



Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова  
Кафедра «Радиотехника и телекоммуникации»

## **РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины Теория электрической связи  
для студентов специальностей 5В071900 «Радиотехника, электроника и  
телекоммуникации» и 050719 «Радиотехника, электроника и  
телекоммуникации»»

Лист утверждения рабочей учебной программы дисциплины, разработанной на основании государственного общеобязательного стандарта образования специальности и типовой программы



Форма  
Ф СО ПГУ 7.18.3/31

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по УР  
\_\_\_\_\_ Н.Э. Пфейфер  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Составитель: \_\_\_\_\_ старший преподаватель Амренова Д.Т.

Кафедра “Радиотехника и телекоммуникации ”

## **РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Теория электрической связи  
для студентов специальности 050719 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» и 5В071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Рабочая программа разработана на основании Государственного общеобязательного стандарта специальности ГОСО РК 3.08.345-2006, и типовой программы «Теория электрической связи» утвержденной 22 июня 2006 года РУМС высшего и послевузовского образования МОН РК.

Рекомендована на заседании кафедры от « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Тастенов А.Д. « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Одобрена учебно-методическим советом факультета Энергетики  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. протокол № \_\_\_\_

Председатель УМС \_\_\_\_\_ Кабдуалиева М.М.  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. протокол № \_\_\_\_

### **СОГЛАСОВАНО**

Декан факультета \_\_\_\_\_ Кислов А.П. « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### **ОДОБРЕНО ОПиМОУП**

Начальник ОПиМОУП \_\_\_\_\_ А.А. Варакута « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Одобрена учебно-методическим советом университета

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_

**1 Цель дисциплины** - Изучение основных закономерностей передачи информации в телекоммуникационных системах. Кроме того студентов необходимо ознакомить с основными концепциями, моделями и принципами построения телекоммуникационных систем и сетей, современными тенденциями их развития и стандартами в области телекоммуникаций.

Курс "Теория электрической связи" (ТЭС) является обязательным предметом для студентов высших учебных заведений и включается в учебные планы в качестве базовой дисциплины.

**Задачи дисциплины** - В курсе ТЭС принят единый методологический подход к анализу и синтезу современных телекоммуникационных систем и устройств на основе вероятностных моделей сообщений, сигналов, помех и каналов в системах связи. Изучение ТЭС должно способствовать развитию и закреплению потребности в самостоятельной работе с научно-технической литературой, выработке развитых представлений о методах применения теории анализа, расчета и синтеза систем электрической связи в специальных дисциплинах и для успешного решения инженерных проблем будущей специальности. Предусмотренные программой ТЭС знания имеют также самостоятельное значение для формирования дипломированных специалистов направлений телекоммуникации.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны: иметь представление:

- о математическом анализе физических процессов в аналоговых устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов;

- о математическом анализе физических процессов в цифровых устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов.

знать:

- общие сведения о системах электросвязи;

- математические модели сообщений, сигналов и помех;

- основы теории модуляции и детектирования и т.д.

уметь:

- анализировать физические процессы в аналоговых и цифровых устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов,

- самостоятельно оценивать реальные и предельные возможности пропускной способности и помехоустойчивости телекоммуникационных систем;

- оценивать реальные и предельные возможности пропускной способности и помехоустойчивости телекоммуникационных систем;

- работать с технической литературой.

## **2 Пререквизиты**

Для освоения изучаемой дисциплины студент должен знать следующие дисциплины:

«Физика 1», «Физика 2», «Математика 1», «Математика 2», «Математика 3», «Теория электрических цепей 1», «Теория электрических цепей 2»

## **3 Постреквизиты**

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины необходимы для освоения следующих дисциплин: «Телекоммуникационные системы и компьютерные сети», «Технологии цифровой связи» и т.д..

#### 4 Содержание дисциплины

4.1 Тематический план дисциплины для студентов очной формы обучения на базе СО

№ п/п	Наименование тем	Количество контактных часов по видам занятий		
		лекции	лабораторные	СРС
1	Введение.	1	1	7
2	Общие сведения о системах электросвязи	4	-	8
3	Математические модели сообщений, сигналов и помех.	7	12	10
4	Основы теории модуляции и детектирования	7	13	10
5	Математические модели каналов связи. Преобразование сигналов в каналах связи.	7	4	15
6	Теория помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений	7	-	10
7	Потенциальные возможности передачи сообщений по каналам связи (основы теории информации).	6	-	10
8	Кодирование источников и канатов связи. Классификация методов кодирования.	6	-	5
9	Курсовая работа	-	-	30
ИТОГО :		45	30	105

4.1 Тематический план дисциплины для студентов заочной формы обучения на базе СПО и ВПО

№ п/п	Наименование тем	Количество контактных часов по видам занятий		
		лекции	практические (сем)	СРС
1	Введение.	-	-	5
2	Общие сведения о системах электросвязи	1	-	10
3	Математические модели сообщений, сигналов и помех.	2	3	16
4	Основы теории модуляции и детектирования	2	4	15
5	Математические модели каналов связи. Преобразование сигналов в каналах связи.	2	3	15

6	Теория помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений	2	2	20
7	Потенциальные возможности передачи сообщений по каналам связи (основы теории информации).	2	-	12
8	Кодирование источников и каналов связи. Классификация методов кодирования.	1	-	13
9	Курсовая работа	-	-	50
ИТОГО :		12	12	156

#### 4.2 Содержание тем дисциплины

##### Тема 1. Введение.

Общие сведения об электрической связи, роль и место связи в жизни общества. Связь как средство передачи информации. Примеры систем передачи информации. Содержание, цель и задачи курса ТЭС и его место в учебном рабочем плане специальности «Радиотехника, электроника и телекоммуникации». Рекомендуемая литература. ГОСТ «Радиотехника, электроника и телекоммуникации».

##### Тема 2. Общие сведения о системах электрической связи.

Информация, сообщения, сигналы. Сообщения, их источники и получатели. Сигнал как носитель сообщения. Сообщение и информация. Случайный характер сообщений и сигналов. Передача непрерывных сообщений. Модуляция как операция преобразования сообщения в сигнал. Основные параметры сигналов: длительность, ширина спектра и динамический диапазон. Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных.

Системы, каналы и сети связи. Система связи и канал связи. Структурная схема системы связи. Структурная схема системы передачи дискретных сообщений, модем и кодек.

Дискретные и непрерывные каналы, их основные характеристики. Многоканальные системы передачи. Понятие о системах связи. Помехи и искажения в каналах.

Кодирование и модуляция. Демодуляция и декодирование. Цифровое кодирование непрерывных сообщений.

##### Тема 3. Математические модели сообщений, сигналов и помех

Классификация сообщений, сигналов и помех. Детерминированные и случайные процессы, их математические модели. Прямые и косвенные модели процессов.

Функциональные пространства и их базисы. Представление сообщений и сигналов в различных метрических и топологических пространствах. Представление цифровых сигналов векторами пространства Хемминга.

Разложение сигналов в обобщенный ряд Фурье. Разложение функций в ортогональные ряды по базисным функциям пространства сигналов. Разложение аналогового сигнала в базисе Уолша. Основные соотношения между элементами функциональных линейных пространств. Обобщенный ряд Фурье. Спектральное и временное представление сигналов.

##### Дискретизация сигналов во времени. Теорема Котельникова.

Случайные процессы и их основные характеристики. 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.

Огибающая и фаза сигнала. Аналитический сигнал. Квадратурные компоненты узкополосного сигнала. Комплексное и квазигармоническое представление узкополосных СП. Преобразование Гильберта, комплексный сигнал. Статические характеристики огибающей и фазы узкополосного СП. Корреляционная функция узкополосного СП.

Тема 4. Основы теории модуляции и детектирования

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.

Формирование и детектирование сигналов, модулированных дискретными сообщениями. Понятие синхронизации и принципы ее обеспечения в системах электросвязи.

Модуляция и детектирование импульсного переносчика. Методы амплитудно-импульсной модуляции. Спектры импульсно-модулированных колебаний при детерминированных и случайных сообщениях.

Помехоустойчивость амплитудной и угловой модуляции. 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 когерентную детектирования. Помехоустойчивость ЧМ, явление порога при ЧМ.

Тема 5. Математические модели каналов связи. Преобразование сигналов в каналах связи

Общие сведения о каналах связи. Классификация каналов электросвязи. Классификация телекоммуникационных систем по назначению, способу действия и технической реализации. Диапазон частот электромагнитных колебаний, используемых в системах. и информации.

Линейные и нелинейные модели каналов связи. Преобразование сигналов в линейных и нелинейных каналах связи. Преобразование детерминированных сигналов в детерминированных линейных каналах. Преобразование энергетических характеристик детерминированных сигналов. Преобразование случайных сигналов в детерминированных линейных каналах. Преобразование случайных сигналов в детерминированных нелинейных каналах. Прохождение сигналов через случайные каналы связи. Случайные линейные каналы и их характеристики, особенности проводных и радиоканалов, замирания сигналов. Аддитивные помехи в канале. Флуктуационные, сосредоточенные и импульсные помехи, их вероятностные характеристики. Квантовый шум.

Модели непрерывных каналов. Идеальный канал без помех. Канал с аддитивным гауссовым шумом. Канал с неопределенной фазой сигнала и аддитивным гауссовым шумом. Канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным шумом.

Модели дискретных каналов. Некоторые модели дискретных каналов с памятью. Модель дискретно-непрерывного канала.

Тема 6. Теория помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений

Общие сведения о цифровой передаче непрерывных сообщений. Постановка задачи об оптимальном демодуляторе (приемнике) дискретных сообщений. Критерии качества и правила приема дискретных сообщений. Оптимальный прием в дискретно-непрерывном канале без искажений при наличии аддитивного белого шума. Критерий максимума средней вероятности правильного приема. Решающая схема, построенная по правилу максимума апостериорной вероятности. Отношение правдоподобия.

Оптимальные алгоритмы приема при полностью известных сигналах (когерентный прием). Оптимальный приемник с согласованным фильтром. Синтез алгоритмов и схем оптимальных приемников (корреляционный приемник, согласованный фильтр).

Помехоустойчивость оптимального когерентного приема. Потенциальная помехоустойчивость при точно известном множестве сигналов. Вероятность ошибки приема для двоичной системы сигналов при белом гауссовом шуме.

Прием сигналов с неопределенной фазой (некогерентный прием). Оптимальный прием при неопределенной фазе и амплитуде сигнала. Процессор Витерби.

Сравнение потенциальной помехоустойчивости когерентного и некогерентного приема.

Тема 7. Потенциальные возможности передачи сообщений по каналам связи (основы теории информации)

Проблема обеспечения сколь угодно высокой верности передачи дискретных сообщений в каналах с помехами.

Потенциальные возможности дискретных каналов связи. Определение источника дискретных сообщений, дискретного канала связи, кодирования и декодирования. Основной понятийный аппарат теории информации. Теоремы кодирования Шеннона для дискретного канала связи.

Тема 8. Кодирование источников и каналов связи Классификация методов кодирования

Конструктивные методы кодирования источников сообщений. Помехоустойчивое (канальное) кодирование. Вероятность ошибки оптимального декодирования для кодов с фиксированной длиной блоков (экспоненты вероятностей ошибок). Коды с гарантированным обнаружением и исправлением ошибок. Кодовое расстояние. Линейные двоичные коды для обнаружения и исправления ошибок. Блочные корректирующие коды. Систематические линейные коды. Порождающие матрицы. Декодирование линейных кодов. Проверочные матрицы. Важные подклассы линейных двоичных кодов. Коды Хемминга. Конструктивные алгоритмы исправления ошибок линейными кодами. Обнаружение и исправление ошибок. Циклические коды. Порождающий полином. Способы кодирования циклических кодов. Декодирование при обнаружении и исправлении ошибок. Кодирование в каналах с памятью. Группирование ошибок.

#### 4.3 Перечень и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование тем	Содержание	Вид контроля
3	Математические модели сообщений, сигналов и помех.	Нахождение аналитического, динамического выражения, а также математических моделей сигналов. Определение энергии сигналов. Скалярное произведение сигналов.	Домашнее задание

		Функция Уолша.	
4	Основы теории модуляции и детектирования	Определение количества вещательных каналов. Определение границ мгновенной частоты частотно модулированного сигнала. Расчет спектров сигнала.	Домашнее задание
5	Математические модели каналов связи. Преобразование сигналов в каналах связи.	Преобразование сигналов в линейных и нелинейных каналах связи.	Домашнее задание
6	Теория помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений	Определение параметров согласованного фильтра.	Домашнее задание

#### 4.4 Перечень и содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование тем	Содержание	Вид контроля
	2	3	4
1	Введение	Знакомство со стендами, техника безопасности	Устный опрос, отметка в журнале ТБ
1	Математические модели сообщений, сигналов и помех.	Периодическая последовательность импульсов прямоугольной формы.	-
		Периодическая последовательность импульсов косинусоидальной формы.	Устный опрос, Отчёт
		Периодическая последовательность импульсов треугольной формы.	Устный опрос, Отчёт
		Исследование импульса прямоугольной формы.	Устный опрос, Отчёт
		Исследование импульса косинусоидальной формы.	Устный опрос, Отчёт
		Исследование импульса птреугольной формы.	Устный опрос, Отчёт
4	Основы теории модуляции и детектирования	Амплитудная модуляция	Устный опрос, Отчёт
		Фазовая и частотная модуляция	Устный опрос, Отчёт
		Импульсная модуляция	Устный опрос, Отчёт
		Амплитудный аналоговый детектор	Устный опрос, Отчёт
		Частотный аналоговый детектор	Устный опрос, Отчёт
		Синхронный детектор	Устный опрос, Отчёт



7	Математические модели каналов связи. Преобразование сигналов в каналах связи.	Моделирование телефонного канала связи	Устный опрос, отчёт
---	---	--	---------------------

#### 4.5 Содержание самостоятельной работы студента

форма обучения очная				
№	Вид СРС	Форма отчётности	Вид контроля	Объем в часах
1	Подготовка к лекционным занятиям	-	Участие на занятии	22
2	Подготовка к лабораторным работам (изучение материала по теме занятия, подготовка шаблона отчета)	Шаблон отчета	Допуск к ЛР	15
3	Изучение материала, не вошедшего в содержание аудиторных занятий	Конспект (и другое)	Коллоквиум (и другие)	30
4	Выполнение семестровых заданий (рефераты, РГР, КР, КП и др.)	Реферат, КП, РГР и др.	Защита СЗ	30
5	Подготовка к контрольным мероприятиям	-	РК 1, РК 2, коллоквиум, контрольная работа, тестирование и др.	8
Всего:				105

#### 4.5.1 Перечень видов СРС

форма обучения заочная				
№	Вид СРС	Форма отчётности	Вид контроля	Объем в часах
1	Подготовка к лекционным занятиям		Участие на занятии	12
2	Подготовка к практическим занятиям (изучение материала по теме занятия, решение задач и др.)	Рабочая тетрадь	Участие на занятии	12
4	Изучение материала, не вошедшего в содержание аудиторных занятий	Конспект (и другое)	Коллоквиум (и другие)	72
5	Выполнение семестровых заданий (рефераты, РГР, КР, КП и др.)	Реферат, КП, РГР и др.	Защита СЗ	50
6	Подготовка к контрольным мероприятиям	-	РК 1, РК 2, коллоквиум, контрольная работа, тестирование и др.	10
Всего:				156

#### 4.5.2 Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение студентами

№	Тема лекции	Название новой темы
---	-------------	---------------------

п/п		
1	Введение.	Роль систем связи в жизни людей.
2	Общие сведения о системах электросвязи	Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных. Цифровое кодирование непрерывных сообщений.
3	Математические модели сообщений, сигналов и помех.	Понятие о системах связи. Помехи и искажения в каналах. Разложение аналогового сигнала в базисе Уолша. Основные соотношения между элементами функциональных линейных пространств. Обобщенный ряд Фурье. Дискретизация сигналов во времени. Теорема Котельникова. Преобразование Гильберта, комплексный сигнал.
4	Основы теории модуляции и детектирования	Формирование и детектирование сигналов угловой модуляции. Свойства и характеристики сигналов угловой модуляции в частотной и временной областях для детерминированных и случайных моделей сообщений. Помехоустойчивость ЧМ, явление порога при ЧМ.
5	Математические модели каналов связи. Преобразование сигналов в каналах связи.	Аддитивные помехи в канале. Флуктуационные, сосредоточенные и импульсные помехи, их вероятностные характеристики. Квантовый шум. Некоторые модели дискретных каналов с памятью. Модель дискретно-непрерывного канала.
6	Теория помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений	Помехоустойчивость оптимального когерентного приема. Прием сигналов с неопределенной фазой (некогерентный прием). Оптимальный прием при неопределенной фазе и амплитуде сигнала. Процессор Витерби.
7	Потенциальные возможности передачи сообщений по каналам связи (основы теории информации).	Потенциальные возможности дискретных каналов связи. Определение источника дискретных сообщений, дискретного канала связи, кодирования и декодирования.
8	Кодирование источников и каналов связи. Классификация методов кодирования.	Декодирование при обнаружении и исправлении ошибок. Кодирование в каналах с памятью. Группирование ошибок.

## 5 Список литературы

Основная:

1. Теория электрической связи: Учебник для вузов/ Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В. - М.: Радио и связь, 2000. - 432 с.
2. Теория электрической связи. Под редакцией профессора Д.Д.Кловского: Учебник для Вузов, «Радио и связь». - М.: 2000.

Дополнительная:

3. Баскаков С.И. «Радиотехнические цепи и сигналы», «ВШ». – М.: 2000.

4. Баскаков С.И. «Радиотехнические цепи и сигналы», «ВШ». – М.: 2003, 462 с.: ил.

5. Баскаков С.И. «Радиотехнические цепи и сигналы»: Руководство к решению задач, «ВШ». – М.: 2002.

6. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторный компьютеризированный практикум: Учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 200



рабочего учебного  
специальности

Форма  
Ф СО ПГУ 7.18.3/32

**Выписка из рабочего учебного плана специальности  
050719 Радиотехника, электроника и телекоммуникации и  
5В071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»  
Наименование дисциплины Теория электрической связи**

Форма обучения	Трудоемкость дисциплины				Формы контроля по семестрам				Семестр	Объем работы студентов по семестрам						
	кредитов	академических часов			экз.	зач.	КП	КР		кредитов	аудиторных занятий (ак. часов)			СРС (ак. часов)		
		всего	ауд	СРС							всего	лек	пр.	лаб	всего	СРСП
очная на базе ОСО	2	180	75	105	4,5	-	-	5	4	2	37,5	22,5		15	52,5	30
									5	2	37,5	22,5		15	52,5	30
заочная на базе СПО	4	180	24	156	4,5	-	-	5	3	-	6	6	-	-	-	
									4	2	12	6	6	-	72	12
									5	2	6	-	6	-	84	12
заочная на базе ВПО	4	180	24	156	3	-	-	3	2	-	12	6	6	-	-	
									3	4	12	6	6	-	156	24

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Тастенов А.Д. «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г  
(подпись)