

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

| | |
|----------------------------|--|
| | Рабочая программа дисциплины (модуля) |
| по дисциплине: | Теоретические основы радиосвязи |
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиофизики и технической кибернетики |
| курс: | 4 |
| квалификация: | бакалавр |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.А. Курикша, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры радиофизики и технической кибернетики 09.04.2020

Аннотация

Рассматриваются основные вопросы оптимального построения систем радиосвязи, базирующиеся на статистической теории принятия решений.

Основными задачами курса являются: приобретение теоретических знаний о принципах построения систем радиосвязи, освоение навыков анализа и синтеза средств радиосвязи различного назначения, моделирования характеристик систем радиосвязи. Так как данный курс читается после изучения студентами курса по основам радиолокации, первостепенное внимание уделяется раскрытию общности и различий стоящих в данных областях задач и методов их решения.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

изучение основ теории современных систем и средств радиосвязи.

Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний о принципах построения систем радиосвязи;
- приобретение базовых знаний в области анализа и моделирования характеристик систем и средств радиосвязи;
- освоение навыков синтеза современных систем и средств радиосвязи различного назначения;
- получение представления о способах и методах измерения характеристик систем радиосвязи.

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-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения |
| | ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки |
| | 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-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов | ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области |
| | 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 понятия теории радиосвязи;
- ☐ основополагающие характеристики систем радиосвязи, характерные величины основных параметров;
- ☐ основные типы современных систем радиосвязи;
- ☐ проблемы и тенденции развития систем радиосвязи.

уметь:

- ☐ пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники радиосвязи;
- ☐ производить численные оценки характеристик систем радиосвязи;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ основными методами анализа систем радиосвязи и расчета их характеристик
- ☐ навыками самостоятельной работы и получения специальной информации в Интернете;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов численного расчета и моделирования и со-поставления с теоретическими данными.

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 | Современные системы радиосвязи и их на-значение | 2 | | | 3 |
| 2 | Энергетический бюджет каналов связи | 2 | | | 4 |
| 3 | Узкополосные системы связи | 4 | | | 3 |
| 4 | Сигналы и шум | 3 | | | 3 |
| 5 | Методы цифровой полосовой модуляции | 5 | | | 4 |
| 6 | Кодирование сигнала | 5 | | | 4 |
| 7 | Распределение ресурса связи | 4 | | | 4 |
| 8 | Системы связи с расширенным спектром | 5 | | | 5 |
| Итого часов | | 30 | | | 30 |
| Подготовка к экзамену | | 30 час. | | | |
| Общая трудоёмкость | | 90 час., 2 зач.ед. | | | |

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

Семестр: 8 (Весенний)

1. Современные системы радиосвязи и их на-значение

Краткий исторический очерк. Области применения и задачи, решаемые современными системами радиосвязи. Проблемы теории и техники радиосвязи. Общие основы теории радиосвязи и ра-диолокации

2. Энергетический бюджет каналов связи

Канал связи. Снижение достоверности передачи. Источники возникновения шумов и ослабления сигнала. Анализ бюджета канала связи. Какой нужен резерв. Доступность канала. Суммарный шум-фактор и общая шумовая температура. Эффективная температура системы. Пример анализа канала связи. Ретрансляторы сигнала. Системные компромиссы

3. Узкополосные системы связи

Узкополосные системы. Форматирование текстовой информации. Сообщения, знаки, символы. Форматирование аналоговой информации. Источники искажения. Импульсно-кодовая модуляция. Квантование с постоянным и переменным шагом. Узкополосная передача. Представление двоичных цифр в форме сигналов. М-арные импульсно-модулированные сигналы. Корреляционное кодирование

4. Сигналы и шум

Рост вероятности ошибки в системах связи. Демодуляция и обнаружение. Векторное представление сигналов и шума. Важнейший параметр систем аналоговой и цифровой связи – отношение сигнал/шум. Обнаружение двоичных сигналов в гауссовом шуме. Критерий максимального правдоподобия приема сигналов. Межсимвольная интерференция. Демодуляция/обнаружение сформированных импульсов. Выравнивание. Глазковая диаграмма.

5. Методы цифровой полосовой модуляции

Зачем нужна модуляция. Фазовая, частотная, амплитудная, амплитудно-фазовая манипуляция. Обнаружение сигнала в гауссовом шуме. Когерентное обнаружение. Некогерентное обнаружение. Комплексная огибающая. Вероятность ошибки в бинарных системах. Идеальная достоверность передачи. М-арная передача сигналов и производительность. Вероятность символьной ошибки для М-арных систем.

6. Кодирование сигнала

Кодирование сигнала и структурированные последовательности. Типы защиты от ошибок. Модели каналов. Степень кодирования и избыточность. Использование кодирования с коррекцией ошибок. Линейные блочные коды. Возможности обнаружения и исправления ошибок. Полезность нормальной матрицы. Соотношение между обнаружением и исправлением ошибок. Циклические коды. Известные блочные коды. Сверточное кодирование. Мягкое и жесткое принятие решений. Свойства сверточных кодов. Эффективность кодирования.

7. Распределение ресурса связи

Уплотнение и множественный доступ. Методы частотного и временного разделения. Распределение ресурса связи по каналам. Сравнение производительности FDMA и TDMA. Множественный доступ с кодовым разделением. Системы множественного доступа и архитектура. Алгоритмы доступа. ALOHA. Методы опроса. Методы множественного доступа в локальных сетях.

8. Системы связи с расширенным спектром

Преимущества систем связи расширенного спектра. Методы расширения спектра. Псевдослучайные последовательности. Системы расширения спектра методом прямой последовательности. Системы со скачкообразной перестройкой частоты. Синхронизация. Учет влияния преднамеренных помех. Каналы с многолучевым распространением. Стандартизация систем связи расширенного спектра. Сотовые системы связи.

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

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех [Текст]/Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос, -М., Радио и связь, 1981
2. Справочник по радиолокации” Под ред. М. Скольника/Пер. с англ. М.: Сов. Ра-дио, 1977.

Дополнительная литература

1. Морская радиолокация/ Под ред. В.И.Винокурова.- Л.: Судостроение, 1986.
2. Кравцов Ю.А, Фейзулин З.И., Виноградов А.Г. «Прохождение радиоволн через атмосферу Земли» - М.: Радио и связь, 1983

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)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций (Microsoft 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 экзамену.

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: | Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиофизики и технической кибернетики |
| курс: | 4 |
| квалификация: | бакалавр |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен | |
| Разработчик: | В.А. Курикша, канд. техн. наук |

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-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения |
| | ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки |
| | 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-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов | ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области |
| | ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей |

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теоретические основы радиосвязи» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные понятия теории радиосвязи;
- ☐ основополагающие характеристики систем радиосвязи, характерные величины основных параметров;
- ☐ основные типы современных систем радиосвязи;
- ☐ проблемы и тенденции развития систем радиосвязи.

уметь:

- ☐ пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники радиосвязи;
- ☐ производить численные оценки характеристик систем радиосвязи;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ основными методами анализа систем радиосвязи и расчета их характеристик
- ☐ навыками самостоятельной работы и получения специальной информации в Интернете;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов численного расчета и моделирования и со-поставления с теоретическими данными.

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 прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

Темы самостоятельных работ:

1. Бюджет канала связи
2. Характеристики обнаружения сигнала в гауссовом шуме
3. Отношение правдоподобия
4. Критерии оптимального обнаружения
5. Межсимвольная интерференция
6. Основные методы полосовой модуляции
7. Функции автокорреляции (неопределенности) сигналов
8. Векторное представление сигналов и шума
9. Принципы выбора сигналов
10. Методы расширения спектра
11. Псевдослучайные последовательности. Системы расширения спектра методом прямой последовательности
12. М-арная передача сигналов
13. Источники возникновения шумов и ослабления сигнала
14. Основные методы помехоустойчивого кодирования
15. Возможности обнаружения и исправления ошибок при помехоустойчивом кодировании

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 8-ом семестре:

1. Снижение достоверности передачи. Анализ бюджета канала связи.
2. Импульсно-кодовая модуляция. Квантование с постоянным и переменным шагом.
3. Векторное представление сигналов и шума.
4. Согласованный фильтр.
5. Влияние межсимвольной интерференции.
6. Основные виды и характеристики модуляции.
7. Когерентное и некогерентное обнаружение.
8. Основные методы кодирования.
9. Возможности обнаружения и исправления ошибок.
10. Преимущества систем связи расширенного спектра. Методы расширения спектра.
11. Псевдослучайные последовательности.
12. Основные общие положения в теории радиолокации и радиосвязи.

Примеры билетов для проведения экзамена:

Билет 1.

1. Снижение достоверности передачи. Анализ бюджета канала связи.
2. Основные общие положения в теории радиолокации и радиосвязи.

Билет 2.

1. Импульсно-кодовая модуляция. Квантование с постоянным и переменным шагом.
2. Псевдослучайные последовательности.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) 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) 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) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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

Экзамен проводится в устной форме.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 1 час на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов. Во время проведения экзамен обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.