

ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский) университет

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)  
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и Положением «Об УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института  
**А.А. Саркисян**  


«21» июля 2023

Утвержден Ученым Советом ИФИ  
протокол № 33

**Инженерно-физический институт**

**Кафедра Телекоммуникаций**

**Автор(ы):** кандидат технических наук, доцент Дарьян А.В.  
*Ученое звание, ученая степень, Ф.И.О*

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**Дисциплина:** Б1.О.15 «Общая теория связи»  
*Код и название дисциплины согласно учебному плану*

Для бакалавриата:

**Направление: 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи**

**ЕРЕВАН**



## Структура и содержание УМКД

### 1. Аннотация

1.1. В результате прохождения дисциплины «Общая теория связи» обучающийся должен знать основные закономерности передачи информации в инфокоммуникационных системах, основные виды сигналов, используемых в телекоммуникационных системах, особенности передачи различных сигналов по каналам и трактам телекоммуникационных систем. Актуальной практической задачей дисциплины является подготовка студентов к творческому профессиональному восприятию последующих специальных дисциплин.

1.2. Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с последующими дисциплинами: построение телекоммуникационных сетей и систем, теория связи с подвижными объектами и с последующими УМКД магистратуры.

1.3. Студент должен

- **знать** основы по курсам: математического анализа, аналитической геометрии, векторной алгебры и векторного анализа, дифференциальных уравнений, по общим курсам физики – механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, атомная физика.
- **уметь** применять знания при решении соответствующих задач
- **владеть** навыками интегрального, дифференциального, векторного и матричного исчислений.

1.4. Дисциплины, изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины следующие - физика I, II, III, IV, математика I, II, III, IV, теория вероятностей и математическая статистика, теория цепей, радиотехника.

### 2. Содержание

2.1. Цели и задачи дисциплины:

**Цель дисциплины** – изучение основ общей теории связи, основных преобразований, происходящих в различных звеньях системы связи, основных принципов, на основе которых осуществляется выбор структуры системы связи. В цель дисциплины входит также формирование у студентов навыков постановки и решения задач теоретико-информационного характера, и выполнения необходимых расчетов. Теоретическая подготовка необходима для развития творческого подхода в дальнейшей профессиональной деятельности в качестве инженера в области проектирования, создания и эксплуатации

современных телекоммуникационных средств, а также для полноценной деятельности в области научных исследований по направлению теории информации, связи, кодирования и сетевых технологий.

**Задача** - научить студентов оценивать информационные и физические параметры сигналов и влияние искажений и помех на процесс передачи сигналов, строить алгоритмы дискретизации, кодирования, модуляции и демодуляции, дать студентам основы знаний в области построения систем аналоговой, цифровой и многоканальной связи, их оптимизации, оценки их помехоустойчивости и эффективности.

2.2 После изучения дисциплины студент должен:

- **знать** основные математические методы описания сообщений, сигналов, помех и каналов связи, основные методы формирования и преобразования сигналов, основы теории передачи и кодирования сообщений, основы теории помехоустойчивости систем связи,
- **иметь** сведения об основных принципах построения систем проводной, беспроводной и оптической связи, многоканальных систем и телекоммуникационных сетей, а также иметь понимание современных тенденций развития телекоммуникационных систем.
- **уметь** производить оценки информационных и физических параметров сообщений и сигналов, рассчитывать параметры кодирования и модуляции, строить алгоритмы декодирования и приема сигналов на фоне шума, оценивать помехоустойчивость системы связи.
- **владеть** навыками практической работы.

2.2.Трудовое количество дисциплины: в академических часах – 252, в кредитах – 7

2.2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Семестр	Семестр	Всего, в акад. часах
	5	6	
<b>1. Общая трудовое количество изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:</b>	<b>108</b>	<b>144</b>	<b>252</b>
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>136</b>
1.1.1. Лекции	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>68</b>
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>68</b>
1.1.2.1. Обсуждение прикладных проектов			
1.1.2.2. Кейсы			
1.1.2.3. Деловые игры, тренинги			
1.1.2.4. Контрольные работы			
1.1.2.5. Другое (указать)			
1.1.3. Семинары			
1.1.4. Лабораторные работы			

1.1.5. Другие виды (указать)			
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	40	22	62
1.2.1. Подготовка к экзаменам			
1.2.2. Другие виды самостоятельной работы, в т.ч. (указать)			
1.2.2.1. Письменные домашние задания			
1.2.2.2. Курсовые работы			
1.2.2.3. Эссе и рефераты			
1.2.2.4. Другое (указать)			
1.3. Консультации			
1.4. Другие методы и формы занятий			
Итоговый контроль (экзамен, зачет, диф. зачет - указать)	Зачет	Экзамен 54	Экзаме н 54

2.2.2. Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Лабораторные работы (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)
<i>1</i>				
<b>МОДУЛЬ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ СВЯЗИ</b>				
<b>Раздел 1. Введение. Основные функциональные звенья систем связи</b>	8	8		
<i>Тема 1.1. Введение</i>	1	1		
<i>Тема 1.2. Информация и сообщение. Постановка задачи связи. Линии связи</i>	1		1	
<i>Тема 1.3. Сигналы, кодирование информации и линейное кодирование, модуляция.</i>	2	1	1	
<i>Тема 1.4. Структурная схема системы связи, канал связи, помехи (шумы) и искажения</i>	2	1	1	
<i>Тема 1.5. Основные параметры сигналов и каналов связи</i>	2	1	1	
<b>МОДУЛЬ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ</b>				
<b>Раздел 2. Детерминированные сигналы</b>	18			
<i>Тема 2.1. Сигнал как функции времени. Параметры гармонического сигнала</i>	1			
<i>Тема 2.2. Периодический сигнал. Ряд Фурье</i>	3		3	
<i>Тема 2.3. Непериодический сигнал. Преобразование</i>	2	2		

<b>Фурье</b>				
<i>Тема 2.4. Спектральный и временной подход к описанию линейных цепей.</i>	2	2	3	
<i>Тема 2.5. Временная функция корреляции детерминированных сигналов.</i>	2	2		
<i>Тема 2.6. Квазигармоническое описание детерминированных сигналов</i>	2	2		
<i>Тема 2.7. Трансформация спектра при нелинейных преобразованиях сигнала</i>	6	2	4	
<b>Раздел 3. Модуляция гармонического сигнала</b>	14			
<i>Тема 3.1. Сигналы АМ и их разновидности</i>	2		4	
<i>Тема 3.2. Формирование и детектирование АМ сигналов</i>	4		4	
<i>Тема 3.3. Сигналы с угловой модуляцией (УМ) и их разновидности</i>	2			
<i>Тема 3.4. Формирование и детектирование сигналов УМ</i>	4		4	
<i>Тема 3.5. Частотное уплотнение линий связи</i>	2	2		
<b>МОДУЛЬ 3. ЦИФРОВАЯ ПЕРЕДАЧА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ</b>				
<b>Раздел 4. Цифровое представление аналоговых сигналов</b>	10			
<i>Тема 4.1. Амплитудно-импульсная модуляция</i>	2	2		
<i>Тема 4.1. Теорема Котельникова. Дискретизация сигналов.</i>	4	1	2	
<i>Тема 4.3. Квантование, ИКМ</i>	2	1	2	
<i>Тема 4.4. Регенерация дискретных сигналов.</i>	2	2		
<b>Раздел 5. Передача дискретных сигналов в основной полосе</b>	10			
<i>Тема 5.1. Передача импульсов.</i>	2	2		
<i>Тема 5.2. Тактовая синхронизация. Асинхронная передача</i>	1	1		
<i>Тема 5.3. Тактовая синхронизация. Синхронная передача.</i>	2	2		
<i>Тема 5.4. Передача последовательностей. Задача кодирования для линии (линейное кодирование).</i>	2	2		
<i>Тема 5.5. Методы линейного кодирования.</i>	2	2		
<i>Тема 5.6. Временное уплотнение линии (временное разделение каналов).</i>	1	1		
<b>Раздел 6. Дискретная модуляция гармонического сигнала. (Полосовая передача)</b>	4			
<i>Тема 6.1. Двоичные методы модуляции</i>	2		2	
<i>Тема 6.2. Недвоичные методы модуляции</i>	2		2	
<b>МОДУЛЬ 4. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ</b>				
<b>Раздел 7. Коды с гарантированным обнаружением и исправлением ошибок</b>	8			
<i>Тема 7.1. Принципы построения корректирующих</i>	2	1		

<i>кодов</i>				
<i>Тема 7.2. Линейные двоичные коды</i>	2	1		
<i>Тема 7.2. Простейшие линейные двоичные коды</i>	2		4	
<i>Тема 7.3. Прочие методы помехоустойчивого кодирования.</i>	2	2		
<b>итого в первом семестре</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	
<b>МОДУЛЬ 5. СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ</b>				
<b>Раздел 8. Случайные процессы</b>	16			
<i>Тема 8.1. Вероятностное описание случайных процессов</i>	4	2		
<i>Тема 8.2. Числовые характеристики случайных процессов</i>	4	1	4	
<i>Тема 8.3. Спектральная плотность мощности случайного процесса</i>	2	2	4	
<i>Тема 8.4. Квазигармоническое и комплексное представление случайных процессов</i>	2	1		
<i>Тема 8.5. Огибающая и фаза узкополосного Гауссова процесса, распределения Релея и Райса</i>	4	2		
<b>МОДУЛЬ 6. ИСТОЧНИКИ И КАНАЛЫ СВЯЗИ</b>				
<b>Раздел 9. Источники и каналы</b>	14			
<i>Тема 9.1. Дискретные источники. Энтропия.</i>	3	2		
<i>Тема 9.2. Производительность дискретного источника. Теорема кодирования источника.</i>	3	2		
<i>Тема 9.3. Непрерывные источники.</i>	2	1		
<i>Тема 9.4. Модели дискретных каналов</i>	2	1		
<i>Тема 9.5. Пропускная способность дискретных каналов. Теорема кодирования для каналов с шумами.</i>	2	2		
<i>Тема 9.6. Пропускная способность Гауссова канала.</i>	2	2		
<b>Раздел 10. Помехи в каналах связи</b>	18			
<i>Тема 10.1. Аддитивные помехи в канале</i>	4		4	
<i>Тема 10.2. Шумы электронных приборов и квантовые шумы</i>	6		6	
<i>Тема 10.3. Коэффициент шума и шумовая температура четырехполюсника</i>	4	2	2	
<i>Тема 10.4. Особенности радиоканалов.</i>	4	4		
<b>МОДУЛЬ 7. ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО НЕПРЕРЫВНЫМ КАНАЛАМ</b>				
<b>Раздел 11. Оптимальный когерентный прием на фоне Гауссовской помехи</b>	14			
<i>Тема 11.1. Постановка задачи, критерии качества приема. Оптимальный когерентный прием.</i>	2	2		
<i>Тема 11.2. Реализация оптимального приема с помощью активных и согласованных фильтров.</i>	4	2	6	
<i>Тема 11.3. Вероятность ошибки оптимального когерентного приема</i>	2	2		

<b>Тема 11.4. Прочие методы приема сигналов</b>	6	2		
<b>МОДУЛЬ 8. ПРИНЦИПЫ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СВЯЗИ</b>	10	8		
<b>Раздел 12 . Основы теории линейного разделения</b>	4	3		
<b>Тема 12 .1. Структурная схема многоканальной системы связи</b>	2	1		
<b>Тема 12.2. Основы линейной теории разделения сигналов</b>	2	2		
<b>Раздел 13 . Основные типы многоканальных систем</b>	6	3		
<b>Тема 13 .1. Системы ЧРК</b>	1	1		
<b>Тема 13 .2. Системы ВРК</b>	1	1		
<b>Тема 13 .3. Разделение сигналов по форме</b>	4	1		
<b>итого во втором семестре</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	

### 2.3.3 Содержание разделов и тем дисциплины

#### МОДУЛЬ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ СВЯЗИ

##### **Тема 1.1. Введение**

Предмет дисциплины и её задачи. Структура курса, виды и методы подготовки и контроля. Рекомендуемая литература.

(Б [1], введение; О [1], введение)

##### **Раздел 1. Основные функциональные звенья систем связи**

##### **Тема 1.2. Информация и сообщение. Постановка задачи связи. Линии связи**

Информация и сообщение. Передача и хранение информации. Историческое развитие средств связи. Виды сообщений в современных системах связи. Дискретные (символьные) и непрерывные сообщения. Проводные и беспроводные линии связи. Диапазоны частот электромагнитных волн, применяемых в связи. Оптические линии. Радиосвязь и радиовещание

(Б [1], гл.1, §1.1, О [1], гл.1, §1.1 )

##### **Тема 1.3. Кодирование информации и кодирование для линии, модуляция, сигналы**

Кодирование символьных сообщений, экономичное кодирование. Примеры экономичного кодирования. Символьное представление непрерывных сообщений, сжатие информации. Сообщение и сигнал. Линейный сигнал, линейное кодирование. Модуляция.

(Б [1], гл.1, §1.4, 1.5, О [1], гл.1, §1.4 )

## Раздел 2. Системы связи

### ***Тема 1.4. Структурная схема системы связи, канал связи, помехи (шумы) и искажения***

Структурная схема системы связи. Канал связи. Разновидности каналов. Искажения и помехи. Помехи в линии и канале. Аддитивные и мультипликативные помехи. Источники помех. Флуктуационные помехи. Влияние помех в дискретных каналах.

(Б [1], гл.1, §§1.2, 1.3, О [1], гл.1, §§1.2, 1.3 )

### ***Тема 1.5. Основные параметры сигналов и каналов связи.***

Верность передачи и скорость передачи в непрерывных и дискретных каналах связи. Определение ширины полосы, длительности и динамического диапазона сигнала. Пикфактор. Параметры основных сигналов электросвязи. Определение ширины полосы, длительности и динамического диапазона канала. Объем сигнала и канала. Обмен параметров сигналов или каналов.

(Б [1], гл.1, §1.7, О [1], гл.1, §1.7)

## МОДУЛЬ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

### Раздел 2. Детерминированные сигналы.

#### ***Тема 2.2. Периодический сигнал. Ряд Фурье***

Спектральное разложение периодических сигналов - ряд Фурье. Спектр амплитуд и фаз, основная частота. Комплексная форма ряда Фурье. Векторное представление сигналов. Равенство Парсеваля. Спектр мощности периодического сигнала. Спектры некоторых сигналов.

( О [2], гл.3, §§ 3.1-3.3 О [5], гл.2, §§ 2.3-2.9)

#### ***Тема 2.3. Непериодический сигнал. Преобразование Фурье***

Спектральное разложение сигналов с конечной энергией - преобразование Фурье. Амплитудный и фазовый спектры. Свойства преобразования Фурье. Связь между длительностью и шириной спектра. Эффективная ширина спектра и эффективная длительность сигнала. Спектральная плотность энергии и мощности.

( О [2], гл.3, §§ 3.1-3.3 О [5], гл.2, §§ 2.3-2.9)

#### ***Тема 2.4. Спектральный и временной подход к описанию линейных цепей.***

Применение принципа суперпозиции при описании линейных четырехполюсников.



Передаточная функция. Интеграл Фурье. Разложение сигнала в сумму по единичным функциям и единичным импульсам. Интеграл Дюамеля.

(О [2], гл.8, § 8.2 О [5], гл.5, § 5.3)

***Тема 2.5. Временная функция корреляции.***

Временная функция автокорреляции, ее связь со спектральной плотностью мощности. Время корреляции. Функция взаимной корреляции.

(О [2], гл.3, §§ 3.1-3.4 О [5], гл.2, §§ 2.18-2.19)

***Тема 2.6. Квазигармоническое описание детерминированных сигналов***

Квазигармоническое представление узкополосных сигналов. Преобразование Гильберта. Аналитический сигнал

(О [2], гл.5, §§ 5.3, 5.4,)

***Тема 2.7. Трансформация спектра при нелинейных преобразованиях сигнала***

Образование гармоник при степенных преобразованиях гармонического сигнала. Образование комбинационных частот. Спектральный состав при преобразовании суммы двух гармонических сигналов.

**Раздел 3. Модуляция гармонического сигнала.**

***Тема 3.1. Сигналы АМ и их разновидности***

Временная диаграмма АМ сигнала и его параметры. Спектральная диаграмма АМ сигнала. Векторная диаграмма АМ сигнала. Перемодуляция. БАМ и ОБП, их преимущества.

(Б [1], гл. 3, § 3.2, О [2], гл.4, § 4.1, О [5], гл.3, §§ 3.2, 3.3 )

***Тема 3.2. Формирование и детектирование АМ сигналов***

Формирование БАМ путём перемножения несущей и информационного сигнала. Синтез АМ сигнала из сигнала БАМ. Диодный детектор огибающей. Искажения, связанные с перемодуляцией.

(Б [1], гл. 3, § 3.2, О [2], гл.4, § 4.1, О [5], гл.3, §§ 3.2, 3.3 )

***Тема 3.3. Сигналы с угловой модуляцией (УМ) и их разновидности***

Аналитическое выражение сигнала с УМ. Индекс модуляции и девиация частоты. Фазовая и частотная модуляция. Векторная диаграмма УМ сигнала. Спектр УМ сигнала при малом индексе модуляции. Структура и ширина спектра УМ сигнала.

(Б [1], гл. 3, § 3.3, О [2], гл.4, § 4.2, О [5], гл.3, §§ 3.4-3.6 )

(Б [1], гл. 3, § 3.3, О [3], гл.3, § 3.7)

***Тема 3.4. Формирование и детектирование сигналов УМ***

Генератор, управляемый напряжением (ГУН). Формирование сигнала УМ с помощью ГУН. Связь между девиацией частоты и индексом модуляции. Детектор ФМ сигнала на расстроенном контуре. Искажения, связанные с неверным выбором рабочей точки.

(Б [1], гл. 3, § 3.3, О [3], гл.3, § 3.7)

***Тема 3.4. Частотное уплотнение линий связи***

Принцип частотного разделения сигналов. Мультиплексирование и демультиплексирование при ЧРК. Переходные помехи. Защитный интервал. Параметры телефонных многоканальных систем с ЧРК

(Б [1], гл.9, §9.2, О [1], гл.8, §8.2)

**МОДУЛЬ 3. ЦИФРОВАЯ ПЕРЕДАЧА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ**

**Раздел 4. Цифровое представление аналоговых сигналов**

***Тема 4.1. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)***

Временная диаграмма сигнала АИМ. Частотная диаграмма сигнала АИМ. Наложение спектров. Условие неискажённого восстановления информационного сигнала из АИМ.

(Б [1], гл. 2, § 2.4, О [2], гл.5, §5.2)

***Тема 4.2. Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова***

Представление сигнала в виде последовательности отсчетов. Сигналы с ограниченным спектром. Теорема Котельникова. Ряд Котельникова как ортогональное разложение. База сигнала. Отсчетные функции. Восстановление дискретизированного сигнала. Спектральная интерпретация процесса дискретизации и восстановления сигнала. Погрешности восстановления.

(Б [1], гл. 2, § 2.4, О [2], гл.5, §5.2)

***Тема 4.3. Квантование, ИКМ***

Квантование дискретизированного сигнала. Шум квантования. Цифровое представление квантованного сигнала. Аналого-цифровые преобразователи. Импульсно-кодовая модуляция. Расширение полосы сигнала при ИКМ.

(Б [1], гл. 8, § 8.0, О [2], гл.5, §5.2)

**Тема 4.4. Регенерация дискретных сигналов**

Регенерация сигнала АИМ. Условие правильной регенерации. Регенерация сигнала ИКМ.

(Б [1], гл.8, §8.9, ; О [1], гл.7, §7.1)

**Раздел 5. Передача дискретных сигналов в основной полосе**

***Тема 5.1. Передача импульсов.***

Понятие дискретной модуляции (манипуляции). Тактовый интервал. Искажение импульсов. Межсимвольная интерференция (МСИ). Отсчётная функция. Барьер Найквиста. Плотность передачи.

(О [9] , гл. 4, § 4.1)

***Тема 5.2. Тактовая синхронизация. Асинхронная передача***

Необходимость тактовой синхронизации. Синхронизация на передающем и приёмном концах . Стартстопный принцип передачи.

(О [9] , гл. 4, § 4.2)

***Тема 5.3. Тактовая синхронизация. Синхронная передача.***

Принцип синхронной передачи. Синхронизация тактового генератора приёмного конца с тактовым генератором передающего конца. Принцип работы «замкнутого синхронизатора». Условие надёжности работы ФАПЧ.

(О [9] , гл. 4, § 4.2)

***Тема 5.4. Передача последовательностей. Задача кодирования для линии (линейное кодирование).***

Проблемы постоянной составляющей при передаче последовательностей. Дрейф нуля. Необходимость перекодировки последовательности перед передачей по линии. Задачи, решаемые кодированием для линии.

(О [9], гл.4, §4.3 )

***Тема 5.5. Методы линейного кодирования.***

Требования к сигналам, представляющим двоичные последовательности. Проблема межсимвольной интерференции и синхронизации. Полярность кода. Простые коды – NRZ, RZ и PE, их свойства. «Обусловленные» (conditional) коды и их разновидности. Разные типы кодов для линии. Частотная полоса.

(О [9], гл.4, §4.3 )

**Тема 5.6. Временное уплотнение линии (временное разделение каналов).**

Схема многоканальной системы передачи аналоговых сигналов с временным разделением. Временное уплотнение линии сигналами АИМ. Взаимные (переходные) помехи вследствие МСИ. Временное разделение в системах с ИКМ. Принцип объединения двух цифровых потоков методом чередования битов. Сверхцикл. Задача тактовой, цикловой и сверхцикловой синхронизации.

(О [9], гл.4, §4.6 )

**Раздел 6. Дискретная модуляция гармонического сигнала. (Полосовая передача)**

**Тема 6.1. Двоичные методы модуляции**

Амплитудная, фазовая и частотная манипуляция (АМ, ФМ, ЧМ). Временные и частотные диаграммы сигналов АМ, ФМ и ЧМ. Частотная манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). Ширина полосы при полосовой передаче. Относительная фазовая манипуляция (ОФМ).

(Б [1], гл. 3, § 3.5, ), (О [9], гл. 6, § 6.1 )

**Тема 6.2. Недвоичные методы модуляции.**

Четырёхпозиционная (двукратная) фазовая манипуляция (4-ФМ). Квадратурный способ реализации многократной ФМ. Квадратурная (амплитудно-фазовая) модуляция (КАМ). Квадратурные коэффициенты. Реализация КАМ. Сравнительные характеристики многократной ФМ и КАМ.

(Б [1], гл. 3, § 3.5,) (О [9], гл. 6, § 6.1 )

**МОДУЛЬ 4. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ**

**Раздел 7. Коды с гарантированным обнаружением и исправлением ошибок.**

***Тема 7.1. Принципы построения корректирующих кодов***

Общий принцип построения помехоустойчивых кодов. Блочные коды. Основание кода, избыточность, относительная скорость кода. Пространство Хемминга. Групповые коды. Систематические коды. Определение корректирующей способности кода. Вектор ошибки. Кодовое расстояние. Проблема декодирования.

(Б [1], гл7, §7.1, О [1], гл.5, §5.2, О [4], гл.1)



***Тема 7.2. Математическое описание двоичных кодов***

Двоичное поле и векторное пространство над двоичным полем. Метрика Хэмминга. Вес двоичного вектора. Векторное описание ошибок. Кодовое расстояние.

(Б [1], гл.7, §§7.3.2, 7.3.3, О [1], гл.5, §5.3, О [4], гл.3, §§ 3.1, 3.2 )

***Тема 7.3. Линейные двоичные коды***

Определение линейного кода. Проверочная матрица линейного кода. Процедура кодирования. Синдром. Обнаружение и исправление ошибок. Декодирование с обнаружением и исправлением ошибок.

(Б [1], гл.7, §§7.3.2, 7.3.3, О [1], гл.5, §5.3, О [4], гл.3, §§ 3.1, 3.2 )

***Тема 7.4. Простейшие линейные двоичные коды***

Код с одной проверкой на чётность. Проверочная матрица и кодовое расстояние кода с одной проверкой на чётность. Процедура кодирования и декодирования. Код Хэмминга. Проверочная матрица и кодовое расстояние кода Хэмминга. Процедура кодирования и декодирования. Декодирование в случае более чем одной ошибки.

(Б [1], гл.7, §7.3.4, О [1], гл.5, §5.4, О [4], гл.7, §§ 7.1-7.3 )

***Тема 7.5. Прочие методы помехоустойчивого кодирования.***

Линейные коды, задаваемые посредством многочлена. Циклические коды. Коды БЧХ. Последовательности максимальной длины. Общее описание различных методов помехоустойчивого кодирования.

(Б [1], гл.7, §7.3.4, О [1], гл.5, §5.4, О [4], гл.7, §§ 7.1-7.3 )

**МОДУЛЬ 5. СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

**Раздел 8. Случайные процессы.**

***Тема 8.1. Вероятностное описание случайных процессов***

Случайные процессы. Сечение случайного процесса. Многомерные функции вероятности и плотности вероятности случайного процесса. Независимость сечений. Процессы стационарные в широком смысле. Некоторые стандартные распределения.

(Б [1], гл.2, §2.1, О [1], гл.2, §2.1)

***Тема 8.2. Числовые характеристики случайных процессов***

Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса. Функция корреляции случайного процесса. Процессы стационарные в узком смысле. Эргодические процессы. Усреднение по времени и по ансамблю.

(Б [1], гл.2, §2.1, О [1], гл.2, §2.1)

**Тема 8.3. Сведения о различных типах случайных процессов**

Гауссовы случайные процессы. Марковские процессы. Пуассоновский процесс. Распределение вероятности дискретных величин.

(Б [1], гл.2, §2.5, О [1], гл.2, §2.5)

**Тема 8.4. Спектральная плотность мощности случайного процесса.**

Спектральное описание случайных процессов. Спектральная плотность мощности. Теорема Винера-Хинчина. Эффективная ширина спектра и время корреляции. Белый и квазирозовый шум, его функция корреляции. Спектр и функция корреляции синхронного телеграфного сигнала.

(Б [1], гл.2, §2.6, О [1], гл.2, §2.5)

**Тема 8.5 Квазигармоническое представление случайных процессов**

Квазигармоническое представление узкополосного случайного процесса. Однозначное определение огибающей и фазы случайного процесса. Преобразование Гильберта. Аналитический сигнал и его свойства. Квадратурные компоненты узкополосного случайного процесса.

(Б [1], гл.2, §2.7, О [1], гл.2, §§2.3, 2.4)

**Тема 8.6. Огибающая и фаза узкополосного Гауссовского процесса,**

Огибающая и фаза квазирозового шума и смеси шума с гармоническим сигналом.  
(О [2], гл.7, § 7.3, О [5], гл.4, §§ 4.6, 4.7 )

МОДУЛЬ 6. ИСТОЧНИКИ И КАНАЛЫ СВЯЗИ

**Раздел 9. Источники и каналы**

**Тема 9.1. Дискретные источники.**

Собственная информация. Энтропия источника. Энтропия двоичного источника.

(Б [1 ] гл.5, § 5.1, 5.2. О [1 ] гл.4, §4.3) (Б [1 ] гл.5, § 5.3,О [1 ] гл.4, §4.3)

**Тема 9.2. Производительность дискретного источника.**

Производительность и скорость передачи. Производительность двоичного источника. Избыточность и экономное кодирование. Теорема кодирования источника.

(Б [1 ] гл.5, § 5.1, 5.2. О [1 ] гл.4, §4.3) (Б [1 ] гл.5, § 5.3,О [1 ] гл.4, §4.3)

**Тема 9.3. Непрерывные источники.**

Энтропия и дифференциальная энтропия непрерывного источника. Дифференциальная энтропия гауссова источника.

(Б [1 ] гл.5, § 5.1, О [1 ] гл.4, §4.3)

**Тема 9.4. Модели дискретных каналов.**

Двоичный симметричный канал. Стирание в канале. Двоичный канал со стиранием. Априорные и апостериорные вероятности.

(Б [1 ] гл.5, § 5.2. О [1 ] гл.4, §4.3)

**Тема 9.5. Пропускная способность дискретных каналов**

Взаимная информация, потери информации. Пропускная способность дискретных каналов. Теорема кодирования для каналов с шумами.

О [1 ] гл.4, §4.3) (Б [1 ] гл.5, § 5.3,

**Тема 9.6. Пропускная способность Гауссова канала.**

(Б [1 ] гл.5, § 5.3, О [1 ] гл.4, §4.3)

**Раздел 10. Помехи в каналах связи.**

**Тема 10.1. Аддитивные помехи в канале**

Классификация помех по происхождению и по свойствам. Внешние помехи в радиоканалах. Флуктуационные, импульсные и сосредоточенные помехи. Внутренние шумы. Внешние помехи в проводных системах связи. Переходные помехи в линиях многоканальных систем связи. Собственные и внутренние шумы в оптических линиях связи.

((Б [1], гл.4, §4.3.7)

**Тема 10.2. Шумы электронных приборов и квантовые шумы**

Дробовой шум в лампах. Шумы полупроводниковых приборов. Дробовой (квантовый) шум оптических систем. Тепловой шум.

(О [2], гл.10, § 10.2; О [5], гл.7, §7.3)

**Тема 10.3. Коэффициент шума и шумовая температура**

Коэффициент шума четырехполюсника. Шумовая температура четырехполюсника. Коэффициент шума и шумовая температура приемника. Шумовая и относительная шумовая температура и коэффициент шума смесителя.

**Тема 10.4. Особенности радиоканалов.**

Прохождение радиосигнала в атмосфере. Замирания радиосигнала при дальней связи. Особенности городской и мобильной радиосвязи. Интерференция отражённых лучей. Замирания. Многолучевой приём.

(О [2], гл.10, § 10.2; О [5], гл.7, §7.3)

**МОДУЛЬ 7. ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО НЕПРЕРЫВНЫМ  
КАНАЛАМ**

**Раздел 11. Оптимальный когерентный прием на фоне Гауссовской помехи.**

***Тема 11.1. Постановка задачи, критерии качества приема Алгоритм оптимального когерентного приема***

Выбор дискретного ансамбля из множества входных состояний непрерывного канала. Критерий качества выбора. Правило приема, его качество. Правила максимума правдоподобия, максимума апостериорной вероятности (идеального наблюдателя), Неймана-Пирсона, Байесовское правило приема, функция потерь. Расчет функции правдоподобия для известного ансамбля сигналов на фоне Гауссовской помехи. Алгоритм оптимального приема. Случай двоичного канала. Системы с активной и пассивной паузой. Корреляционный фильтр. (Б [1 ] гл.5, § 5.1, 5.2. О [1 ] гл.4, §4.3) (Б [1 ] гл.5, § 5.3, О [1 ] гл.4, §4.3)

***Тема 11.2. Реализация оптимального приема с помощью активных и согласованных фильтров.***

Структурная схема корреляционного фильтра. Реализации корреляционного фильтра в двоичном случае. Квадратурная схема реализации оптимального приема. Активный фильтр в случае однополярных и биполярных прямоугольных импульсов, а также двоичных АМ, ФМ, и ЧМ. Вычисление корреляционного интеграла с помощью линейного фильтра. Передаточная функция и импульсная характеристика согласованного фильтра. Структурная схема оптимального приема на основе согласованного фильтра. Согласованный фильтр в случае однополярных и биполярных прямоугольных импульсов, а также двоичных АМ, ФМ, и ЧМ. Реализация согласованного фильтра на основе линии задержки с отводами.

(Б [1 ] гл.5, § 5.4, О [1 ] гл.4, §4.4) (Б [1 ] гл.5, § 5.3, О [1 ] гл.4, §4.3)



***Тема 11.3. Вероятность ошибки оптимального когерентного приема***

Расчет вероятности ошибки оптимального когерентного приема в двоичном случае, взаимная (эквивалентная) энергия сигналов. Сравнение помехоустойчивости различных двоичных сигналов. Взаимная энергия ортогональных и противоположных сигналов. Особенности приема АМ, ФМ, ЧМ и ОФМ.

(Б [1 ] гл.5, § 5.5, О [1 ] гл.4, §4.5)

***Тема 11.4. Прочие методы приема сигналов***

Прием сигналов при наличии межсимвольной интерференции. Прием в каналах с замираниями, разнесенный прием. Прием в каналах с импульсными помехами, ШОУ. Борьба с сосредоточенными помехами.

(Б [1 ] гл.5, §§5.8, 5.9, О [1 ] гл.4, §4.7)

**МОДУЛЬ 8. ПРИНЦИПЫ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СВЯЗИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИИ**

**Раздел 12 . Основы теории разделения сигналов.**

***Тема 12 .1. Структурная схема многоканальной системы связи***

Структурная схема многоканальной системы связи. Индивидуальные передатчики. Мультиплексор, групповой сигнал. Групповой передатчик, линейный сигнал. Демультиплексор. Аппаратура уплотнения. Групповой тракт передачи. Переходные помехи.

(Б [1], гл.9, §9.1 , О [1], гл.8, §8.1)

***Тема 12.2. Основы линейной теории разделения сигналов***

Выбор линейно-независимых сигналов для передачи индивидуальных сообщений. Условие линейной делимости сигналов. Общий подход к разделению линейно независимых сигналов. Структурная схема линейного разделения сигналов по форме.

(Б [1], гл.9, §9.1 , О [1], гл.8, §8.1)

**Раздел 13 . Основные типы многоканальных систем с линейным разделением.**

***Тема 13 .1. Системы ЧРК***

. Принцип частотного разделения сигналов. Мультиплексирование и демультиплексирование при ЧРК. Переходные помехи. Защитный интервал. Параметры телефонных многоканальных систем с ЧРК

(Б [1], гл.9, §9.2 , О [1], гл.8, §8.2)

***Тема 13.2. Системы ВРК***

Принцип временного разделения сигналов. Мультиплексирование и демультиплексирование при ЧРК. Проблема синхронизации. Переходные помехи. Защитный интервал. Параметры телефонных многоканальных систем с ВРК

(Б [1], гл.9, §9.2 , О [1], гл.8, §8.2)

***Тема 13.3. Разделение сигналов по форме***

Выбор линейно-независимых сигналов на основе дискретных последовательностей. «Почти ортогональные» сигналы с большой базой – шумоподобные сигналы. Корреляционные свойства шумоподобных сигналов. Примеры шумоподобных сигналов. Структурная схема линейного разделения сигналов по форме. Функции Уолша и Радемахера и их свойства. Кодовое разделение сигналов. Реализация разделения сигналов, построенных на основе дискретных последовательностей.

(Б [1], гл.9, §9.3 , О [1], гл.8, §8.3)

**2.3.4. Краткое содержание лабораторного практикума**

1. Ознакомление с интерфейсом и приёмами работы с «Multisim»-ом
2. Исследование сигналов и их спектров.
3. Исследование амплитудной модуляции
4. Исследование угловой модуляции
5. Исследование диодного детектора АМ сигнала
6. Исследование детектора ЧМ сигнала с расстроенным контуром

**2.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника
- Проектор
- Слайдоскоп

2.5. Распределение весов по модулям и формам контроля

Формы контролей	Весы форм текущих контролей в результирующих оценках текущих контролей			Весы форм промежуточных контролей в оценках промежуточных контролей			Весы оценок промежуточных контролей и результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей			Весы итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточных контролей	Весы результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1 <sup>1</sup>	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Вид учебной работы/контроля	M1 <sup>1</sup>	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Контрольная работа					1	1					
Тест											
Курсовая работа											
Лабораторные работы		0.5	0,5								
Письменные домашние задания											
Реферат											
Эссе											
Практические занятия		0.5	0,5								
<i>Другие формы (Указать)</i>											
Весы результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								0.4	0,4		
Весы оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								0.6	0,6		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей											
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей										0,5	
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей										0,5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля											0.4
<b>Экзамен/зачет (оценка итогового контроля)</b>											(Экзамен) 0.6
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

<sup>1</sup> Учебный Модуль

### **3. Теоретический блок**

#### **а) Базовые учебники**

1. Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В. Теория электрической связи: Учебник для вузов/ - М.: Радио и связь, 1999. – 432с.
1. Общая теория связи: Курс лекций Ч 1 / А.В. Дарьян. – Ер.: РАУ.
2. Общая теория связи: Курс лекций Ч 2 / А.В. Дарьян. – Ер.: РАУ.

#### **б) Основная литература:**

1. Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов. - М.: Связь, 1980, 288 с.
2. Баскаков С.И. «Радиотехнические цепи и сигналы», «ВШ». – М.: 1988 – 448 с.
3. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей. - М.: Радио и связь, 1982.
4. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. -М.: Мир, 1986.-576с.
5. Гоноровский И.С. «Радиотехнические цепи и сигналы»: Учебник для вузов,-М.: Радио и связь, 1986.
6. Васюков В.Н., Новиков К.В. Теория электрической связи: Сборник задач и упражнений. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – с.
7. Дмитриев А.Л. Оптические системы передачи информации./Учебное пособие.-СПб: СПбГУИТМО, 2007.-96с.
8. Никитин Г.И. Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов.:Учебное пособие/ СПбГУАП.СПб, 2003.-86с.
9. Беллами Дж. Цифровая телефония: Пер. с англ. / Под ред. Ф.Н.Берлина, Ю.Н.Чернышева. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 640с.
10. Окунев Ю.Б. Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами. – М.: Радио и связь.- 1991.-296с.

#### **в) Дополнительная литература:**

1. Харкевич А.А.. Основы радиотехники. – М: Изд. Сов. Радио, 1962.
2. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. – Госэнергоиздат, 1956. – 152с.
3. Возенкрафт Дж., Джекобс И. Теоретические основы техники связи. – М., Мир, 1969. –
4. Галлагер Р. Теория информации и надежная связь. - М., Мир, 1974. – 640с.



5. Glover I., Grant P. Digital communication. – Prentice Hall. 2000. – 734 pp.
6. Wilson S/D. Digital modulation & coding. - Prentice Hall. 1998. – 676 pp.
7. Stallings W. Data and computer communication. - Prentice Hall. 1997. – 808pp.
8. Прокис Дж. Цифровая связь. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
9. Вишнеvский В.М. и др., Широкополосные беспроводные сети передачи информации.- «Техносфера» : , 2005. -592с.
10. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. Под ред. А.С. Немировского. – М: «Радио и связь» , 1986.
11. Питерсон У., Велдон Э. Коды, исправляющие ошибки. – М.: Мир, 1976. – 596с.
12. Иванов А.В. Волоконная оптика. – М.: «Сайрус Системс» 1999. – 658с.
13. Л.Я. Канья. Спутниковая связь и вещание. – М.: Радио и связь, 1997.

**г) Другие источники:**

1. <http://www.intuit.ru>
2. <http://www.javvin.com/telecomglossary>
3. <http://telecomencyclopedia.com>
4. <http://foldoc.org>
5. <http://window.edu.ru>
6. <http://www.dsp-book.narod.ru>

**4. Практический блок**

4.1. Лабораторные работы проводятся:

- ✓ на учебных лабораторных стендах,
- ✓ в виртуальной среде MULTISIM
- ✓ строятся в соответствии с указанными ниже учебно-методическими пособиями

**4.2. Материалы по практической части курса**

**4.2.1. Учебно-методические пособия:**

- ✓ Руководство по проведению лабораторных работ по ОТС на учебных стендах
- ✓ Руководство по проведению лабораторных работ по ОТС в MULTISIM

**4.2.2. Наглядно-иллюстративные материалы**

- ❖ Система компьютерного моделирования MULTISIM

## **5. Материалы по оценке и контролю знаний**

### **Перечень экзаменационных вопросов**

1. Информация и сообщение. Виды сообщений в современных системах связи.
2. Типы линий связи. Диапазоны частот электромагнитных волн, применяемых в связи.
3. Сообщение и сигнал. Линейный сигнал, линейное кодирование. Модуляция.
4. Структурная схема системы связи. Канал связи. Разновидности каналов.
5. Искажения и помехи. Помехи в линии и канале. Аддитивные и мультипликативные помехи.
6. Источники помех. Флуктуационные помехи. Влияние помех в дискретных каналах.
7. Верность передачи и скорость передачи в непрерывных и дискретных каналах связи.
8. Объем сигнала и канала. Обмен параметров сигнала и канала.
9. Временная, спектральная и векторная диаграмма АМ сигнала и его параметры.
10. Разновидности амплитудной модуляции АМ, БАМ и ОБП.
11. Аналитическое выражение сигнала с УМ. Индекс модуляции и девиация частоты.  
Фазовая и частотная модуляция.
12. Векторная диаграмма и спектр УМ сигнала при малом индексе модуляции.  
Структура и ширина спектра УМ сигнала.
13. Сигналы с ограниченным спектром. Теорема Котельникова. Восстановление дискретизированного сигнала. База сигнала.
14. Спектральная интерпретация процесса дискретизации и восстановления сигнала.  
Погрешности восстановления.
15. Амплитудно-импульсная модуляция, ее временная и спектральная диаграммы.
16. Квантование дискретизированного сигнала. Шум квантования.
17. Цифровое представление квантованного сигнала. Импульсно-кодовая модуляция.
18. Коды NRZ и RZ, их свойства. Двухфазный код типа L. Код с обращением (СМІ),  
правило кодирования и временные диаграммы. Стартстопный принцип передачи.
19. Разновидности методов цифровой модуляции гармонической несущей. Двоичные ЦАМ, ЦФМ и ЦЧМ.
20. Модели дискретных каналов связи
21. Модели непрерывных каналов связи
22. Преобразование спектра сигнала при прохождении через линейный

- четырехполосник. Условие неискаженной передачи
23. Нормализация процесса при прохождении через линейные узкополосные устройства.
  24. Классификация помех по происхождению и по свойствам. Внешние помехи в радиоканалах. Флуктуационные, импульсные и сосредоточенные помехи.
  25. Переходные помехи в линиях многоканальных систем связи.
  26. Внутренние тепловые шумы аппаратуры.
  27. Дробовой шум в лампах. Шумы полупроводниковых приборов.
  28. Дробовой (квантовый) шум оптических систем.
  29. Коэффициент шума четырехполосника. Шумовая температура четырехполосника.
  30. Шумовая и относительная шумовая температура и коэффициент шума смесителя.
  31. Дискретный источник. Количество информации в сообщении. Свойства информации. Единицы измерения количества информации- бит и нат.
  32. Энтропия дискретного источника. Свойства энтропии.
  33. Избыточность источника. Производительность источника.
  34. Задача кодирования источника.
  35. Теорема кодирования Шеннона для источника.
  36. Дискретный канал. Условная энтропия, ее свойства.
  37. Взаимная информация, ее свойства. Скорость передачи информации.
  38. Пропускная способность канала. Пропускная способность двоичного симметричного канала.
  39. Теоремы кодирования Шеннона для дискретного канала
  40. Дифференциальная энтропия непрерывного источника, ее свойства.  $\varepsilon$ -энтропия непрерывного источника.
  41. Взаимная информация канала с белым Гауссовым шумом. Пропускная способность канала с белым Гауссовым шумом
  42. Теорема кодирования для непрерывного канала с помехами при передаче дискретных последовательностей.
  43. Построение дискретного канала. Правило приема, его качество. Правила максимума апостериорной вероятности (идеального наблюдателя).
  44. Алгоритм оптимального приема дискретных сообщений на фоне гауссовой помехи.
  45. Корреляционный фильтр для приема дискретных сообщений и его реализация в

двоичном случае.

46. Реализация оптимального приема на основе согласованных фильтров.
47. Расчет вероятности ошибки оптимального когерентного приема в двоичном случае, взаимная (эквивалентная) энергия сигналов.
48. Общий принцип построения помехоустойчивых кодов. Блочные коды. Основание кода, избыточность, относительная скорость кода
49. Определение корректирующей способности кода. Пространство Хемминга. Кодовое расстояние.
50. Определение линейного кода. Проверочная и порождающая матрицы линейного кода. Синдром. Обнаружение и исправление ошибок.
51. Код с проверкой на четность. Коды Хемминга. Код Хемминга с дополнительной проверкой на четность.
52. Информационная эффективность системы связи. Энергетическая и частотная эффективность системы связи.
53. Эффективность систем передачи дискретной информации. Сравнение эффективности различных способов передачи.