

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

/Д.С. Гуц/

«28» марта 2022 года

## **ПРОГРАММА**

**вступительного испытания для поступающих в аспирантуру**

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

*шифр и наименование группы научных специальностей*

#### **2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций**

*шифр и наименование научной специальности*

## Содержание программы

### 1. Статистическая радиотехника

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

Дискретные представления сигналов. Полные ортонормальные системы. 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 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 дельта-модуляция. 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 Системы и сети телекоммуникаций.**

### ***2.1. Элементы теории массового обслуживания.***

Основные понятия массового обслуживания, классификация систем массового обслуживания (СМО), типовые распределения в теории массового обслуживания, показатели эффективности СМО, теорема Литтла, области применения, методы исследования СМО. Модели входных потоков. Стационарные и нестационарные потоки, пуассоновские потоки, потоки Эрланга, потоки Пальма, теорема Хинчина о сходимости суммы потоков. Марковские СМО. Системы с бесконечной и конечной очередью, многолинейные СМО, СМО с отказами, СМО с конечным и бесконечным источником, методика расчёта показателей эффективности марковских СМО. Полумарковские случайные процессы, метод Кендалла, анализ влияния закона распределения времени обслуживания на среднее время ожидания СМО, приоритетные СМО, виды приоритетов, методика анализа приоритетных СМО. Особенности мультиплексирования в сетях PDH и SDH. Методы имитационного моделирования СМО. Общие модели СМО, методы моделирования входных потоков, методы моделирования процедуры обслуживания требований, моделирование по времени и по событиям, планирование статистического эксперимента, методы сокращения времени моделирования, смешанные (аналитические и имитационные) методы анализа СМО.

### ***2.2 Понятие сетей массового обслуживания.***

Марковские сети массового обслуживания, моделирование систем передачи данных сетями массового обслуживания. Представление о сетях Петри. Основные варианты использования сетей Петри для моделирования систем и сетей телекоммуникаций.

### ***2.3. Архитектура систем и сетей телекоммуникаций.***

#### ***2.3.1. Основы сетевых технологий***

Архитектура и основные элементы телекоммуникационных сетей. Архитектура взаимодействия открытых систем. Семиуровневая модель

взаимодействия открытых систем (ВОС). Уровни модели и функции, реализуемые на каждом из её уровней. Основные элементы модели ВОС: функциональный уровень, услуга, служба, соединение, блок данных, протокол связи. Определение протокола связи и его назначение. Понятие протокольного стека и профиля протоколов. Способы спецификации и верификации телекоммуникационных протоколов. Протоколы физического уровня. Протоколы канального уровня. Особенности протоколов для локальных и глобальных сетей. Протоколы, применяемые в локальных сетях. Методы коммутации в сетях телекоммуникаций.

### *2.3.2. Системы и сети телекоммуникаций.*

Наземные средства систем и сетей телекоммуникаций. Сети проводной телефонии. Радиорелейные линии связи. Системы пейджинговой радиосвязи. Системы сотовой связи. Транкинговые системы связи. Специальные системы связи: войсковые, с подводными или подземными объектами и др. Системы спутниковой связи. Принципы построения систем спутниковой связи (ССС). Системы орбит спутников связи. Виды, особенности и способы организации спутниковых радиолиний. Характеристики спутниковых радиолиний. Диапазоны рабочих частот СССР. Принципы Международного и государственного регулирования использования частот в СССР. Основные показатели СССР. Зоны видимости, покрытия, обслуживания. Пропускная способность СССР. Сеанс связи в СССР и его продолжительность. Виды трафика в СССР. Особенности построения СССР для теле- и радиовещания, телефонии, передачи данных, для передачи мультимедийного трафика. Системы радиовещательной спутниковой связи. Системы фиксированной спутниковой связи. Системы подвижной спутниковой связи. Экономические показатели и критерии экономической эффективности использования СССР. Метод многостанционного доступа (МД). Способы организации многостанционного доступа. МД с частотным разделением каналов. МД с временным разделением каналов. МД с разделением по форме сигналов. Методы случайного доступа. Организация информационных и служебных каналов связи. Космический сегмент СССР. Бортовое оборудование спутников связи. Спутники-

ретрансляторы (СР). СР без обработки на борту. СР с обработкой на борту. Наземный сегмент ССС. Приемные, передающие и приемо-передающие земные станции (ЗС). Особенности организации спутниковых сетей на основе геостационарных и низкоорбитальных спутников связи. Стратегия развития систем спутниковой связи. Примеры и особенности действующих систем.

Примеры и особенности низкоорбитальных систем спутниковой связи. Примеры и особенности среднеорбитальных систем спутниковой. Особенности построения орбитальной группировки. Системы связи с использованием геостационарных спутников. Дальность радиолинии. Факторы, ограничивающие дальность действия канала радиосвязи: энергообеспечение, влияние параметров канала (затухание, рефракция и т.п.), помехи и др. Принципы обеспечения информационной безопасности систем и сетей телекоммуникаций. Оценка уязвимости информации. Определение требований к защите информации. Функции и задачи защиты информации. Средства защиты и системы защиты информации. Криптографические методы и средства защиты. Защита информации в компьютерных системах.

#### ***2.4. Предоставление основных информационных услуг сетями телекоммуникаций.***

Речевой сигнал, его особенности и характеристики. Статистические характеристики речевых сигналов: интервал стационарности, корреляционная функции и разборчивость речи. Вокодеры: полосный, формантный, гомоморфный, линейный предсказатель речи (липредер), фонемный вокодер. Скремблеры, работающие в частотной, временной, частотно-временной областях. Цифровое скремблирование речи. Методы модуляции при передаче речевых сигналов. Передача речевых сигналов в общем пакете, проблема нарушения масштаба времени. Проблемы высокоточной передачи измерительной информации в телекоммуникационных системах и сетях, потери и задержки сообщений. Телеметрия и оценка технического состояния объектов и технологических процессов. Методы экономичного представления изображений. Основные стандарты кодирования изображений, используемые в сетях общего пользования. Согласование методов представления изображений

и протоколов. Предоставление информационных услуг подвижным объектам. Общие принципы и классификация систем подвижной радиосвязи. Транкинговые, сотовые, беспроводные, пейджинговые и спутниковые сети подвижной радиосвязи. Радиосети передачи данных. Стандарты и системы подвижной радиосвязи первого, второго и третьего поколений. Диапазоны частот, протоколы информационного обмена, системы сетевого управления, системы сигнализации. Виды услуг, предоставляемых в сетях подвижной радиосвязи. Коммутационное и терминальное оборудование систем подвижной радиосвязи. Оборудование систем подвижной радиосвязи: состав и основные особенности. Основные функции; принципы построения и типы коммутационных систем. Модели радиоканалов и предсказания уровня сигнала для естественных условий распространения радиоволн в условиях сельской и городской застройки. Методы частотно-территориального планирования; кластерные модели; расчет основных параметров частотного плана, параметров станций и трафика сети; методы повышения емкости сетей; проблемы электромагнитной совместимости.

## ***2.5 Предоставление интегрированных информационных услуг***

Принципы предоставления интегрированных информационных услуг. Основные варианты построения структуры пакета. Возможности адаптации структуры пакета к характеристикам информационных потоков, эффективность адаптации. Перспективные технологии предоставления интегрированных информационных услуг: ATM и Frame Relay. Сеть Internet и Internet-технологии. Сети Intranet и Web-технологии. Оптимизация телекоммуникационных систем и сетей по совокупности показателей качества (включая технико-экономические).

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа 2000г.
2. Тихонов В.И. Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь 1991г.

3. Ярлыков М.С. Миронов М.А. Марковская теория оценивания случайных процессов. М.: Радио и связь 1993 г.

4. Теория электрической связи. Учебник для вузов. Под ред. Кловского Д.Д. М.: Радио и связь 1998 г.

5. Системы и сети передачи информации. Учебное пособие для вузов. Под ред. Мазепы Р.Б. М.: Изд. МАИ 2001 г.

6. Основы радиопреимания. Учебное пособие для вузов. Под ред. Вейцеля В.А. М.: Радио и связь 1995 г.

7. Цифровые радиоприемные системы. Справочник. Под ред. Жодзишского М.И. М.: Радио и связь 1990 г.

8. Справочник по спутниковым системам М.: Радио и связь 1994 г. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Справочник. Под ред. Ширмана Я.Д. М.: ЗАО «МАКВИС» 1998

9. 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.

10. Рудой В. М. Системы передачи информации. – М: Изд-во Радиотехника, 2007 г., - 408 с.

11. Андрианов В., Соколов А. Средства мобильной связи. ВНУ-Санкт-Петербург 1998 г.

12. Герасименко В.А., Малюк А.А. Основы защиты информации. Учебник для вузов. М.: Изд-во ООО «Инкомбанк» 1997 г.

13. Чижухин Г.Н. Основы защиты информации в вычислительных системах и сетях ЭВМ. Учебное пособие для вузов. Изд. Пензенского госуниверситета 2001 г.

14. Карташевский В.Г., Семенов С.П., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ 2001 г.

15. Радиотехнические системы передачи информации. Учебное пособие для вузов. Под ред. Калмыкова В.В.- М.: Радио и связь, 1990



### Перечень вопросов к экзамену:

1. Математическое описание и методы анализа сигналов и помех
2. Преобразования Фурье, Гильберта и другие интегральные преобразования.
3. Гармонический анализ сигналов. Спектры периодических и непериодических сигналов.
4. Теорема отсчетов Котельникова в частотной области.
5. Сообщения, сигналы и помехи.
6. Передача, извлечение и разрушение информации.
7. Радиосигналы.
8. Спектральный анализ с помощью дискретного и быстрого преобразования Фурье.
9. Цифровые методы обработки сигналов
10. Системы радиосвязи и телевидения
11. Радиосистемы и устройства передачи информации
12. Пропускная способность канала связи. Формула Шеннона.
13. Цифровые методы передачи непрерывных сообщений.
14. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телевизионные, телеметрические и командные.
15. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала.
16. Управление космическими аппаратами.
17. Методы определения местоположения систем радиосвязи и телевидения.

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальности научных работников.

Директор ИИФиРЭ



А.В. Минаков

Составитель программы:  
канд. техн. наук, доцент,  
заведующий базовой  
инфокоммуникаций

кафедрой



Д.Ю. Черников