально возможная ширина полосы пропускания
- г) Стоимость антенны

3. Тесты: выбор ТРЕХ правильных ответов (3 примера)

3.1. Какие ТРИ элемента являются обязательными для базовой архитектуры канала передачи данных «борт-земля»? (Выберите 3)

- а) Источник информации (например, датчик или камера)
- б) Кодер канального уровня (для помехоустойчивого кодирования)
- в) Модулятор
- г) Спутниковый ретранслятор

3.2. Какие ТРИ утверждения верны для цифровой модуляции? (Выберите 3)

- а) Информация закодирована в изменениях параметра несущей (амплитуды, частоты, фазы)
- б) Более устойчива к помехам по сравнению с аналоговой модуляцией при прочих равных
- в) Позволяет легко применять методы помехоустойчивого кодирования
- г) Требуется меньшей полосы пропускания, чем аналоговая, для передачи того же сообщения

3.3. Какие ТРИ угрозы характерны для каналов связи БАС? (Выберите 3)

- а) Intentional jamming (умышленное глушение)
- б) Spoofing (подмена легитимного сигнала)
- в) Interception (перехват информации)
- г) Квантовые вычисления для взлома

4. Тесты: Верно/Неверно (3 примера)

4.1. Утверждение: Сверточные коды являются подклассом линейных блочных кодов.

4.2. Утверждение: Увеличение мощности передатчика всегда линейно улучшает качество связи в канале с замираниями.

4.3. Утверждение: Протокол MAVLink позволяет передавать как служебные команды (управление), так и данные телеметрии в одном кадре.

5. Тесты: Установление соответствия (4 на 4) (3 примера)

5.1. Установите соответствие между типом модуляции и его ключевым признаком:

Амплитудная манипуляция (ASK)

Частотная манипуляция (FSK)

Фазовая манипуляция (PSK)

Квадратурная амплитудная модуляция (QAM)

- А) Информация закодирована в сдвиге фазы несущей.
- Б) Информация закодирована в изменении амплитуды несущей.
- В) Информация закодирована одновременно в амплитуде и фазе несущей.
- Г) Информация закодирована в изменении частоты несущей.

5.2. Установите соответствие между компонентом системы связи БАС и его основной функцией:

Модем

Антенна

Кодер канального уровня

Источник данных (камера)

- А) Преобразование цифрового потока в радиосигнал и обратно.
- Б) Излучение и приём электромагнитных волн.
- В) Формирование полезной нагрузки (например, видеопоток).
- Г) Добавление избыточности для защиты от ошибок.

5.3. Установите соответствие между методом борьбы с помехами и его описанием:

Разнесенный прием (Diversity)

Помехоустойчивое кодирование (FEC)

Адаптивная модуляция и кодирование (AMC)

Широкополосные сигналы (Spread Spectrum)

А) Передача сигнала в полосе, значительно шире необходимой, для снижения спектральной плотности мощности.

Б) Приём одного и того же сигнала по нескольким независимым путям с последующим объединением.

В) Динамическое изменение параметров передачи в зависимости от качества канала.

Г) Добавление контрольных битов, позволяющих исправлять ошибки на приёме.

6. Тесты: Восстановление порядка действий (3 примера)

6.1. Восстановите правильную последовательность этапов обработки цифрового сигнала на ПЕРЕДАЮЩЕЙ стороне канала связи БАС:

А) Модуляция несущей

Б) Помехоустойчивое кодирование

В) Формирование цифрового потока от источника (например, оцифровка видео)

Г) Усиление сигнала и излучение через антенну

6.2. Восстановите правильную последовательность действий при синдромном декодировании линейного блокового кода на ПРИЕМНОЙ стороне:

А) Вычисление синдрома для принятого вектора

Б) Принятие решения о переданном кодовом слове (сложение с вектором ошибки или прямое соответствие)

В) Сравнение вычисленного синдрома с таблицей синдром-вектор ошибки

Г) Прием и демодуляция сигнала

6.3. Восстановите последовательность планирования эксперимента по исследованию помехоустойчивости метода модуляции в SiminTech:

А) Запуск моделирования и сбор статистики (например, BER)

Б) Построение графика зависимости BER от SNR

В) Настройка параметров модели: выбор типа модуляции, кодера, канала

Г) Формулировка цели эксперимента (например, сравнить PSK и FSK)

Д) Анализ полученных графиков и формулировка выводов

7. Задачи (5 примеров с решениями)

7.1. Задача на расчет избыточности.

Условие: Для контроля целостности пакета телеметрии размером 128 байт используется CRC-16. Рассчитайте относительную избыточность, вносимую этим кодом (в процентах).

7.2. Задача на выбор частоты (качественная).

Условие: Для БПЛА, выполняющего аэрофотосъемку в городе на расстоянии 5-7 км от оператора, предлагается использовать диапазон: а) 433 МГц, б) 2.4 ГГц, в) 5.8 ГГц. Какой диапазон наименее предпочтителен и почему?

7.3. Задача на оценку скорости.

Условие: Система связи использует QPSK модуляцию (2 бита на символ) со скоростью символов 1 МБод. Какая чистая скорость передачи данных (в бит/с) будет достигнута, если применяется сверточный кодер со скоростью 1/2?

7.4. Задача на понимание кодов.

Условие: Принята кодовая последовательность 1011010. Известно, что использовался код с проверкой на четность: к 4-м информационным разрядам добавляется 1 контрольный, так чтобы сумма всех единиц в кодовом слове была четной. Обнаружена ли ошибка? Если да, может ли код ее исправить?

7.5. Задача на расчет зоны покрытия (упрощенная).

Условие: Максимальная дальность связи  $R$  в условиях прямой видимости (LOS) для двух идентичных систем при прочих равных пропорциональна квадратному корню из высоты установки антенн:  $R \propto \sqrt{h}$ . Если при высоте подвеса антенны БПЛА 100 м дальность составляет 10 км, какова будет дальность при уменьшении высоты до 25 м?

***Примерные оценочные материалы  
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)  
по итогам освоения дисциплины (модуля)***

## Раздел 1. Архитектура, технологии и среда функционирования

1. Сформулируйте основные технические требования к каналам связи «борт-земля» и «земля-борт» в БАС. В чем их принципиальное различие?
2. Опишите типовую архитектуру системы связи БАС. Какие подсистемы она включает и как они взаимодействуют?
3. Назовите основные частотные диапазоны, используемые для связи с БПЛА. Дайте сравнительный анализ их преимуществ и ограничений.
4. Каковы основные источники помех в радиоканале БАС? Как рельеф местности и городская застройка влияют на распространение сигнала?
5. Перечислите и охарактеризуйте основные элементы бортового и наземного оборудования связи БАС.

## Раздел 2. Физический уровень и надежность канала связи

6. Объясните разницу между дискретным, квантованным и цифровым сигналом. Какой процесс лежит в основе оцифровки аналогового сигнала?
7. Дайте определение отношения сигнал-шум (SNR). Как SNR влияет на вероятность битовой ошибки (BER)?
8. Объясните суть явления многолучевого распространения (замирания) и его влияние на качество канала связи БАС.
9. Сравните методы аналоговой и цифровой модуляции. Каковы основные преимущества цифровых методов в контексте БАС?
10. Раскройте принцип работы систем с импульсной модуляцией (например, ШИМ, ФИМ). Где они находят применение в БАС?
11. В чем заключается принцип помехоустойчивого кодирования? Дайте определение избыточности кода.
12. Объясните назначение и принцип работы циклических избыточных кодов (CRC). Где они применяются в системах связи БАС?
13. Опишите принцип синдромного декодирования для линейных блочных кодов. В чем его основное преимущество?
14. Раскройте идею сверточного кодирования. Как решетчатая диаграмма используется при декодировании (алгоритм Витерби)?

## Раздел 3. Проектирование, анализ и перспективы

15. Какие ключевые характеристики (метрики) используются для оценки эффективности системы связи? (Например, спектральная эффективность, энергетическая эффективность).
16. Опишите типовой цикл проведения эксперимента (исследования) по оценке качества канала связи. Какие этапы он включает?
17. Как осуществляется проверка целостности данных в телеметрическом канале? Какие методы и протоколы для этого используются?
18. Каковы основные угрозы информационной безопасности каналов связи БАС? Назовите базовые методы защиты от атак типа «глушение» (jamming).
19. Объясните концепцию связи за пределами прямой видимости (BVLOS). Какие технологии (например, спутниковая связь, ретрансляторы) ее обеспечивают?
20. В чем заключаются особенности и ключевые задачи организации связи для роя (swarm) БПЛА?
21. Как системы управления беспилотным движением (UTM/U-space) влияют на требования к каналам связи БАС?
22. Каковы преимущества и проблемы использования публичных сетей 4G/5G для коммерческого применения БАС?
23. Какие современные тенденции в области помехоустойчивого кодирования (LDPC, Turbo-коды) наиболее перспективны для БАС и почему?
24. Как методы обработки сигналов (фильтрация) применяются для повышения качества телеметрической информации?
25. Опишите роль программного обеспечения для моделирования (например, SiminTech) в процессе проектирования и анализа систем связи БАС.

### *Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)*

1. Анализ современных протоколов связи для БАС: сравнительный обзор (MAVLink, STANAG 4586, протоколы Wi-Fi).
2. Методы обеспечения помехоустойчивости в радиоканалах управления БАС: от разнесенного приема до адаптивной модуляции.
3. Сравнительный анализ помехоустойчивых кодов для телеметрических каналов БАС: CRC, LDPC, Turbo-коды.
4. Проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) бортового радиоэлектронного оборудования БАС и методы их решения.
5. Технологии скрытной и защищенной связи в беспилотных авиационных комплексах специального назначения.
6. Применение технологий сотовой связи (4G/5G) для интеграции БАС в городскую среду: возможности и ограничения.
7. Спутниковые каналы связи как основа для глобального применения БАС (на примере Iridium, Starlink).
8. Методологии и инструменты для моделирования и планирования каналов связи в комплексах БАС.
9. Архитектура систем связи для роев БПЛА (Swarm): задачи, протоколы маршрутизации, управление сетевыми ресурсами.
10. Анализ киберугроз для каналов связи БАС и методы защиты от атак типа «глушение» (jamming) и «взлом» (spoofing).
11. Обработка и анализ телеметрической информации в реальном времени: методы фильтрации, обнаружения аномалий и визуализации.
12. Тенденции и перспективы развития систем связи БАС: квантовая связь, интеллектуальные радиоэлектронные системы, интеграция в UTM/U-space.