

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность (специальность) 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Помехоустойчивое кодирование»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

Всего: 72 часа

Семестр 5, в том числе

6 часов – контактная работа

48 часов – самостоятельная работа

18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 876 и паспорта специальности 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является изучение принципов использования современных радиотехнических систем (РТС) с использованием модуляции и кодирования информации, характеристики этих систем, приемы, позволяющие реализовать требуемую помехоустойчивость различных РТС.

**Задачами** дисциплины являются:

- ознакомление с научными основами преодоления противоречия между характеристиками реальных РТС и характеристиками РТС, ожидаемыми при проектировании;
- изучение места помехоустойчивых кодеров в современных радиотехнических системах;
- изучение характеристик современных радиотехнических систем, в которых используется помехоустойчивое кодирование;
- изучить связь между структурой построения РТС и видами применяемых радиосигналов, а также помехоустойчивость этих систем.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- способность к подготовке научных публикаций в ведущих отечественных и международных научных изданиях (ПК-7)
- решать задачи синтеза и анализа радиоэлектронных устройств и их исследовать методами моделирования (ПК-12);
- способность к анализу новых видов помехоустойчивых кодов в сочетании с различными видами модуляции (ПК-15).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

- современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- новые методы исследования и способы их применения в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

### **уметь:**

- подготовить научные публикации в ведущие отечественные и международные научные издания (ПК-7)
- решать задачи синтеза и анализа радиоэлектронных устройств и их исследовать методами моделирования (ПК-12);
- анализировать новые виды помехоустойчивых кодов в сочетании с различными видами модуляции (ПК-15);

### **владеть:**

- культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основные понятия помехоустойчивого кодирования на примерах линейных блоковых кодов. Энергетический выигрыш кодирования.

Двоичные линейные блоковые коды: Хемминга, Голея, БЧХ. Исправление и стирание ошибок.

Недвоичные линейные блочные коды Рида-Соломона.

Двоичные сверточные коды. Декодирование по максимуму правдоподобия, алгоритм Витерби. Декодирование с жестким и мягким решениями.

Итеративное декодирование. Коды с низкой плотностью проверок на четность. Итеративное декодирование с жестким решением.

Турбокоды. Построение кодера и декодера. MAP-алгоритм декодирования. Итеративное декодирование.

Разновидности перемежителей и эффективность их использования при декодировании турбокода.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

5 семестр – дифференцированный зачет.

### **Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета**

1. Блочные и непрерывные коды. Расстояние Хемминга, Хемминговы сферы и исправляющая способность.

2. Линейные блочные коды, порождающая и проверочная матрицы. Методы декодирования.

3. Распределение весов и вероятность ошибки.

4. Эффективность использования кодирования в радиосистемах передачи данных.

5. Коды Хемминга. Двоичный код Голея, расширенный код Голея.

6. Двоичные коды Рида-Малера.

7. Циклические коды. Алгоритмы кодирования и декодирования циклических кодов.

8. Двоичные циклические коды. Коды БЧХ. Методы декодирования кодов БЧХ (алгоритм Бэрлекемпа-Мэсси, алгоритм Евклида, метод Ченя). Исправление ошибок при декодировании.

9. Исправление стираний и ошибок. Границы вероятностей ошибок.

10. Коды Рида-Соломона как полиномиальные коды. Основные характеристики.
11. Декодирование кодов Рида-Соломона. Исправление ошибок и стираний.
12. Рекурсивные систематические сверточные коды. Связь с блоковыми кодами: терминирующая конструкция, усеченная конструкция, циклически замкнутая конструкция.
13. Декодирование по максимуму правдоподобия, алгоритм Витерби.
14. Перфорированные сверточные коды. Рекурсивные систематические сверточные коды.
15. Алгоритмы декодирования с мягким выходом: алгоритм Витерби; алгоритм декодирования по максимуму апостериорной вероятности, OSD алгоритм с мягким выходом.
16. Различные виды комбинирования кодов: последовательное соединение кодов, прямые суммы кодов, произведение кодов, каскадные коды.
17. Коды с низкой плотностью проверок на четность: основные характеристики, методы кодирования и декодирования.
18. Турбокоды: основные характеристики, методы кодирования и декодирования.
19. Выбор вида модуляции радиосигнала и помехоустойчивого кода для достижения требуемого качества передачи информации.

### **Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов**

1. Блочные и непрерывные коды. Расстояние Хемминга, Хемминговы сферы и исправляющая способность.
2. Линейные блочные коды, порождающая и проверочная матрицы. Методы декодирования.
3. Расчет вероятности символьной и битовой ошибок на выходе декодеров.
4. Эффективность использования кодирования в радиосистемах передачи данных.

5. Характеристики кодов Хемминга, двоичного кода Голея, расширенного кода Голея, кодов Рида-Малера.

6. Циклические коды. Алгоритмы кодирования и декодирования циклических кодов.

7. Двоичные циклические коды. Коды БЧХ. Методы декодирования кодов БЧХ. Исправление ошибок при декодировании.

8. Исправление стираний и ошибок. Границы вероятностей ошибок.

9. Коды Рида-Соломона как полиномиальные коды. Основные характеристики.

10. Декодирование кодов Рида-Соломона. Исправление ошибок и стираний.

11. Рекурсивные систематические сверточные коды. Связь с блоковыми кодами: терминированная конструкция, усеченная конструкция, циклически замкнутая конструкция.

12. Декодирование по максимуму правдоподобия, алгоритм Витерби.

13. Перфорированные сверточные коды. Рекурсивные систематические сверточные коды.

14. Алгоритмы декодирования с мягким выходом: алгоритм Витерби; алгоритм декодирования по максимуму апостериорной вероятности.

15. Различные виды комбинирования кодов: последовательное соединение кодов, прямые суммы кодов, произведение кодов, каскадные коды.

16. Коды с низкой плотностью проверок на четность: основные характеристики, методы кодирования и декодирования.

17. Турбокоды: основные характеристики, методы кодирования и декодирования.

18. Выбор вида модуляции радиосигнала и помехоустойчивого кода для достижения требуемого качества передачи информации

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

### **Рекомендуемая литература**

## Основная литература

1. Вернер, М. Основы кодирования : учебник для вузов по направлению "Прикладная математика и физика" : пер. с нем. / М. Вернер . – М. : Техносфера, 2006 . – 288 с. – (Мир программирования)
2. Ипатов В.В. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения. — М.: Техносфера, 2007.
3. Б. Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ.— 2-е изд., испр . – М. : Вильямс, 2007 . – 1104 с.
4. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации.: Пер. с англ. — М.: ЗАО "РИЦ"Техносфера", 2011.
5. Новые алгоритмы формирования и обработки сигналов в системах подвижной связи / Под ред. проф. А.М. Шломы. — М.: Горячая линия-Телеком, 2008.

## Дополнительная литература

6. Томаси У. Электронные системы связи. Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 1360 с.
7. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я.Д.Ширмана. — М.: Радиотехника, 2007.
8. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. методы, алгоритмы и применение.: Пер. с англ. — М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
9. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебн. пособие.— М.: Эко-Тренд, 2005.
10. Многопороговые декодеры и оптимизационная теория кодирования / В. В. Золотарев, Ю. Б. Зубарев, Г. В. Овечкин; ред. В. К. Левин. – М. : Горячая Линия-Телеком, 2012 . – 239 с.
11. Деев В.В. Методы модуляции и кодирования в современных системах связи. — СПб.: Наука, 2007.
12. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. Изд. 2-е, исправ. и доп. — М.: Техносфера, 2006.

13. Новые алгоритмы формирования и обработки сигналов в системах подвижной связи / Под ред. проф. А.М. Шломы. — М.: Горячая линия-Телеком, 2008.