

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор института-заместитель
директора ФАКТ**

М.А. Кудров

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Системы связи БАС
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: А.В. Трифонов

Программа обсуждена на заседании кафедры технологий проектирования сложных технических систем
11.03.2024

Аннотация

Дисциплина посвящена основам беспроводной связи, главным образом применительно к современным беспроводным информационным сетям. Рассматриваются основные характеристики каналов, виды модуляции, технические средства беспроводных сетей и особенности построения аппаратуры, организация передачи данных, аспекты информационной безопасности, перспективы развития сетевых информационных технологий.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение основных принципов построения современных беспроводных информационных сетей;
- изучение основных характеристик беспроводных каналов связи различных диапазонов частот, применяемых видов модуляции;
- изучение особенностей построения аппаратуры, организации передачи данных;
- рассмотрение аспектов информационной безопасности, перспектив развития сетевых информационных технологий.

Задачи дисциплины

- изучение основных принципов построения современных беспроводных информационных сетей;
- познакомить обучающихся с математическим описанием цифровых сигналов и систем их обработки;
- научить проводить оценку бюджета радиолинии и скорости передачи данных в типовых условиях;
- освоить методики расчета радиоканалов различных диапазонов частот.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или)	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности

обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные принципы построения современных беспроводных информационных сетей;
- основные характеристики беспроводных каналов связи различных диапазонов частот и применяемых видов модуляции;
- особенности построения аппаратуры, организации передачи данных;
- аспекты информационной безопасности, перспектив развития сетевых информационных технологий;
- познакомиться с математическим описанием цифровых сигналов и систем их обработки.

уметь:

- проводить оценку бюджета радиолинии и скорости передачи данных в типовых условиях;
- освоить методики расчета радиоканалов различных диапазонов частот.

владеть:

- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- математическими методами описания процессов беспроводной передачи данных.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Характеристики беспроводных каналов связи	8	5		10
2	Модуляция, кодирование и разделение каналов	7	10		10
3	Беспроводные сети Wi-Fi (группа стандартов IEEE802.11)	15	15		10
4	Персональные беспроводные сети	15	15		15
5	Развитие технологий мобильных беспроводных сетей	15	15		15
Итого часов		60	60		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Характеристики беспроводных каналов связи

Общая структура системы радиосвязи. Отношение сигнал/шум. Частота ошибок. Пропускная способность канала связи. Скорость передачи данных. Эффективная ширина спектра передаваемого сигнала. Спектральная эффективность. Предельные соотношения между помехоустойчивостью и спектральной эффективностью. Характеристики среды передачи. Антенны и их характеристики. Уравнение дальности. Классификация моделей радиотрасс. Особенности радиоканалов различных диапазонов частот. Влияние подстилающей поверхности. Замирания и затухание на трассе. Статистические модели канала. Бюджет радиолинии.

2. Модуляция, кодирование и разделение каналов

Виды модуляции. Цифровая модуляция - фазовая, квадратурная, частотная, частотная с непрерывной фазой. Формирование спектра, условие отсутствия межсимвольной интерференции. Принципы когерентного и некогерентного приема, оценка помехоустойчивости. Кодирование и перемежение в технике беспроводной связи. Пространственно-временное кодирование. Адаптивная модуляция и кодирование. Многочастотная модуляция (технологии OFDM, ТЛТ). Формирование и прием сигнала с помощью дискретного преобразования Фурье. Циклический префикс. Достоинства и недостатки многочастотных систем. Понятие о расширении спектра. Прямое расширение спектра. Понятия множественного доступа и разделения каналов. Частотно-временный ресурс. Временное, частотное и кодовое разделение каналов.

3. Беспроводные сети Wi-Fi (группа стандартов IEEE802.11)

Особенности беспроводных сред передачи, особенности аппаратной реализации радиоканалов передачи данных. Технологии беспроводных локальных сетей. Группа стандартов IEEE 802.11. Положение в модели OSI. Топологии сетей Wi-Fi. Структура и содержание канального уровня (MAC уровень Wi-Fi). Разделение доступа к среде. Использование подтверждений. Резервирование среды. Фрагментация пакетов. Архитектура и сервисы. Классификация пакетов. Использование полей заголовка. Физический уровень (PHY). Характеристики беспроводного канала связи. Виды модуляции, сигнально-кодовые конструкции. Технологии 802.11 b, g, n. Современное оборудование Wi-Fi и его технические характеристики. Конфигурирование беспроводных локальных сетей. Проблемы информационной безопасности сетей 802.11

Семестр: 8 (Весенний)

4. Персональные беспроводные сети

Группа стандартов IEEE802.15. Технология Bluetooth. Развитие стандартов Bluetooth. Архитектура Bluetooth. Физический уровень. Виды модуляции, сигнально-кодовые конструкции. Стеки протоколов, сервисы. Формат пакета Bluetooth. Современное оборудование Bluetooth и его технические характеристики. Конфигурирование беспроводных Bluetooth соединений и сетей. Информационная безопасность Bluetooth.

5. Развитие технологий мобильных беспроводных сетей

Эволюция сетей мобильной связи. Сотовые сети мобильной связи и мобильный доступ к информационным ресурсам. Спутниковые системы связи. Технологии 3G, 4G, LTE. Беспроводные сети WiMax (группа стандартов IEEE802.16). Мобильная телекоммуникационная аппаратура для доступа к информационным сетям.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Системы подвижной радиосвязи [Текст]/И. М. Пышкин [и др.] , -М., Радио и связь, 1986
2. Сети и системы радиодоступа [Текст]/В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Распаев, -М., Эко-Трендз, 2005
3. Методы и средства организации каналов передачи данных [Текст]/В. И. Васильев, Л. Ф. Горшков, В. А. Свириденко, -М., Радио и связь, 1982

Дополнительная литература

1. Электронные системы связи [Текст]/У. Томаси, -М., Техносфера, 2007

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Мультимедийные технологии, презентации PowerPoint.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В ходе лекционных занятий студенту рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы способствует успешному освоению содержания дисциплины, которая включает в себя:

- проработку лекций с использованием конспекта и литературы, рекомендуемых данной программой;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам;
- подготовка к дифференциальному зачету.

Также студент может дополнить список литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать учебные материалы при написании выпускной квалификационной работы.

Уровень проработки студентам прослушанных лекций контролируется преподавателем на лекционных занятиях. Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: А.В. Трифонов

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Системы связи БАС» обучающийся должен:

знать:

- основные принципы построения современных беспроводных информационных сетей;
- основные характеристики беспроводных каналов связи различных диапазонов частот и применяемых видов модуляции;
- особенности построения аппаратуры, организации передачи данных;
- аспекты информационной безопасности, перспектив развития сетевых информационных технологий;
- познакомиться с математическим описанием цифровых сигналов и систем их обработки.

уметь:

- проводить оценку бюджета радиолинии и скорости передачи данных в типовых условиях;
- освоить методики расчета радиоканалов различных диапазонов частот.

владеть:

- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- математическими методами описания процессов беспроводной передачи данных.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого семинара или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Понятие канала связи. Виды каналов связи.
2. Условие неискажённой передачи сигнала по каналу связи.
3. Понятия информация, сообщение, сигнал.
4. Отношение сигнал/шум. Частота ошибок.
5. Параметры канала, определяющие возможность передачи сигнала по этому каналу. Пропускная способность канала связи. Скорость передачи данных.

6. Эффективная ширина спектра передаваемого сигнала. Спектральная эффективность.
7. Виды сигналов. Непрерывные и дискретные сигналы.
8. Параметры сигнала, определяющие возможность его передачи по инфокоммуникационной системе.
9. Что такое динамический диапазон сигнала?
10. Равномерная и неравномерная дискретизация. Шаг квантования.
11. Дискретизация аналогового сигнала по времени. Теорема Котельникова.
12. Многоканальные системы связи. Обобщённая структурная схема многоканальной системы.
13. Многоканальные системы связи с частотным разделением каналов (МДЧР).

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций. Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.