

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

А.В. Германенко

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.



## ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру

по научной специальности

2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Екатеринбург

2022

## Содержание

1	Назначение и область применения.....	3
2	Содержание программы .....	4
	2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» .....	4
3	Примеры вопросов для вступительного испытания.....	17
	Примеры вопросов вступительных испытаний из общих сведений электроники, радиотехники и систем связи. ....	17
	Примеры вопросов вступительных испытаний по научной специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».....	17
4	Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по научной специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» .....	18
5	Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная).....	19
	2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» .....	19
6	Рекомендуемые Интернет-ресурсы.....	22
7	Лист согласования .....	23

## 1 Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по научной специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Предназначена для подготовки к вступительному экзамену в аспирантуру по следующей научной специальности – 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к обучению по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в соответствии с федеральными государственными требованиями (приказ министерства науки высшего образования от 20.10.2021 г. № 951), выполнению профессиональных задач в сфере научной деятельности.

### **Форма проведения вступительного испытания**

Вступительные испытания по специальной дисциплине в аспирантуру проводятся в форме устного собеседования по вопросам, перечень которых доводится до сведения поступающих путем опубликования программы вступительных испытаний на официальном сайте университета.

### **Требования к процедуре вступительного экзамена**

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации определены Правилами приема поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Настоящая программа базируется на вузовских дисциплинах, соответствующих федеральному государственному образовательному стандарту по направлению «Радиотехника». Основной материал содержится в дисциплинах: радиотехнические цепи и сигналы; электродинамика и распространение радиоволн; схемотехника аналоговых устройств; схемотехника цифровых устройств; микропроцессоры; устройства СВЧ и антенны; электроника; устройства генерирования и формирования сигналов; устройства приема и преобразования сигналов; цифровая обработка сигналов и сигнальные процессы основы телевизионных систем; вычислительные системы радиотехнических систем; радиотехнические системы.

## 2 Содержание программы

Настоящая программа содержит материал из следующих дисциплин: радиотехнические цепи и сигналы; электродинамика и распространение радиоволн; схемотехника аналоговых устройств; схемотехника цифровых устройств; микропроцессоры; устройства СВЧ и антенны; электроника; устройства генерирования и формирования сигналов; устройства приема и преобразования сигналов; цифровая обработка сигналов и сигнальные процессы основы телевизионных систем; вычислительные системы радиотехнических систем; радиотехнические системы. Так же программа содержит список рекомендуемой литературы, рекомендуемые Интернет-ресурсы.

На вступительном экзамене поступающему предлагается два вопроса из программы вступительных испытаний в аспирантуру. Первый вопрос из общих сведений электроники, радиотехники и систем связи. Второй зависит от выбранного направления научной специальности.

### ***2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»***

#### ***1. Статистическая радиотехника***

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

Пространство сигналов. Метрические и линейные пространства сигналов.

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 Гильберта и их свойства. Решетчатые функции. 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. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.

##### ***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. Методы исследования устойчивости радиоустройств и динамических систем.

Линейные цепи и устройства с постоянными параметрами. Активные линейные цепи. Усилители и их характеристики. Параметры, графы 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. Цепи и устройства с переменными параметрами. 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 Фано-Шеннона и Хаффмана 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. Асинхронные адресные системы передачи информации. Применение сложных шумоподобных сигналов в РСПИ.

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. Защита информации. Критерии качества РСПИ. 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). Оптическая система ПТК. Передающие телевизионные трубки. Мощные широкополосные усилители с корректирующими цепями. Методы стабилизации частоты в телевизионных передатчиках.

Особенности передающих и приемных телевизионных антенн метровых, дециметровых и сантиметровых волн. 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.

Спутниковые телевизионные системы.

Телевизионные системы обзора и наблюдения (в том числе и скрытного).

Телевизионные визеры. Телевизионные системы наведения и прицеливания.

Охранные телевизионные системы.

Системы предупреждения столкновения и системы причаливания.

### *2.3. Системы и устройства радиоуправления*

Области применения и задачи управления объектами.

Элементы теории автоматического управления. Объекты управления. Контур следящего управления и его основные звенья.

Командное следящее радиоуправление, автономное радиоуправление, радиоуправление при наведении по лучу, управление космическими аппаратами. Особенности радиолиний управления объектами. Командно-измерительные комплексы. Радиоуправление приборами и агрегатами. Синтез и анализ систем радиоуправления. Использование имитационных моделей.

### *2.4. Системы радиоэлектронной борьбы*

Задачи радиоэлектронной борьбы (РЭБ) с системами телевидения и радиосвязи.

Радиотехническая разведка (РТР). Определение параметров радиосигналов систем телевидения и радиосвязи различного назначения средствами РТР. Методы определения местоположения систем радиосвязи и телевидения. Эффективность средств РТР.

Методы и средства радиоэлектронного противодействия. Генераторы активных помех. Виды активных помех.

### *2.5. Радиотехнические системы и устройства в биологии, медицине, метрологии и других отраслях*

Задачи радиосистем в биологии, медицине, метрологии и других отраслях. Использование ультразвуковых сигналов для медицинской диагностики и дефектоскопии.

Медицинские устройства СВЧ, радиометрии, интроскопии, томографии, кардиографии и т.п.

Радиотехнические устройства и приборы в метрологии.

Использование телевизионных систем в промышленности, биологии и медицине.

### *2.6. Методы проектирования и конструирования радиоэлектронных средств*

Зависимость технических требований к РЭС от их назначения и условий эксплуатации. Технологичность конструкции. Методы стандартизации в конструировании. Компоновка и комплексная микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Интегральная микросхемотехника, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы.

Печатный монтаж. Ремонтпригодность РЭА. Способы защиты РЭА от воздействия окружающей среды, динамических перегрузок и электромагнитного излучения. Тепловой режим РЭА. Надежность РЭА.

## **3. Антенны и устройства СВЧ**

### *3.1. Вопросы общей теории*

Уравнение Максвелла. Материальные уравнения и типы сред. Полная система уравнений электродинамики. Граничные условия Энергия электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга.

Постановка задач электродинамики и методы их решения Внутренние и внешние задачи электродинамики. Теорема единственности.

Свободные электромагнитные волны как решения однородных уравнений электродинамики в разных системах координат. Плоские однородные волны в изотропных диэлектриках, проводниках и гиротропных средах. Вращение плоскости поляризации,

резонансное поглощение. Немонохроматические волны диспергирующих средах. Волны в активных средах; представление о волновых процессах в нелинейных средах.

Падение плоской однородной волны на плоскую границу раздела однородных изотропных сред. Теория скин-эффекта. Двойное преломление, на границе раздела с гиротропной средой.

Локально-плоские волны и геометрическая оптика. Уравнения Эйконала и переноса. Уравнение луча. Сопровождающий трехгранник Френе на луче и уравнение для поворота плоскости поляризации. Рефракция в неоднородных средах.

Распространение радиоволн в природных условиях. Влияние земной поверхности, Тропо- и ионосферы, радиоволны в космическом пространстве. Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зона.

Принцип Гюйгенса и эквивалентные поверхностные источники.

Сведение задачи об излучении к интегральным и интегро-дифференциальным уравнениям.

Явления и задачи дифракции. Строгая постановка дифракционных задач. Дифракция на цилиндре, шаре и клине. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа. Геометрическая теория дифракции.

### *3.2. Направляемые волны и устройства СВЧ*

Уравнения электродинамики для направляемых волн. Теория и классификация свободных волн в продольно-регулярных направляющих системах. Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Диэлектрические волноводы и линии поверхностных волн. Полые волноводы с частичным диэлектрическим и гиротропным заполнением. Полосковые и микрополосковые линии, щелевые и компланарные волноводы. Оптические волноводы; световоды. Замедляющие структуры. Искусственные диэлектрики. Квазиоптические направляющие системы.

Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных диапазонов. Конструктивно-технологические особенности микрополосковых линий.

Теория электромагнитных резонаторов. Полые резонаторы. Диэлектрические и ферритовые резонаторы. Резонаторы на основе планарных структур. Открытые квазиоптические резонаторы.

Технические характеристики и особенности конструирования резонаторов различных типов.

Частотные фильтры; элементы теории и классификация. Реализация фильтров в виде волноводных, коаксиальных, полосковых и микрополосковых конструкций. Перестраиваемые фильтры.

Особенности конструирования и технологии "интегральных схем" СВЧ.

Принципы построения и методы проектирований приемопередающих устройств СВЧ диапазона. Активные СВЧ микрорезонаторные устройства на основе полупроводниковых и миниатюрных вакуумных приборов: генераторы, умножители частоты, малошумящие усилители. Применение биполярных и полевых транзисторов, лавинно-пролетных диодов, туннельных диодов и диодов Ганна. Режимы работы схемы построения, конструкции, характеристика и основные параметры.

Мощные СВЧ устройства на вакуумных приборах. Клистронные усилители, магнетронные генераторы, усилители и генераторы на ЛБВ и ЛОВ.



Вопросы автоматизированного проектирования устройств СВЧ Принципы построения, системы автоматизированного проектирования. Модели базовых элементов разных уровней. Составление модели сложного объекта.

### *3.3. Антенные устройства*

Элементы теории антенн. Приемная и передающая антенны, их основные параметры и технические характеристики. Соотношение режимов приема и передачи, теорема взаимности. Эффективная поверхность антенны. Обратное изучение приемной антенны. Приближение заданных токов и применение сведений об элементарных излучателях в теории антенн. Антенна в реальных условиях. Учет влияния земной поверхности и других факторов.

Система однотипных излучателей. Теорема перемножения диаграмм. Эквивалентные решетки. Непрерывные распределения. Влияние амплитудно-фазовых законов и конфигурации апертуры на основные характеристики антенн. Статистические характеристики антенн.

Многоэлементные антенны (решетки). Взаимодействие элементов, метод наводимых э.д.с. в приближении заданных токов.

Фазированные антенные решетки (ФАР). Частотные, фазовое и фазочастотное сканирование. Дискретный и дискретно-коммутационный методы. Приближение бесконечной решетки, теорема Флоке. Многолучевые антенные решетки.

Трактовка зеркальных, рупорных, линзовых и др. антенн как апертурных.

Вопросы синтеза антенн. Сверхнаправленность.

Типы антенн и их реализация в различных диапазонах волн.

Антенны длинных, средних и коротких волн. Вибраторные антенны для диапазонов КВ и УКВ.

Антенны бегущей волны дискретного и непрерывного типов. Спиральные, диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Частотно-независимые антенны.

Рупорные, зеркальные, линзовые, щелевые и др. антенны СВЧ.

Антенные решетки с электронным сканированием. Системы управления ФАР, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Активные решетки. Приемопередающие модули. Антенные системы с обработкой сигналов. Синтезированные апертуры. Самофокусирующиеся антенные системы. Устройства обработки сигналов в многоэлементных антенных системах. Антенны с модулируемыми параметрами. Антенны, производящие обработку широкополосных сигналов. Антенные системы с регулируемыми поляризационными характеристиками. Моноимпульсные антенные системы.

## **4. Статистическая теория связи**

Общие сведения о системах и сетях телекоммуникаций.

Информация, сообщения, сигналы. Системы и сети телекоммуникаций – среда информационного обмена, их назначения, задачи, состав предоставляемых услуг.

### *4.1. Радиосигналы*

Понятие несущего сигнала. Классификация сигналов, база сигнала, Частотно-временная матрица. Простые и сложные (составные) сигналы. Генерация сигналов разных типов.

Модуляция и детектирование сигналов. Спектры модулированных сигналов.

Огибающая фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитические сигналы.

Основные виды модуляции, применяемые в каналах систем телекоммуникаций.

Свойства и использование однополостной модуляции. Особенности модуляции и детектирования при дискретном модулирующем сигнале.

Корреляционная функция и спектральная плотность мощности гармонических сигналов, модулированных случайным процессом.

Спектры сложных сигналов. Полососберегающие сигналы.

#### *4.2. Кодирование источников и каналов связи*

Избыточность источника сообщения и причины её появления. Классификация методов уменьшения избыточности, уменьшение статистической и семантической избыточности. Теорема К. Шеннона о кодировании источника. Конструктивные методы кодирования источников, кодирование речевых сигналов и сигналов видео изображений.

Задача помехоустойчивого кодирования. Классификация помехоустойчивых кодов.

Блочные коды и их декодирование. Примеры важнейших блочных кодов. Циклические коды, методы их декодирования. Сверточные коды, их классификация и основные характеристики. Методы декодирования сверточных кодов.

Эффективность и энергетический выигрыш кодирования. Кодирование в каналах с памятью. Нелинейное кодирование.

Международные стандарты сжатия речевых и видео сообщений.

#### *4.3. Принципы многоканальной связи*

Классификация методов уплотнения каналов. Линейные методы уплотнения каналов и доступа. Частотное, временное и фазовое разделение каналов, разделение каналов по форме сигналов. Основы линейной теории уплотнения и разделения каналов.

Примеры нелинейного уплотнения каналов.

Принципы пакетной передачи информации (незакрепленные каналы). Нарушение масштаба времени и потери при пакетной передаче информации.

#### *4.4. Модемы каналов связи*

Низкоскоростные и высокоскоростные модемы для проводных и радиолиний. Модемы волоконно-оптических каналов связи. Особенности модемов многостанционного доступа. Модемы для передачи информации по энергетическим сетям. Модемы для каналов связи с переменными параметрами. Использование в модемах полососберегающих методов передачи и приема сигналов. Особенности модемов при разнесенном приеме.

#### *4.5. Сообщения, сигналы и помехи в каналах связи*

Классификация сообщений, сигналов и помех. Случайные процессы и их основные характеристики. Энергетические характеристики случайных процессов, энергетические спектры, свойства корреляционных функций, теорема Винера – Хинчина. Гауссовские и марковские случайные процессы. Узкополосные, случайные процессы. Выбросы случайных процессов.

Функциональные пространства и их базисы. Дискретные представления сигналов. Полные ортонормальные системы (гармонические функции Радемахера – Уолша, Лагера, Эрмита. Дискретизация аналогового процесса. Теорема отсчетов.

Представления случайных процессов рядами и дифференциальными уравнениями. Решетчатые функции. Z-преобразование.

Модели дискретных и непрерывных источников информации.

#### *4.6. Преобразование сигналов и помех в каналах связи*

Методы анализа стационарных и переходных режимов каналов связи. Линейные каналы с постоянными параметрами. Прохождение сигналов и помех через линейные каналы с постоянными параметрами.

Методы анализа нелинейных каналов. Преобразование сигналов и помех в нелинейных каналах с постоянными параметрами. Статистические характеристики процессов на выходе нелинейных устройств и методы их нахождения.

Нелинейные устройства каналов связи: преобразователи частоты, ограничители, детекторы, генераторы, модуляторы.

Каналы связи с переменными параметрами, прохождение сигналов через каналы связи с переменными параметрами. Распределение энергии сигнала во временной и частотной областях. Параметрическое усиление, преобразование и генерирование сигналов. Дискретные линейные каналы. Методы анализа и синтеза дискретных каналов связи и их устройств. Цифровые фильтры, физическая осуществимость и устойчивость цифровых фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Характеристики цифровых фильтров. Цифровой спектральный анализ на основе дискретного и быстрого преобразования.

Следящие устройства каналов связи. Статистическая динамика следящих устройств. Структурные схемы следящих устройств автоматической регулировки усиления, фазовой и частотной автоматической подстройки.

Модели непрерывных каналов связи: канал без помех, канал с аддитивным гауссовым шумом, канал с неопределённой фазой сигнала и аддитивным шумом и канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным шумом.

Модели дискретных каналов связи: двоичный симметричный канал без памяти, асимметричный канал без памяти, канал с памятью и канал с пакетными ошибками. Моделирование каналов связи.

#### *4.7. Помехоустойчивость систем передачи сообщений*

Задачи синтеза оптимальных приёмников. Критерии качества приёма сообщений. Оптимальные алгоритмы приёма при полностью известных параметрах сигналов (когерентный приём), понятие согласованного фильтра. Согласованные фильтры для основных типов сигналов. Помехоустойчивость оптимального когерентного приёма дискретных сигналов.

Приём  $d$  сигналов в каналах с межсимвольной интерференцией.

Приём сигналов с неопределённой фазой (некогерентный приём). Приём в условиях флуктуаций фаз и амплитуд сигналов. Приём дискретных сообщений в каналах с сосредоточенными по спектру и импульсными помехами.

Особенности приёма сообщений в оптическом диапазоне волн.

Сравнение помехоустойчивости вариантов передачи дискретных сообщений. Прием в целом. Поэлементный приём с жёсткими и мягкими решениями. Теорема Л.И. Финка.

#### *4.8. Потенциальные возможности передачи сообщений по каналам связи*

Проблема обеспечения высокой точности передачи дискретных сообщений в каналах с помехами. Потенциальные возможности дискретных каналов связи, теорема К. Шеннона для дискретного канала связи.

Потенциальные возможности непрерывных каналов связи при передаче дискретных сообщений. Пропускная способность канала связи.

Критерии помехоустойчивости передачи непрерывных сообщений. Оптимальная оценка параметров сигнала. Оптимальная демодуляция непрерывных сигналов. Помехоустойчивость

систем передачи непрерывных сообщений при слабых помехах. Порог помехоустойчивости. Аномальные ошибки. Оптимальная линейная фильтрация непрерывных сигналов, фильтр Колмогорова – Винера. Фильтрация Калмана.

Решение задачи нелинейной фильтрации. Цифровая передача непрерывных сообщений, импульсно-кодовая модуляция и кодирование с предсказанием.

Адаптивные методы цифрового представления непрерывных сообщений.

## **5. Системы и сети телекоммуникаций**

### *5.1. 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 мультимплексирования 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.

### *5.2. Сети массового обслуживания*

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. Моделирование на основе кусочно-линейных агрегатов. Элементы теории предикатов и их использование для описания программно-аппаратных комплексов.

Представления об экспертной системе. Основные разновидности оболочек экспертных систем. Понятия математического аппарата различных нечётких множеств. Использование возможностей тензорного исчисления для моделирования программно-аппаратных комплексов.

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

*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.

#### *5.4. 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 трафиков 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 СССР. 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 связи. Особенности построения орбитальной группировки. Системы связи с использованием геостационарных спутников.

Дальность радиосвязи. Расчет энергетического потенциала 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.

### **6. Радиотехнические системы**

#### *6.1. Системы и устройства радиолокации*

Области применения и задачи радиолокации. Виды радиолокации. Обзор пространства. Виды обзора, зона обзора и время обзора.

Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния. Модели реальных точечных и протяженных целей. Наблюдаемость точечных целей на фоне протяженных (радиолокационный контраст).

Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.

Устройства обнаружения (обнаружители) радиолокационных сигналов. Структуры обнаружителей. Обнаружители пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов на фоне шума и коррелированных помех. Цифровые обнаружители. Знаковые, ранговые, робастные и адаптивные обнаружители. Методы стабилизации уровня ложных тревог. Пороговая мощность радиолокационного сигнала.

Разрешающая способность по дальности, угловым координатам и скорости. Выбор зондирующего сигнала.

Простые и сложные сигналы. Двумерная корреляционная функция (ДКФ) зондирующего сигнала. Функция неопределенности (ФН) и диаграмма неопределенности (ДН) радиолокационных сигналов.

Методы измерения координат и параметров движения целей. Следящие и неследящие измерители.

Фазовые, частотные и импульсные дальномеры. Радиодальномеры со сложными сигналами. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность радиодальномеров.

Измерители радиальной скорости целей. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность измерителей скорости.

Амплитудные и фазовые одноканальные пеленгаторы. Амплитудные, фазовые и суммарно-разностные моноимпульсные пеленгаторы. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность пеленгаторов.

Измерители угловых скоростей.

Пассивные, активные и комбинированные помехи. Характеристики помех. Борьба с пассивными помехами. Селекция движущихся целей (СДЦ). Когерентно-импульсные РЛС. Режекция пассивных помех с помощью гребенчатых фильтров (РГФ). Цифровые РГФ. Качество подавления помех.

РЛС с синтезированной апертурой (РСА). Выбор параметров РСА и структуры цифровой обработки. Радиоинтерферометры со сверхдлинной базой. Апертурный синтез. Радиовидение.

Пространственно-временная обработка сигналов. Автокомпенсаторы активных помех.

Вторичная обработка радиолокационной информации. Обнаружение и сопровождение траекторий. Калмановская фильтрация траекторий.

Многопозиционная радиолокация.

Обнаружение сигналов теплового радиоизлучения. Схемы радиометров. Методы и устройства измерения координат источников теплового радиоизлучения.

Подповерхностная радиолокация.

Нелинейная радиолокация.

## *6.2. Системы и устройства радионавигации*

Методы определения местоположения объекта и способы вывода его в заданную точку пространства. Принципы радионавигации и методы технической реализации радионавигационных систем (РНС) и устройств (РПУ). Методы радиуправления в радионавигации. Элементы теории автоматического управления объектами. Контур следящего управления и его основные звенья.

Командное следящее радиоуправление, автономное радиоуправление, радиоуправление при наведении по лучу, управление космическими аппаратами. Особенности радиолиний управления объектами.

Автономные РНС: системы счисления пути. Радиосистемы навигации по геофизическим полям Земли. Радиовысотомеры и доплеровские измерители скорости и угла сноса летательных аппаратов(ДИС).

Корреляционно-экстремальные измерители скорости. Обзорно-сравнительные радионавигационные системы. Системы навигации по рельефу и карте местности.

Комплексирование навигационных систем с радиотехническими и нерадиотехническими датчиками. Интегрированные РНС.

Радиосистемы дальней навигации (РСДН). Построение глобальных и региональных РСДН. Фазовые и импульсно-фазовые РСДН, использующие дальномерные и разностно-дальномерные методы определения местоположения. Погрешности РСДН.

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Передача сведений об орбитах спутников потребителю для целей навигации. Особенности построения и функционирования СРНС. Влияние атмосферы и космической среды на характеристики СРНС. Методы определения местоположения в СРНС: доплеровский, дальномерный, разностно-дальномерный.

Радиосистемы ближней навигации (РСБН). Радиосистемы посадки летательных аппаратов.

Точность определения местоположения в позиционных РНС. Линии и поверхности положения. Ошибки линий положения. Ошибки определения местоположения на плоскости и в пространстве. Эллипс и эллипсоид ошибок положения. Рабочие зоны РНС. Геометрический фактор.

### *6.3. Особенности передачи информации в многопозиционных радиолокационных и радионавигационных системах*

Задачи передачи информации. Радиолинии. Диапазон радиоволн в системах передачи информации. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телеметрические и командные. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала. Структура радиосигналов. Методы модуляции и кодирования. Защита информации. Критерии качества РСПИ. Цифровые РСПИ.

### *6.4. Системы и устройства разрушения информации*

Область применения и задачи систем разрушения информации (радиоэлектронной борьбы – РЭБ).

Радиотехническая разведка (РТР). Построение систем и устройств РТР. Определение параметров радиосигналов радиотехнических систем различного назначения средствами РТР. Методы определения местоположения радиоэлектронных систем (РЭС). Эффективность средств РТР.

Методы и средства разрушения информации. Генераторы активных помех. Виды активных помех: заградительные, прицельные, ответные и имитационные.

Радиоэлектронная маскировка. Характеристики качества радиомаскировки. Скрытность и незаметность. Общие методы маскировки объектов и уменьшения радиоконтраста РЭС. Использование широкополосных (ШПС) и сверхширокополосных сигналов (СШПС). Маскировка с помощью пассивных помех.

Основные организационные методы помехозащиты. Изменение параметров радиосигнала в процессе работы, борьба с помехами с помощью устройств селекции радиосигналов. Защита РЭС от воздействия средств поражения. Эффективность средств РЭБ.



### **3 Примеры вопросов для вступительного испытания**

#### ***Примеры вопросов вступительных испытаний из общих сведений электроники, радиотехники и систем связи.***

- 1) Гармонический анализ сигналов. Спектры периодических и непериодических сигналов. Теорема отсчетов Котельникова в частотной области.
- 2) Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов.
- 3) Линейные цепи и устройства с постоянными параметрами. Активные линейные цепи. Усилители и их характеристики.
- 4) Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров
- 5) Пропускная способность канала связи. Формула Шеннона. Основная теорема кодирования.
- 6) Виды модуляции при передаче непрерывных сообщений.
- 7) Частотное, временное и фазовое разделение сигналов.

#### ***Примеры вопросов вступительных испытаний по научной специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»***

- 1) Плоские однородные волны в изотропных диэлектриках, проводниках и гиротропных средах.
- 2) Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы.
- 3) Реализация фильтров в виде волноводных, коаксиальных, полосковых и микрополосковых конструкций
- 4) Приемная и передающая антенны, их основные параметры и
- 5) технические характеристики.
- 6) Антенны бегущей волны дискретного и непрерывного типов.

#### 4 Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по научной специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данной научной специальности производится по 100 балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
80–100 баллов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.</li> <li>2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине.</li> <li>3. Делаются обоснованные выводы.</li> <li>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</li> </ol>
60–79 баллов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно.</li> <li>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</li> <li>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</li> <li>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</li> </ol>
30–59 баллов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</li> <li>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины.</li> <li>3. Имеются затруднения с выводами.</li> <li>4. Определения и понятия даны не чётко.</li> </ol>
0-29 баллов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине.</li> <li>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</li> <li>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</li> </ol>

## 5 Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)

### 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

#### *Основная литература*

- 1) Конин В.В. Системы спутниковой радионавигации / В.В. Конин, В.П. Харченко; Национальный авиационный университет. К.: Холтех, 2010.
- 2) Овчинникова Е.В. Бортовые цифровые антенные решетки и их элементы / Е.В. Овчинникова, Д.И. Воскресенский, П.А. Шмачилин. М.: Радиотехника, 2013.
- 3) Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов. М.: Вузовская книга, 2011.
- 4) Панченко Б.А. Рассеяние и поглощение электромагнитных волн неоднородными сферическими телами / Б.А. Панченко. М.: Радиотехника, 2013.
- 5) Валеев В.Г. Нелинейная обработка сигналов / В.Г. Валеев. М.: Радиотехника, 2013.
- 6) Бакулев П.А. Радионавигационные системы : учебник для вузов. Изд-е 2-е, испр. и доп. / П.А. Бакулев, А.А. Сосновский. М.: Радиотехника, 2011.
- 7) Прецизионные системы ближней частотной радиолокации промышленного применения / Б.А. Атаянц, В.М. Давыдочкин, В.В. Езерский, В. С. Паршин, С. М. Смольский // М.: Радиотехника, 2013.
- 8) Борзов А.Б. Миллиметровая радиолокация: методы обнаружения и наведения в условиях естественных и организованных помех / А.Б. Борзов, Р.П. Быстров [и др.]. М.: Радиотехника, 2010.
- 9) Цветнов В.В., Демин В.О., Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. М.: Вузовская книга, 2012.
- 10) Иванов М. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения / М. Иванов, А. Сергиенко, В. Ушаков; под ред. В.Н. Ушакова. Спб.: Питер, 2014.
- 11) Методы исследования радиолокационных характеристик объектов. Монография / Под ред. С. Ягольниковой // М.: Радиотехника, 2012.
- 12) Биккенин Р.Р. Теория электрической связи: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Р.Р. Биккенин, М.Н. Чесноков. М.: Издательский центр «Академия», 2010.
- 13) Гадзиковский В.И. / Цифровая обработка сигналов / В.И. Гадзиковский. М.: Солон-пресс, 2013.
- 14) Верба В.С. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / В.С. Верба, Л.Б. Неронский, И.Г. Осипов, В.Э Турук. М.: Радиотехника, 2010.
- 15) Никитин Н.П. Прием и обработка сигналов в цифровых системах передачи : учебное пособие / Н.П. Никитин, В.И. Лузин. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2013.

#### *Дополнительная литература*

- 1) Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е перераб. и доп. / под ред. Я Д. Ширмана. М.: Радиотехника, 2007.
- 2) Васин В.А. Информационные технологии в радиотехнических системах : учебное пособие / В.А. Васин, И.Б. Власов [и др.]; под ред. И.Б. Федорова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.

- 3) Кондратенков Г.С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли : учебное пособие для вузов /под ред. Г.С. Кондратенков. М. Радиотехника. 2005.
- 4) Манохин А.Е. Многоканальные и многостанционные радиосистемы передачи информации : учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2013.
- 5) Бакулев П.А. Радиолокационные системы : учебник для вузов / П.А. Бакулев. М.: Радиотехника, 2007.
- 6) Радиотехнические системы: учебник / Под ред. Ю.М. Казаринова, М.: Академия, 2008.
- 7) Верба В.С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Состояние и тенденции развития / В.С. Верба. М.: Радиотехника, 2008.
- 8) Быстров Р.П. Пассивная радиолокация: методы обнаружения объектов / Р.П. Быстров, Г.К. Загорин, А.В. Соколов, Л.В. Федорова; под ред. Р.П. Быстрова и А.В. Соколова. М.: Радиотехника, 2008.
- 9) Верба В.С. Обнаружение наземных объектов. Радиолокационные системы обнаружения и наведения воздушного базирования / В.С. Верба. М.: Радиотехника, 2007.
- 10) Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Ч. 1 / Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. М.: Радиотехника, 2004.
- 11) Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Ч. 2 / Под ред. В.И. Меркулова. М.: Радиотехника, 2007.
- 12) Перунов Ю.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Ю.М. Перунов, К.И. Фомичев, Л.М. Юдин; под ред. Ю.М. Перунова. Изд. 2-е, испр. и дополн. М.: Радиотехника, 2008.
- 13) Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие для вузов / И.С. Гоноровский. М.: Дрофа, 2006.
- 14) Антенны и устройства СВЧ : учебник для вузов / Под ред. Д.И. Воскресенского. М: Изд-во МАИ, 1999.
- 15) Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика : учебник для вузов / Г.Ф. Коновалов. М: ИПРЖР, 2003.
- 16) Устройства генерирования и формирования радиосигналов / Под ред. Г.М. Уткина, М.В. Благовещенского, В.Н. Кулешова. М.: Радио и связь, 1994.
- 17) Цифровые процессоры обработки сигналов. Справочник / Под ред. А.Г. Остапенко. М.: Радио и связь, 1994.
- 18) Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / С.И. Баскаков. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2000.
- 19) Пименов Ю.В. Техническая электродинамика / Ю.В. Пименов, В.И. Вольман, А.Д. Муравцов; под ред. Ю.В. Пименова. М.: Радио и связь, 2000.
- 20) Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн / Б.М. Петров. М.: Радио и связь, 2000.
- 21) Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн / В.В. Никольский, Т.И. Никольская. М.: Наука, 1989.
- 22) Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ / А.Д. Григорьев. М.: Высш. шк., 1990.
- 23) Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд. М: Мир. 2008.
- 24) Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. СПб.: Питер 2005. 604 с.
- 25) Тихонов В.И.. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. М.: Радио и связь, 1982.
- 26) Тихонов В.И.. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. М.: Радио и связь, 1983.

- 27) Теория обнаружения сигналов / Под ред. П.А. Бакута. М.: Радио и связь, 1984.
- 28) Птачек М. Цифровое телевидение (Теория и техника) / М. Птачек. М.: Радио и связь, 1990.
- 29) Системы и сети передачи информации : учебное пособие для вузов / Под ред. Р.Б. Мазепы. М.: Изд-во МАИ, 2001.
- 30) Основы радиоуправления : учебное пособие для вузов / Под ред. В.А. Вейцеля. М.: Радио и связь, 1995.
- 31) Герасименко В.А. Основы защиты информации : учебник для вузов / В.А. Герасименко, А.А. Малюк. М.: Изд-во ООО «Инкомбанк», 1997.
- 32) Радиотехнические системы передачи информации : учебное пособие для вузов / Под ред. В.В. Калмыкова. М.: Радио и связь, 1990.

## 6 Рекомендуемые Интернет-ресурсы

Адрес	Название
<a href="http://library.urfu.ru">http://library.urfu.ru</a>	Сайт зональной научной библиотеки УрФУ
<a href="http://www.ingentaconnect.com">http://www.ingentaconnect.com</a>	Поисковая система зарубежных научно-технических журналов
<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Российская электронная научная библиотека
<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	Поисковая система публикаций научных изданий
<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	Scopus
<a href="http://apps.webofknowledge.com">http://apps.webofknowledge.com</a>	Web of Science
<a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a>	Ieee xplore
<a href="http://study.urfu.ru">http://study.urfu.ru</a>	Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

Программу вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» разработали:


Профессор, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ (Шабунин С.Н.)

Профессор, д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ (Иванов В.Э.)

Ст. научный сотрудник, к.т.н. \_\_\_\_\_ (Боков А.С.)

7 Лист согласования

Директор ИРИТ-РТФ

/  /Обабков И.Н./

Начальник ОПНПК

/  /Бутрина Е.А./