

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

/Д.С. Гуц/

«30» октября 2023 года

## ПРОГРАММА

**вступительного испытания для поступающих в аспирантуру**

### **2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь**

*шифр и наименование группы научных специальностей*

#### **2.2.13 Радиотехника, в том числе системы**

#### **и устройства телевидения**

*шифр и наименование научной специальности*

Красноярск 2023

## Введение

Настоящая программа базируется на вузовских дисциплинах: радиотехнические цепи и сигналы; схемотехника аналоговых электронных устройств; цифровые устройства и микропроцессоры; электроника; устройства генерирования и формирования сигналов; устройства приема и преобразования сигналов; вычислительные устройства и системы; радиотехнические системы; статистическая теория радиотехнических систем.

Программа разработана Сибирским федеральным университетом на основе программы - минимум кандидатского экзамена по специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

### 1. Статистическая радиотехника

#### *1.1. Математическое описание и методы анализа сигналов и помех*

Дискретные представления сигналов. Разложение произвольного сигнала по заданной системе ортогональных функций.

Интегральные представления сигналов. Преобразования Фурье, Гильберта и другие интегральные преобразования.

Разложение сигнала по заданной системе функций. Гармонический анализ сигналов. Спектры периодических и непериодических сигналов. Теорема отсчетов Котельникова в частотной области.

Дискретные сигналы и их анализ. Дискретное преобразование Фурье и его свойства. Z-преобразование.

Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитические сигналы.

Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина. Стационарность и эргодичность случайных процессов. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы. Марковские процессы. Узкополосные случайные процессы.

#### *1.2. Модели радиотехнических цепей и устройств*

Линейные и нелинейные цепи и устройства. Методы анализа стационарных и переходных режимов в радиотехнических цепях, устройствах и динамических системах.

Линейные цепи и устройства с постоянными параметрами. Активные линейные цепи. Усилители и их характеристики. Параметры и эквивалентные схемы усилителей. Прохождение сигналов и помех (детерминированных и случайных колебаний) через линейные цепи с постоянными параметрами.

Нелинейные цепи и устройства. Методы анализа нелинейных цепей. Умножители частоты. Амплитудные ограничители. Детекторы. Преобразователи частоты колебаний. Генераторы колебаний. Автоколебательные системы. Модуляторы колебаний. Параметрическое усиление, преобразование и генерирование колебаний.

Воздействие случайных процессов на нелинейные и параметрические цепи и устройства. Статистические характеристики процессов на выходе нелинейных устройств и методы их нахождения.

Дискретные линейные системы. Методы анализа и синтеза дискретных радиотехнических устройств. Цифровые фильтры. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Физическая осуществимость и устойчивость цифровых фильтров. Импульсные характеристики цифровых фильтров. Спектральный анализ с помощью дискретного и быстрого преобразования Фурье.

Следящие радиотехнические системы. Статистическая динамика радиотехнических следящих систем. Структурные схемы следящих систем: автоматической регулировки (усиления, автоматической подстройки частоты, фазовой автоподстройки и др.). Статистические характеристики дискриминаторов. Методы анализа динамических систем с переменными и случайными параметрами. Статистическая динамика непрерывных, дискретных и импульсных следящих радиосистем.

### *1.3. Цифровые методы обработки сигналов*

Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов. Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров. Коэффициент передачи и импульсная характеристика цифровых фильтров. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.

## **2. Системы радиосвязи и телевидения**

### *2.1. Радиосистемы и устройства передачи информации*

Области применения и задачи передачи информации. Мера количества информации (Хартли, К. Шеннон). Энтропия источника информации и ее свойства. Избыточность. Производительность. Дифференциальная энтропия.

Пропускная способность канала связи. Формула Шеннона. Основная теорема кодирования. Понятие о кодировании информации: код, алфавит, основание и значность кода. Методы Фэно-Шеннона и Хаффмена построения эффективного кода. Принцип построения кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки. Способы приема двоичных сигналов в каналах с постоянными параметрами.

Некогерентный прием двоичных АМ и ЧМ сигналов. Прием ФМ сигналов, «обратная работа» и применение ОФМ. Прием сигналов в каналах со случайными параметрами. Характеристики каналов. Одиночный прием двоичных флюктуирующих сигналов. Разнесенный прием сигналов. Теории потенциальной помехоустойчивости В.А. Котельникова. Критерий помехоустойчивости приема непрерывных сообщений. Выигрыш и обобщенный выигрыш в отношении сообщение (сигнал) шум. Алгоритм оптимальной демодуляции непрерывных сообщений при слабых помехах. Виды модуляции при передаче непрерывных сообщений. Мощность шума на выходе демодулятора и его энергетический спектр. Применение АМ, БМ, ОПМ, ФМ и ЧМ, их сравнение по выигрышу и физическое объяснение. Плата за повышенную помехоустойчивость при ФМ и ЧМ. Пороговые явления при передаче непрерывных сообщений. Цифровые методы передачи непрерывных сообщений. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ). Дифференциальная ИКМ и дельтамодуляция. Основы теории разделения сигналов и многоканальных РСПИ. Необходимое и достаточное условия линейного разделения сигналов. Частотное, временное и фазовое разделение сигналов. Разделение сигналов по форме.

Радиолинии. Диапазон радиоволн в системах передачи информации. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телевизионные, телеметрические и командные. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала. Характеристики и параметры передаваемой информации. Структура радиосигналов. Методы модуляции и кодирования. Модемы и кодеки. Многоканальные РСПИ. Многостанционные радиосистемы передачи информации. Синхронизация в РСПИ: фазовая, тактовая, цикловая и кадровая синхронизация.

## *2.2. Радиотелевизионные системы*

Физические принципы, используемые для формирования, передачи, приема и консервации изображений. Диапазон радиоволн, используемый в телевидении. Методы разложения изображений на элементы. Принцип последовательной передачи элементов изображения. Кадр, строки и элементы изображения. Слитность изображения. Синхронизация смены кадров и начала развертки строк. Формат телевизионного сигнала. Стандарты телевизионных сигналов.

Особенности построения телевизионных передатчиков. Передача радиосигнала изображения. Передача звукового сопровождения. Формирование и передача сигналов синхронизации и кода цветности сигнала. Преобразование оптического изображения в электрический сигнал в передающей телевизионной камере (ПТК).

Особенности телевизионных приемников. Селектор каналов, преобразователь частоты, УПЧ, видеоусилитель и декодер цветности. Устройство выделения синхроимпульсов для синхронизации развертки изображения приемной телевизионной трубки. Генераторы строчной и кадровой развертки. Методы запоминания, сжатия и хранения изображений

Цифровое телевидение.

### 3. Радиотехнические устройства

Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики. Влияние вида распределения электромагнитного поля в раскрыве антенны на основные параметры антенн. Техническая реализация антенн различных диапазонах радиоволн для целей радиосвязи и телевидения.

Генераторы и автогенераторы. Режимы самовозбуждения, их особенности. Стабильность частоты и методы ее повышения. Стабилизация с помощью высокодобротных колебательных систем (резонаторов). Кварцевые генераторы. Квантовые эталоны частоты. Умножители частоты. Синтезаторы частоты. Факторы, ограничивающие мощность генераторов. Суммирование мощностей генераторов.

Управление колебаниями (модуляция). Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции).

Основные типы радиоприемных устройств. Узлы радиоприемников, их схемные решения и расчет. Преобразователи частоты сигналов, смесители и гетеродины. Детекторы сигналов: амплитудные, частотные и фазовые. Усилители различных частотных диапазонов. Автоматические регулировки в радиоприемниках. Особенности телевизионных и связных радиоприемников. Элементная база радиоприемных устройств. Методы проектирования радиоприемников. Моделирование радиоприемников и их элементов. Вторичные источники электропитания.

## **Список рекомендованных источников**

### **Основная литература**

1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов / Под ред. Д.И. Воскресенского. - М: Изд-во Радиотехника, 2003.
2. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. - М: «ИПРЖР», 2003.
3. Гринёв А. Ю., Наумов К. П., Пресленев Л. Н., Тигин Д. В., Ушаков В. Н. Оптические устройства в радиотехнике: - М: Изд-во Радиотехника, 2005 г., - 240 с.
4. Бакулев П. А., Сосновский А. А. Радионавигационные системы. - М: Изд-во Радиотехника, 2005 г., - 320 с.
5. Бакулев П. А. Радиолокационные системы: Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М: Изд-во Радиотехника, 2007 г., - 376 с.
6. Морозов А.В., Нырцов А.Н., Шмаков Н.П. Электродинамика и распространение радиоволн. - М: Изд-во Радиотехника, 2007 г., 280 с.
7. Рудой В. М. Системы передачи информации. - М: Изд-во Радиотехника, 2007 г., - 408 с.

### **Дополнительная литература**

1. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2000.
2. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика Васильев В. И., Ильясов Б. Г. - М: Изд-во Радиотехника, 2009 г., 392 с.
3. Ефимов С. Н. Цифровая обработка видеoinформации. Учебное пособие для вузов. - М: Изд-во «САЙНС-ПРЕСС». 2007 г., 272 с.
4. Перов А. И. Статистическая теория радиотехнических систем. - М: Изд-во Радиотехника, 2003 г., 400 с.

## **Перечень вопросов к экзамену**

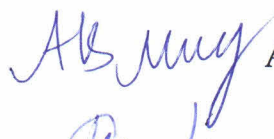
1. Разложение произвольного сигнала по заданной системе ортогональных функций.
2. Спектры периодических и непериодических сигналов. Теорема отсчетов Котельникова в частотной области.
3. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры.
4. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина.
5. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому.
6. Линейные и нелинейные цепи и устройства. Методы анализа стационарных и переходных режимов в радиотехнических цепях, устройствах и динамических системах.
7. Амплитудные ограничители. Детекторы. Преобразователи частоты колебаний.

8. Дискретные линейные системы. Методы анализа и синтеза дискретных радиотехнических устройств. Цифровые фильтры.
9. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода.
10. Области применения и задачи передачи информации. Мера количества информации (Хартли, К. Шеннон).
11. Пропускная способность канала связи. Формула Шеннона. Основная теорема кодирования..
12. Теории потенциальной помехоустойчивости В.А. Котельникова. Критерий помехоустойчивости приема непрерывных сообщений..
13. Частотное, временное и фазовое разделение сигналов. Разделение сигналов по форме.
14. Диапазон радиоволн, используемый в телевидении. Методы разложения изображений на элементы.
15. Цифровое телевидение. Спутниковые телевизионные системы.
16. Управление колебаниями (модуляция). Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции).

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.

Директор ИИФиРЭ

Составитель программы:  
канд. техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой радиотехники,  
д-р техн. наук, профессор



А.В. Минаков



Ю.П. Саломатов



В.Б. Кашкин