

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по довузовскому  
и довузовскому  
профессиональному образованию

С.Ю. Кустов

подпись

« 29 » 10 2021 г.

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫМ  
ОПТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ**

(для поступления на направление подготовки магистратуры  
11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи)

г. Краснодар  
2021 г.

Программу составил доктор технических наук, профессор кафедры  
оптоэлектроники \_\_\_\_\_ Н.А. Яковенко

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры оптоэлектроники  
протокол № 1 от « 31 » августа 2021 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Яковенко

Утверждена на заседании ученого совета физико-технического факультета  
протокол № 3 от 07 октября 2021 г.

Председатель ученого совета \_\_\_\_\_ Е.В. Строганова

Руководитель института  
тестовых технологий  
и дополнительного образования \_\_\_\_\_



С.И. Завгородняя

**Программа вступительного испытания  
по инфокоммуникационным оптическим системам  
для поступающих на направление подготовки магистратуры  
11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**Общая теория связи**

***Общие сведения о системах связи***

Структурная схема телекоммуникационной системы (ТКС) передачи информации. Назначение отдельных элементов. Внутренние и внешние характеристики ТКС. Информация, сообщения и сигналы. Источники и получатели сообщений. Каналы связи. Основные понятия о дискретизации и фильтрации, кодировании и декодировании, шифровании и расшифровании, модуляции и демодуляции. Операторы преобразования сигналов в ТКС. Особенности передачи информации в живых (биологических) системах.

***Детерминированные и случайные сигналы***

Непрерывные (аналоговые), дискретно-аналоговые, аналого-дискретные и цифровые сигналы. Узкополосные и аналитические сигналы. Преобразование Гильберта. Дискретизация и восстановление непрерывных сигналов. Теорема Котельникова. Обобщенный ряд Фурье. Вероятностные и числовые характеристики случайных сигналов.

***Каналы связи (КС)***

Классификация каналов связи (КС). Мешающие влияния и шумы в КС. Условия согласования сигналов и КС. Спектральная и энергетическая эффективность КС. Прямые и косвенные модели непрерывных и дискретных КС. Уравнения состояния и наблюдения. Модели гауссовского и релеевского КС. Особенности реальных КС.

***Методы формирования и преобразования сигналов в каналах связи***

Формирование и детектирование сигналов амплитудной и угловой модуляции при гармоническом переносчике и при передаче непрерывных и дискретных сообщений (НС и ДС). Однополосная модуляция. Многопозиционная квадратурная модуляция. Методы модуляции при импульсном переносчике. Преобразование детерминированных и случайных сигналов в линейных и нелинейных КС.

## ***Методы цифрового представления и передачи непрерывных сообщений***

Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования НС. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ). Шум квантования, примитивное кодирование, ширина спектра ИКМ сигнала. Регенерация зашумленного ИКМ сигнала; расчет вероятностей ошибок и оптимального порога. Дифференциальная ИКМ (ДИКМ), дельта-модуляция (ДМ). Помехоустойчивость ИКМ и ДИКМ.

## ***Основы теории передачи информации***

Информационные характеристики источников ДС и НС: энтропия, производительность, избыточность, взаимная информация. Информационные характеристики дискретных и непрерывных КС: скорость передачи и пропускная способность. Теоремы кодирования Шеннона для КС без помех и с помехами. Эпсилон-энтропия НС. Функция скорость-искажение. Особенности секретных систем связи. Криптотеорема Шеннона.

## ***Основы теории кодирования дискретных сообщений***

Классификация кодов. Эффективное кодирование ДС. Коды Шеннона-Фано и Хаффмена; условие оптимальности кодов. Принципы корректирующего (помехоустойчивого) кодирования и декодирования с обнаружением и исправлением ошибок. Линейные систематические блочные коды, циклические коды, каскадные коды, сверточные коды. Оценка помехоустойчивости корректирующих кодов.

## ***Основы оптимального приёма дискретных сообщений***

Содержание и классификация задач оптимального приёма ДС. Оптимальный приём ДС в КС с детерминированной и стохастической структурой. Различение ДС. Согласованная фильтрация финитных во времени сигналов. Алгоритмы работы и структурные схемы оптимальных приёмников ДС в гауссовском КС. Потенциальная помехоустойчивость приёма ДС. Особенности передачи и приёма ДС в каналах с межсимвольной интерференцией, сосредоточенными по спектру и импульсными помехами.

## ***Методы многоканальной передачи и распределения информации***

Многопользовательская и многоканальная связь. Основы теории уплотнения и разделения сигналов в многоканальных системах связи. Многоканальная связь с временным, частотным, фазовым и кодовым уплотнением сигналов. Принципы многостанционного доступа. Особенности формирования сигналов в асинхронно-адресных и сотовых ТКС. Общие принципы распределения информации в коммутируемых телекоммуникационных сетях.

## **Теория электрических цепей**

### ***Основные законы и общие методы анализа электрических цепей***

Электрические цепи постоянного тока, основные понятия и законы электрических и магнитных цепей. Законы Ома и Кирхгофа. Идеальные источники ЭДС и тока. Сопротивление и проводимость. Мощность и энергия. Условия оптимальной передачи мощности от генератора к нагрузке.

### ***Линейные электрические цепи при гармоническом воздействии***

Синусоидальный ток. Амплитудное и действующее значение переменного тока. Воздействие переменного тока на идеализированные пассивные элементы, индуктивное, емкостное, активное сопротивление. Символический (комплексный) метод анализа цепей. Треугольник сопротивлений. Мощность в цепи переменного тока. Баланс мощностей.

### ***Частотные характеристики***

Анализ последовательного соединения RLC элементов комплексным методом. Резонанс напряжений, характеристическое сопротивление, добротность. Комплексная передаточная функция электрической цепи. Амплитудно-частотные и фаза-частотные характеристики цепи. Параллельный колебательный контур, резонанс токов. Типы связанных контуров, вносимое сопротивление. Полоса пропускания связанных контуров.

### ***Трехфазные электрические цепи***

Теоретические основы трехфазных цепей. Соединение трехфазной цепи «звездой». Соединение трехфазной цепи «треугольником». Преобразование «звезды» в «треугольник». Активная, реактивная и полная мощность трехфазной цепи. Сравнительный анализ параметров «звезды» и «треугольника».

## ***Цепи с магнитной связью***

Понятие взаимной индуктивности. Цепи с взаимной индуктивностью при гармоническом воздействии. Последовательное и параллельное соединение связанных катушек индуктивности. Линейный транслятор, идеальный транслятор.

## ***Анализ цепей с распределенными параметрами***

Понятие о цепях с распределенными параметрами. Вывод телеграфных уравнений: дифференциальные уравнения линии передачи для мгновенных значений токов и напряжений. Постоянная распространения и характеристическое сопротивление длинной линии. Анализ постоянной распространения. Понятие падающей и отраженной волн. Условие неискажающей линии передачи. Типы длинных линий и особенности их применения. Условие минимального затухания в длинной линии. Различные виды нагрузки линии передачи. Волновые матрицы четырехполюсников.

## ***Основы теории электрических цепей с обратной связью***

Четырехполюсники с обратной связью. Комплексная передаточная функция четырехполюсника с обратной связью. Автогенераторы, баланс фаз, баланс амплитуд. Схемы индуктивной и емкостной трехточки. Схемы автогенераторов. Устойчивость электрических цепей, критерий устойчивости. Дифференциальное уравнение автогенератора. S-образная характеристика нелинейного элемента. Кварцевая стабилизация частоты

## ***Методы анализа дискретных цепей, цифровые фильтры***

Дискретные и цифровые воздействия. Теорема отсчетов. Структура дискретного фильтра. Принцип аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования. Аналитическое описание дискретных сигналов и дискретных цепей. Дискретное преобразование Фурье и Лапласа. Основы теории Z-преобразования. Основные алгоритмы дискретной фильтрации. Дискретные фильтры на основе переключаемых конденсаторов. Основные характеристики цифровых электрических цепей. Трансверсальные цифровые фильтры и их частотные характеристики. Рекурсивные цифровые фильтры. Устройство цифровых фильтров. Понятие о синтезе цифровых фильтров.

## **Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях**

### ***Измерение***

Измерение. Принципы измерений. Методы измерений. Методики выполнения измерений (МВИ). Основное уравнение измерений. Классификация измерений. Прямые, косвенные, совокупные, совместные измерения. Равноточные и неравноточные измерения. Однократные и многократные, статические и динамические, абсолютные и относительные, технические и метрологические измерения. Измерения параметров коммуникационных систем и процессов.

### ***Методы измерений***

Классификация методов измерений. Методы непосредственной оценки (предварительной градуировки). Методы сравнения: дифференциальный (нулевой), метод совпадений, метод замещения, метод дополнения. Уникальные методы измерений. Методы измерений в инфокоммуникационных системах.

### ***Средства измерений***

Средства измерений. Классификация средств измерений по роли в процессе измерений и выполняемым функциям: меры, стандартные образцы, средства сравнения, измерительные преобразователи, приборы, установки, системы. Классификация средств измерений по отношению к измеряемой величине, по уровню стандартизации. Классы точности средств измерений. Формы представления погрешностей средств измерений в зависимости от класса точности. Определение погрешности измерений по классу точности средства измерений. Средства измерений для инфокоммуникационных систем.

### ***Организация измерений в телекоммуникационных системах,***

Принципы построения средств измерений. Аналоговые и цифровые измерительные приборы. Измерительные генераторы. Методы и средства измерения параметров элементов радиотехнических цепей и сигналов. Автоматизация измерений. Информационно-измерительные системы. Особенности измерений в системах связи с разной средой распространения.

## ***Погрешности измерений***

Погрешность измерений. Классификация погрешностей измерений по характеру проявления: случайные, систематические. Классификация погрешностей по зависимости абсолютной погрешности от значения измеряемой величины. Классификация погрешностей по способу выражения: абсолютные, относительные, приведенные. Классификация погрешностей в зависимости от места возникновения: инструментальные, методические, субъективные. Функции преобразования и метрологические характеристики средства измерений. Погрешности измерений параметров инфокоммуникационных систем.

## **Оптические цифровые телекоммуникационные системы (часть 1. ОКП)**

### ***Введение***

Этапы развития квантовой электроники. Основные приборы и устройства систем оптической связи и информатики. Классификация квантовых приборов.

### ***Физические основы и особенности квантовых приборов***

Виды квантовых переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населенность. Закон Бугера. Условия усиления и генерации колебаний в квантовых системах. Затухание люминесценции. Безызлучательная рекомбинация в объеме материала. Конкуренция между излучательной и безызлучательной рекомбинацией.

### ***Оптические резонаторы и селекция мод***

Оптические резонаторы (ОР). Резонаторы типа Фабри-Перо. Плотность оптических мод в открытом резонаторе. Гауссовы пучки. Перестраиваемые резонаторы. Интерференционные фильтры.

### ***Типы и режимы работы лазеров***

Трех- и четырехуровневые лазеры. Когерентные и некогерентные излучатели. Импульсные режимы. Синхронизация мод. Модуляция добротности. Типы лазеров (газовые, твердотельные, жидкостные и др.) и методы их накачки. Волоконные лазеры и усилители.

### ***Основы нелинейной оптики***

Нелинейная поляризация. Генерация гармоник. Самофокусировка. Рассеяние Релея, комбинационное, вынужденное. Полупроводниковые источники и приемники излучения. Физические основы и принцип действия инжекционных источников света. Светоизлучающие диоды. Полупроводниковые лазеры.



Полупроводниковые структуры с квантовыми ямами. Основные параметры и характеристики СИД. Полупроводниковые лазеры. Спектральные характеристики ЛД. Ватт-амперная характеристика. РОС-лазеры. DBR-лазеры. Физические основы работы фоторезисторов, фотодиодов, pin- фотодиодов. Шумы приемников излучения. Методы модуляции и управления оптическим излучением. Физические основы построения акустооптических и электрооптических модуляторов излучения. Волноводные модуляторы и переключатели оптического излучения. Оптроны. Классификация оптронов.

### ***Оптические направляющие среды***

Основы теории распространения сигналов в оптических световодах. Параметры оптических волокон. Конструкция оптических световодов. Ступенчатые и градиентные оптические световоды. Одномодовая передача излучения по оптическим световодам. Затухание сигналов в оптических световодах. Потери при соединении оптических световодов методом сварки. Нормирование затухания сварных соединений на ЭКУ ВОЛС. Дисперсионные характеристики оптических световодов. Пропускная способность оптических световодов. Типы оптических световодов. Рекомендации ITU G.652, G.653, G.655, G 656, G 657. Характеристики и параметры оптических кабелей связи для прокладки в грунте, в канализации, для подвески на ВЛ. Конструкции оптических кабелей связи. Расчет затухания оптических световодов на элементарном кабельном участке воле. Структурная схема элементарного кабельного участка ВОЛС. Разъемные оптические соединения.

### ***Метрология в оптических телекоммуникационных системах***

Параметры каналов и трактов и входящих в них устройств, подлежащие измерениям. Допустимые пределы отклонения параметров и характеристик. Виды измерений систем передачи: настроечные, эксплуатационные плановые и эксплуатационные внеплановые. Измерения параметров аппаратуры систем передачи. Особенности измерений в оптическом диапазоне. Ввод измерительного сигнала в оптическое волокно. Генераторы оптических сигналов. Оптические ваттметры. Основные технические и метрологические характеристики. Оптические тестеры. Основные области применения. Рефлектометры. Основные принципы построения. Измеряемые характеристики волоконно-оптических кабелей.

Технические и метрологические характеристики. Виды и методы измерений с помощью оптических рефлектометров. Измерение затухания, определение места повреждения кабеля, контроль стыков и т.п. Погрешности измерений. Измерители коэффициентов ошибок. Измерение коэффициентов ошибок с помощью псевдослучайной последовательности. Измерение затухания сигнала. Методы измерений затухания по ГОСТ Р МЭК 793-1-93: методы вносимого затухания и обрыва. Источники погрешностей. Измерение дисперсии. Методы, рекомендованные ГОСТ Р МЭК 793-1-93. Источники погрешностей. Методы измерений параметров оптико-электронных модулей. Измеряемые параметры. Источники погрешностей.

### **Рекомендуемая литература**

1. Астайкин А. И. Основы оптоэлектроники. -М.: Высшая школа, 2007.
2. Барыбин А.А. Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн. -М.: Физматлит, 2007.
3. Башарин С.А., Федоров В.В. Теоретические основы электротехники. - М.: Академия, 2010.
4. Горлов Н.И. Волоконно-оптические линии передачи. Методы и средства измерений параметров/ Н.И. Горлов, И.В. Богачков. - М.: Радиотехника, 2009.
5. Епифанов А.А. Оптические телекоммуникационные технологии: лабораторный практикум / А.А. Епифанов, В.С. Сморщевский, Н.А. Яковенко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2015.
6. Каганов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: учебное пособие для студентов вузов/ В.И. Каганов, В.К. Битюков -М.: Горячая линия-Телеком, 2007.
7. Касаткин А.С. Электротехника /А.С. Касаткин, М.В. Немцов. - 12-е изд., стер.- М.: Академия, 2008.
8. Литвинов С.А. Метрология пассивных компонентов волоконно-оптических систем передачи информации: лабораторный практикум / С.А. Литвинов, Н.А. Яковенко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2015.

9. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия. - М.: Юрайт, 2012.
10. Оптические телекоммуникационные системы. Учебник для вузов / В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалёв, А.Д. Мочёнов, Р.М. Шарафутдинов. Под ред. профессора В.Н. Гордиенко. -М.: Горячая линия- Телеком, 2011.
11. Оптоэлектроника. Ч. 1: Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника /О.Н. Ермаков, А.Н. Пихтин, Ю.Ю. Протасов, С.А. Тарасов/ под общ. ред. И.Б. Федорова. –М. Янус-К, 2010.
12. Оптоэлектроника. Ч. 2: Оптроника / О.Н. Ермаков; А.Н. Пихтин, Ю.Ю. Протасов, С.А. Тарасов/ под общ. ред. И.Б. Федорова. -М.: Янус-К, 2011.
13. Попов В.П. Основы теории цепей. - 6-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2007.
14. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи. -М.: Горячая линия- Телеком, 2007.
15. Портнов Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. -М.: Горячая линия- Телеком, 2009.
16. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. - М.: Юрайт, 2010.