



## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Общая теория связи» относится к дисциплинам *базовой* части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "6" марта 2015 г. № 174. Является неотъемлемой частью основной профессиональной образовательной программы (ОПОП).

**Целью освоения дисциплины** является изучение основных закономерностей и методов передачи сообщений и сигналов по каналам связи, для чего в дисциплине решаются задачи анализа и синтеза систем связи. Рассматриваются способы математического представления сообщений сигналов и помех, методы формирования и преобразования сигналов, методы эффективного и помехоустойчивого приёма сигналов, принципы многоканальной передачи и распределения информации, вопросы цифровой обработки сигналов и кодирования.

### Задачи освоения дисциплины:

- изучение математических моделей сигналов и сообщений, сигналов и помех;
- изучение методов преобразования сигналов в системах связи с учетом случайных факторов на основе анализа случайных процессов.

### Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

#### Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	ПК-16	<ul style="list-style-type: none"><li>• физические свойства сообщений, сигналов, помех и каналов связи, их основные виды и информационные характеристики;</li><li>• принципы и основные закономерности обработки, передачи и приёма различных сигналов в телекоммуникационных системах;</li><li>• методы оптимизации сигналов и устройств их обработки;</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• навыками выявления принципов функционирования объектов профессиональной деятельности</li><li>• методами компьютерного моделирования сигналов и их преобразований при передаче информации по каналам связи;</li></ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• методы кодирования дискретных сообщений;</li> <li>• методы защиты информации при несанкционированном доступе;</li> <li>• методы многоканальной передачи и распределения информации;</li> <li>• перспективные направления развития телекоммуникационных систем;</li> </ul>		
2	способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	ПК-17		<ul style="list-style-type: none"> <li>• получать математические модели сигналов, каналов связи и определять их параметры по статическим характеристикам;</li> <li>• проводить математический анализ и синтез физических процессов в аналоговых и цифровых устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов;</li> <li>• оценивать реальные и предельные возможности телекоммуникационных систем;</li> <li>• рассчитывать пропускную способность, информационную эффективность и помехоустойчивость телекоммуникационных систем.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• методами физико-математического анализа для решения технических задач телекоммуникационной направленности;</li> <li>• методами моделирования и оптимизации процессов, свойственных телекоммуникационным системам, в инженерной практике и методами расчета их пропускной способности;</li> </ul>

### Содержание разделов дисциплины

№	Наименование и содержание раздела
1.	<p><b>Общие сведения о системах электросвязи.</b></p> <p>Классификация телекоммуникационных систем по назначению, способу действия и технической реализации. Сообщения, их источники и получатели. Сигнал как носитель сообщения. Сообщение и информация. Случайный характер сообщений и сигналов. Основные параметры сигналов: длительность, ширина спектра и динамический диапазон. Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных. Система связи и канал связи. Структурная схема системы связи. Дискретные и непрерывные каналы, их основные характеристики. Диапазон частот электромагнитных колебаний, используемых в системах передачи информации. Многоканальные системы передачи. Понятие о системах связи. Помехи и искажения в каналах. Аддитивные и мультипликативные помехи. Классификация помех по физическим свойствам и происхождению. Кодирование и модуляция. Равномерные и неравномерные коды, корректирующие коды. Модуляция как операция преобразования сообщения в сигнал. Структурная схема системы передачи дискретных сообщений, модем и кодек. Передача непрерывных сообщений. Демодуляция и декодирование. Решающее устройство. Понятие о методах обработки сигнала в демодуляторе. Дискретизация и кодирование непрерывных сообщений. Квантование по уровню. Принцип импульсно-кодовой модуляции. Основные характеристики систем передачи информации: помехоустойчивость и скорость передачи. Пропускная способность и системы передачи информации.</p>

2.	<p><b>Математические модели сообщений сигналов и помех.</b>  Классификация сообщений, сигналов и помех. Детерминированные и случайные процессы, их математические модели. Прямые и косвенные модели процессов. Представление сообщений и сигналов в различных метрических и топологических пространствах. Разложение функций в ортогональные ряды по базисным функциям пространства сигналов. Основные соотношения между элементами линейных пространств. Обобщенный ряд Фурье, неравенство Парсевала. Спектральное и временное представление сигналов. Теорема Котельникова. Разложение аналогового сигнала в базисе Уолша, разложение по полиномам Лежандра, Чебышева, Лагерра, Эрмита. Представление цифровых сигналов векторами пространства Хемминга. Характеристики случайных процессов (СП). Стационарные и нестационарные СП. Эргодическое свойство стационарных СП. Особенности нестационарных процессов. Функции корреляции и их свойства. Гауссовский СП. Спектр плотности мощности и его связь с функцией корреляции. Функция корреляции “белого” шума с ограниченным спектром. Эффективная ширина спектра. Разложение Карунева-Лозва. Случайные последовательности. Марковские сигналы. Цепь Маркова. Гауссовские марковские процессы. Представление сигналов и помех в виде откликов порождающих фильтров (ПФ). Описание дифференциальными (разностными) уравнениями. Комплексное и квазигармоническое представление узкополосных СП. Преобразование Гильберта, комплексный сигнал. Статические характеристики огибающей и фазы узкополосного СП. Корреляционная функция узкополосного СП. Модели речевых, телевизионных, телеграфных и факсимильных сообщений на основе стохастических дифференциальных уравнений; спектральные плотности и корреляционные функции.</p>
3.	<p><b>Методы формирования и преобразования сигналов. Модуляция и детектирование.</b>  Формирование и детектирование сигналов амплитудной модуляции (АМ). АМ с подавленной несущей (АМ-ПН), однополосная модуляция (ОМ). Временное, спектральное и векторное представление АМ-колебаний. Формирование модулированных сигналов в нелинейных цепях. Анализ модуляционных характеристик на ЭВМ. Схемы модуляторов. Принцип когерентного и некогерентного детектирования. Использование параметрических и нелинейных элементов для детектирования. Схемы детекторов сигналов АМ, АМ-ПН, ОМ. Анализ характеристик детекторов на ЭВМ. Формирование и детектирование сигналов угловой модуляции. Свойства и характеристики сигналов угловой модуляции в частотной и временной областях для детерминированных и случайных моделей сообщений. Узкополосная и широкополосная угловая модуляция, различие в спектрах ЧМ и ФМ сигналов. Методы формирования ЧМ и ФМ сигналов. Принципы детектирования сигналов угловой модуляции в нелинейных цепях. Схемы фазовых и частотных детекторов. Анализ модуляторов и детекторов на ЭВМ. Формирование и детектирование сигналов, модулированных дискретными сообщениями. Понятие синхронизации и принципы ее обеспечения в системах электросвязи. Помехоустойчивость приема при использовании неоптимальных детекторов. Анализ помехоустойчивости диодного детектора АМ-сигналов, выходное отношение сигнал=помеха и его зависимость от параметров модуляции сигнала и помехи. Помехоустойчивость когерентного детектирования. Помехоустойчивость ЧМ, явление порога при ЧМ. Модуляция и детектирование импульсного переносчика. Методы амплитудно-импульсной модуляции. Спектры импульсно-модулированных колебаний при детерминированной и случайной сообщений.</p>
4.	<p><b>Алгоритмы цифровой обработки сигналов</b>  Представление аналоговых сигналов в дискретном времени, квантование, цифровое представление, структурные схемы АЦП и ЦАП. Цифровые фильтры (ЦФ) рекурсивного и нерекурсивного типа. Импульсные и частотные характеристики ЦФ. Синтез ЦФ по заданной импульсной характеристике аналогового прототипа, синтез ЦФ на основе дискретизации дифференциального уравнения аналоговой системы, синтез на основе частотной характеристики аналогового прототипа.</p>

5.	<p><b>Математические модели каналов связи.</b>  Классификация каналов электросвязи. Прохождение случайных сигналов через детерминированные линейные и нелинейные системы. Случайные линейные каналы и их характеристики, особенности проводных и радиоканалов, замирания сигналов. Флуктуационные, сосредоточенные и импульсные помехи, их вероятностные характеристики. Модели непрерывных каналов. Идеальный канал без помех, канал с аддитивным гауссовым шумом. Канал с неопределенной фазой сигнала, однолучевый канал с замираниями. Канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным шумом. Модели дискретного канала. Симметричный канал без памяти, канал со стиранием. Дискретные каналы с памятью. Марковский канал. Модели волоконно-оптических каналов связи. Квантовый шум. Распределение фонового излучения на выходе фотодетектора и смеси сигнала с фоновым излучением. Пространственно-временные моды (типы волн) оптического поля. Уравнения состояния. Марковские модели каналов. Уравнение состояния и наблюдения в скалярной и векторной форме. Моделирование каналов на основе метода переменных состояний.</p>
6.	<p><b>Теория помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений.</b>  Постановка задачи об оптимальном демодуляторе (приемнике) дискретных сообщений. Критерии качества и правила приема дискретных сообщений. Критерий максимума средней вероятности правильного приема. Решающая схема, построенная по правилу максимума апостериорной вероятности. Отношение правдоподобия. Критерий максимального среднего риска. Критерий Неймана-Пирсона. Оптимальный прием в дискретно-непрерывном канале без искажений при наличии аддитивного белого шума. Синтез алгоритмов и схем оптимальных приемников (корреляционный приемник, согласованный фильтр). Цифровые методы обработки сигналов в приемниках, неоптимальные методы приема дискретных сообщений. Потенциальная помехоустойчивость при точно известном множестве сигналов. Вероятность ошибки приема для двоичной системы сигналов при белом гауссовом шуме. Сравнительная оценка помехоустойчивости АМ, ЧМ, ФМ - сигналов. Относительная фазовая модуляция. Вероятность ошибки при многопозиционных сигналах. Помехоустойчивость приема оптических сигналов с квантовым шумом при модуляции по интенсивности. Детекторная и последетекторная обработка. Отношение правдоподобия. Зависимость вероятности ошибки от объема выборки, отношения сигнал-шум и среднего количества сигнальных фотоэлектронов.</p>
7.	<p><b>Основы теории информации.</b>  Количественная мера информации дискретного источника. Энтропия как мера неопределенности сообщений, основные свойства энтропии. Собственная информация источника. Энтропия источника без памяти при равновероятном и неравновероятном выборе символов. Избыточность и производительность источника. Взаимная информация - количество информации на выходе дискретного канала относительно его входа. Свойства взаимной информации. Надежность канала и энтропия шума. Скорость передачи информации по дискретному каналу. Эффективное кодирование дискретных сообщений. теорема оптимального кодирования для каналов без помех. Сжатие сообщений. Укрупнение алфавита и неравномерное кодирование. Информация в непрерывных сигналах. Дифференциальная энтропия непрерывного отсчета. Условная дифференциальная энтропия. Определение эpsilon-энтропии непрерывного сигнала. Эpsilon-производительность непрерывного источника. Пропускная способность канала связи, определение. Пропускная способность двоичного симметричного канала. Пропускная способность непрерывного канала с аддитивным квазигелым гауссовым шумом, формула Шеннона. Возможность обмена полосы пропускания на мощность сигнала. Теоремы оптимального кодирования для канала с помехами. Обмен между верностью, задержкой и эффективностью системы.</p>
8.	<p><b>Основы теории кодирования.</b>  Кодирование источника и кодирование для канала с шумами. Избыточность и относительная скорость кода. Проблема согласования источника сообщений с каналом. Дискретные источники без памяти. Примитивное (безыбыточное) кодирование. Принципы статистического кодирования. Код Фано-Шеннона. Принципы помехоустойчивого кодирования. Блочные корректирующие коды. Обнаружение и исправление ошибок. Кодовое расстояние. Систематические линейные коды. порождающие матрицы. Декодирование линейных кодов. Проверочные матрицы. Коды Хемминга. Кодирование в каналах с памятью. Группирование ошибок. декорреляция ошибок методом перемежения символов, применение циклических и сверточных кодов. Понятие об итеративных и каскадных кодах. Предельные возможности помехоустойчивого кодирования. Системы с информационной и решающей обратной связью. Помехоустойчивость систем с обратной связью. Эффективность систем с ОС в каналах с переменными параметрами</p>

9.	<p><b>Теория помехоустойчивости систем передачи непрерывных сообщений.</b></p> <p>Критерии помехоустойчивости приема непрерывных сообщений. Этапы статистического синтеза и анализа оптимальных СПИ. Характеристики сигналов и помех, необходимые для синтеза оптимальных систем. Функции потерь, их свойства и разновидности. Средний риск, средние интервальная и точечная квадратические ошибки. Отношение сигнал-шум. Оптимальная оценка параметров сигнала. Критерии оптимальности оценки и функция правдоподобия. Апостериорная функция плотности вероятности и функция правдоподобия. Неравенство Крамера-Рао. Структура оптимального приемника. Помехоустойчивость оптимального приема сигналов с амплитудной и фазовой модуляцией. Уравнение для оптимальной оценки при гауссовской помехе с равномерным спектром. Структурная схема идеализированного приемника. Оценивание средней интервальной квадратичной ошибки оптимального приема сигналов АМ, АМ-ПН, ОМ, ФМ. Цифровая передача непрерывных сообщений Структурная схема системы цифровой передачи непрерывных сообщений. Локальные и интегральные показатели качества. Общие сведения о выборе способов цифрового представления и синтеза систем цифровой передачи непрерывных сообщений. Выбор оптимальных порогов при неравномерном квантовании. Командирование. Эффективное кодирование непрерывных сообщений. Эпсилон-энтропия непрерывной случайной величины, ее зависимость от средней квадратической ошибки квантования. Производительность источника. Теорема об эффективном кодировании стационарных источников. Помехоустойчивость цифровой передачи с ИКМ и ДИКМ. Источники ошибок при ИКМ. Анализ влияния ошибок к каналу связи на среднюю квадратическую погрешность передачи. Принцип дифференциального кодирования. Расчет ошибки квантования. Особенности передачи речевых и телевизионных сообщений.</p>
10.	<p><b>Принципы многоканальной связи и распределения информации.</b></p> <p>Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи. Системы передачи с линейно-независимыми сигналами. Условия разделимости сигналов, определитель Грама. Геометрическая трактовка разделения сигналов. Частотное, временное и фазовые разделения сигналов. Структурные схемы многоканальных систем. ЧРК, ВРК, ФРК, особенности формирования групповых сигналов и построения разделяющих устройств. Разделение сигналов по форме. Структурная схема разделения линейно-независимых сигналов. Примеры псевдослучайных (шумоподобных) сигналов: последовательности Баркера, ЛРП, ШПС на основе частотно-временных матриц. Принцип статистического уплотнения. Пропускная способность систем многоканальной связи. Влияние взаимных помех на пропускную способность канала.</p>
11.	<p><b>Анализ эффективности и элементы оптимизации систем связи.</b></p> <p>Методологические принципы системного анализа. Иерархичность структуры СПИ. Принцип декомпозиции и агрегирования. Моделирование СПИ с помощью ЭВМ. Математическая формулировка задачи оптимизации. Показатели частотной, энергетической и информационной эффективности. Эффективность аналоговых и цифровых систем при различных видах модуляции. Эффективность многоканальных систем. Выбор сигналов и помехоустойчивость кодов. Компенсация помех и искажений в канале. Сокращение избыточности, сжатие данных. Перспективы развития телекоммуникационной техники на основе современных информационных технологий, системы мультимедиа.</p>

Подробное содержание дисциплины, структура учебных занятий, трудоемкость изучения дисциплины, входные и исходящие компетенции, уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенций, учебно-методическое, информационное, материально-техническое обеспечение учебного процесса изложены в рабочей программе дисциплины.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## Научно-методического совета

по УГСН 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи  
(шифр и наименование образовательной программы)

Настоящим подтверждаю, что представленный комплект аннотаций рабочих программ учебных дисциплин по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(шифр и наименование образовательной программы)

по профилю Многоканальные телекоммуникационные системы,

реализуемой по форме обучения очной,  
(указать нужное: очной, очно-заочной (вечерней), заочной)

соответствует рабочим программам учебных дисциплин указанной выше образовательной программы.

Председатель НМС

  
подпись

А.Х. Султанов

« 1 » 09 2015 г.  
дата