

## **Минобрнауки Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Председатель  
Приемной комиссии ЮЗГУ  
С.Г. Емельянов  
«15» сентября 2020 г.



## **ПРОГРАММА**

к вступительному экзамену в аспирантуру

направление: 11.06.01 - Электроника, радиотехника и системы связи  
профиль: Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Курск – 2020

Программа вступительных испытаний формируется на основе соответствующих федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программе специалитета и программе магистратуры.

Программа вступительных экзаменов в аспирантуру по направлению подготовки 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» по профилю «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» составлена на основе общей части программы – минимума кандидатского экзамена по данной специальности. Программа содержит три раздела:

- основы теории информации и связи;
- сети связи;
- телекоммуникационные системы и устройства.

В основу программы положены следующие вузовские дисциплины: «Теория электрической связи», «Сети связи и системы коммутации», «Теория информации», «Направляющие системы электросвязи», «Многоканальные телекоммуникационные системы», «Радиоприемные устройства», «Радиопередающие устройства и др.

## I. Основы теории информации и связи

Непрерывные, дискретные и смешанные случайные процессы. Методы их описания. Нормальные, пуассоновские и марковские процессы. Корреляционные функции и энергетические спектры типовых сообщений и сигналов связи.

Модели систем и каналов передачи информации. Аддитивные и мультипликативные помехи в каналах связи. Каналы с замираниями и рассеянием.

Общие понятия и количественная мера информации. Основные свойства энтропии. Энтропия источников дискретных и непрерывных сообщений. Производительность источника сообщений и его согласование с каналом передачи.

Информационные характеристики источников дискретных и непрерывных сообщений. Пропускная способность и основная теорема Шеннона для дискретных и непрерывных каналов с шумами и без шумов.

Методы решения задачи обнаружения, различения и фильтрации сигналов, принимаемых на фоне помех. Оптимальная линейная и нелинейная фильтрация по различным критериям.

Элементы теории оптимальных статистических решений. Априорные и апостериорные вероятности, формула Байеса. Функция правдоподобия. Решающие функции и функции потерь. Критерии оптимальности.

Элементы теории линейного и нелинейного разделения сигналов при многоканальной передаче.

Методы модуляции и детектирования непрерывных сигналов. Сравнительная оценка параметров модулированных сигналов при использовании амплитудной (АМ), частотной (ЧМ) и фазовой (ФМ) модуляции. Широкополосные сигналы и их основные свойства.

Дискретизация и квантование непрерывных сигналов. Цифровые методы формирования и обработки сигналов. Цифровые фильтры. Помехо-

устойчивое и эффективное кодирование, основные алгоритмы и характеристики.

## II. Сети связи

Классификация, элементы и характеристики современных сетей электросвязи. Характеристики основных элементов сети электросвязи: конечных устройств, линий связи, каналов и трактов связи, станций и узлов. Сравнение способов коммутации в узлах связи (коммутация каналов, сообщений, пакетов, кроссовая коммутация, коммутация оптических потоков), области их применения. Основные требования к каналам связи и системам коммутации.

Система электросвязи Российской Федерации и её основные подсистемы. Состав и основные характеристики систем документальной электросвязи (ДЭС) и телефонной связи (СТфС). Принципы построения и перспективы развития Единой сети электросвязи страны. Современные и перспективные принципы построения телефонных сетей, в том числе сети абонентского доступа и транспортной сети. Организация нумерации на современных телефонных сетях. Особенности применения систем сигнализации на телефонных сетях. Система сигнализации №7 МСЭ-Т. Особенности обеспечения синхронизации на сетях электросвязи.

Построение цифровых сетей с интеграцией служб (ЦСИС). Широкополосные ЦСИС и их основные характеристики. Принципы построения интеллектуальных сетей. Сети подвижной связи второго и третьего поколений.

Управление на сетях связи. Особенности концепции TMN МСЭ-Т. Централизованное и децентрализованное управление. Иерархия управления. Динамическое управление. Особенности управления на сетях с коммутацией каналов, коммутацией пакетов, кроссовой коммутацией.

Структурный анализ и синтез сетей связи. Сеть связи как большая система. Системный подход к анализу и синтезу сетей связи. Распределение каналов на сетях. Методы оптимизации структуры сетей. Оптимизация развивающихся структур. Прогнозирование основных параметров сетей связи. Методы статистического моделирования сетей связи.

## III. Телекоммуникационные системы и устройства

### 3.1 Направляющие среды

Направляющие среды (НС) как компоненты сетей, их классификация, конструкция и основные характеристики.

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) как наиболее перспективный тип НС, особенности распространения сигнала по многомодовым и одномодовым оптическим волокнам, оценка параметров передачи и дисперсионных свойств оптических волокон.

Процессы распространения сигналов в электрических НС различного типа (проводных и радио), теория передачи сигналов по электрическим НС и принципы расчета основных параметров НС.

Взаимные электромагнитные влияния в НС различного типа, современные методы защиты от опасных и мешающих влияний.

Оценка пропускной способности, параметров надежности, живучести, помехоустойчивости и электромагнитной совместимости различных НС.

Нормирование параметров НС различного типа. Основные рекомендации МСЭ по НС.

### 3.2 Системы коммутации

Потоки вызовов, их основные свойства и характеристики. Простейший поток вызовов и его свойства. Методы прогнозирования телефонной нагрузки, характеристики качества обслуживания. Обслуживание потоков вызовов полнодоступным пучком с потерями и ожиданием.

Методы расчета пропускной способности многозвенных коммутационных схем. Особенности расчета пропускной способности мультисервисных сетей.

Структура современных коммутационных узлов, составные части, их назначение и основные характеристики. Одно- и многозвенные ступени искания, их назначение и режимы работы. Способы образования полно- и неполнодоступных включений пучков каналов (приборов). Обусловленное искание. Неблокирующие коммутационные блоки, их структурные параметры и область применения. Пространственно - временные коммутационные системы, способы построения, структурные параметры, область применения.

Цифровые системы коммутации, их состав, структура и описание процессов функционирования. Особенности построения управляющих устройств узлов коммутации с программным управлением. Язык спецификации и описаний SDL Язык программирования высокого уровня CHILL. Принципы технического обслуживания узлов коммутации с программным управлением. Язык диалога MML.

Узлы коммутации пакетов, их состав, структура, описание процессов функционирования. Сравнительная характеристика протоколов X<sub>25</sub>, FR, TSP-EP, ATM. Особенности функционирования узлов быстрой коммутации пакетов.

Оптические системы коммутации.

### 3.3 Многоканальные телекоммуникационные системы

Методы формирования канальных и групповых сигналов в аналоговых системах передачи (АСП). Организация и основные характеристики аналоговых каналов и трактов. Особенности организация линейного тракта

АСП. Расчет и нормирование помех и искажений в каналах и трактах АСП. Методы борьбы с помехами и искажениями.

Особенности формирования цифровых сигналов при использовании импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), адаптивной дельта-модуляции (АДМ), адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (АДИКМ). Оценка защищенности от шумов квантования при линейном и нелинейном кодировании. Шумы дискретизации и незанятого канала.

Особенности формирования циклов передачи ЦСП плезиохронной (ПЦИ) и синхронной (СЦИ) цифровых иерархий. Организация тактовой, цикловой и сверхцикловой синхронизации в ЦСП. Адаптивные приемники синхросигнала. Основные параметры системы синхронизации. Особенности временного группообразования в ПЦИ и СЦИ.

Принципы организации и нормирование основных характеристики цифровых каналов и трактов. Организация цифровых линейных трактов (ЦЛТ). Расчет и нормирование помех и искажений в цифровых каналах и трактах. Особенности формирования и основные характеристики кодов в ЦЛТ. Многоуровневые коды. Связь между коэффициентом ошибок и защищенностью на входе регенератора. Фазовые дрожания. Принципы нормирования ошибок и фазовых дрожаний в цифровых каналах и трактах. Регенерация цифровых сигналов. Выбор и оптимизация параметров основных узлов регенератора. Принципы расчета длины участка регенерации при использовании различных направляющих сред.

Особенности построения волоконно-оптических систем передачи (ВОСП). Методы уплотнения волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Основные характеристики активных и пассивных компонентов ВОСП и ВОЛС. Свойства и параметры лазерного излучения. Генерация когерентного оптического излучения. Основные методы модуляции и передачи оптических сигналов. Свойства и параметры приемников оптического излучения. Шумы фотоприемников. Основные методы приема оптического излучения. Прямое фотодетектирование. Фотогетеродинный прием. Коды в цифровых линейных трактах ВОСП. Особенности регенерации оптических сигналов. Оптические усилители. Помехи и искажения в каналах и трактах ВОСП. Методы расчета длины участка регенерации ВОСП.

Методы оценки качества передачи информации по аналоговым и цифровым каналам и трактам. Объективные и субъективные методы оценки качества передачи. Принципы нормирования качества передачи информации по каналам и трактам.

Оценка возможностей совместной работы АСП и ЦСП на телекоммуникационных сетях.

Основные показатели надежности и методы оценки надежности оборудования, каналов и трактов. Способы повышения надежности.

### 3.4 Радиорелейные линии и спутниковые системы связи

Особенности передачи многоканальных сигналов в аналоговой форме по радиорелейным линиям (РРЛ) прямой видимости и спутниковым системам связи (ССС). Пороговые отношения сигнала к тепловому шуму. Энергетические расчеты уровней полезного и мешающих сигналов. Методы повышения помехоустойчивости. Общие характеристики систем, типовые параметры. Структурные схемы устройств и выбор их параметров.

Энергетический расчет линий СССР и выбор параметров аппаратуры. Особенности построения абонентских и шлюзовых земных станций, бортовых ретрансляторов. Примеры современных СССР и области их применения. Типы орбит, их энергетические параметры и планы частот.

Межсимвольные искажения (МСИ) в системах передачи цифровых сигналов по РРЛ и СССР. Влияние АЧХ и ФЧХ линейной части систем на МСИ. Расчет вероятности ошибочного приема. Влияние тепловых шумов, мешающих сигналов и МСИ на вероятность ошибочного приема. Методы повышения помехозащищенности. Схемы и принципы работы эквалайзеров.

Методы организации многостанционного доступа. Сравнение систем с частотным (МДЧР), временным (МДВР) и кодовым (МДКР) разделением. Типовые системы и их параметры.

### 3.5 Наземные системы связи с подвижными объектами

Особенности радиальных и сотовых систем. Основные аналоговые и цифровые стандарты систем транкинговой, пейджинговой и сотовой связи. Частотные планы, энергетические параметры, организация многостанционного доступа. Особенности распространения сигналов в условиях городской застройки. Модели радиоканалов и виды замираний. Расчет отношения сигнал-интерференция. Принципы частотно-территориального планирования. Расчет основных энергетических параметров. Способы повышения помехоустойчивости. Виды каналов связи и управления, их организация и функционирование. Взаимодействие с сетями общего пользования.

### 3.6 Спутниковые системы связи с подвижными объектами

Основные типы используемых орбит. Энергетические соотношения. Сравнительные характеристики существующих и перспективных СССР с подвижными объектами. Диапазоны частот, способы организации многостанционного доступа. Виды используемых сигналов и пропускная способность каналов. Проблемы электромагнитной совместимости с наземными системами.

### 3.7 Устройства генерирования, формирования и обработки сигналов

Основы теории автоколебаний. Схемы автогенераторов. Методы повышения стабильности частоты. Синтез частот.

Управление параметрами высокочастотных колебаний. Виды модуляции (манипуляции), используемые в телекоммуникационных системах. Методы реализации модуляции. Схемы модуляторов. Формирование широкополосных сигналов.

Основы нелинейной теории генераторов с внешним возбуждением. Классы и режимы работы. Способы обеспечения широкополосного усиления. Схемы реализации на различных активных элементах. Методы повышения энергетической эффективности. Сложение мощностей генераторов. Структурные схемы передатчиков телекоммуникационных систем.

Основы линейной теории усиления радиочастотных колебаний. Входные цепи радиоприемников. Преобразование частоты колебаний, Приемники прямого преобразования. Основы теории супергетеродинного приема сигналов. Принципы построения трактов промежуточной частоты.

Динамический диапазон радиоприемных устройств. Методы повышения линейности и расширения динамического диапазона. Способы повышения помехозащищенности.

Системы и устройства фазовой, частотной и временной (тактовой) синхронизации. Обобщенные уравнения. Линейные режимы работы. Нелинейная теория синхронизации. Процессы захвата и устойчивость. Работа систем при воздействии помех.

Основы компьютерного моделирования и схемотехнического проектирования телекоммуникационных устройств. Методы формирования математических моделей и баз данных. Основные математические методы, алгоритмы и комплексы программ.

#### Литература

1. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. - М.: Радио и связь, 1989. - 656с.
2. Кловский Д. Д. Теория электрической связи. Учебник для вузов. - М.: Радио и связь, 2005.
3. Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов. Учебник для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 1986, - 304с.
4. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. - М.: Радио и связь, 1985,-364с.
5. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи. Учебник для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 1995, - 232с.
6. Направляющие системы электросвязи Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 1. Теория передачи и влияния: Андреев В.А., Портнов Э.Л., Коча-



новский Л.Н., Под редакцией Андреева В.А. -7-е изд., перераб. и доп.- М: Горячая линия -Телеком. 2011 г.-424с.:ил.

7. Направляющие системы электросвязи Учебник для вузов. В 2-х томах Том 2. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация: Андреев В.А., Бурдин А.В., Портнов Э.Л., Кочановский Л.Н., Попов В.Б. Под редакцией Андреева В. А. 7-е изд., перераб. и. доп.- М. Горячая линия - Телеком. 2010

8. Многоканальные телекоммуникационные системы. Часть 1. Принципы построения телекоммуникационных систем с временным разделением каналов. Учебное пособие: Тищенко А.Б., Сивоплясов Д.В., Дорошев А.В., Сляднев А.А. - Инфра-М, РИОР. 2013. 104 с.: ил. ISBN: 978-5-369-01184-3

9. Беллами Дж. Цифровая телефония. Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986, - 544с.

10. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. . М.: Эко - Тредз, 1997г. - 148с.

11. Оптические телекоммуникационные системы. Учебник для вузов/ В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов, Р.М. Шарафутдинов. Под ред. Проф. В.Н. Гордиенко.- М: Горячая линия-Телеком, 2011.-368 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0146-9.

12. Скляров О. К. Волоконно оптические сети и системы связи: Учебное пособие. 2 е изд., стер.— СПб.: Издательство «Лань», 2010.— 272 с.: ил.— (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-1028-6

13. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ: в 2-х ч. Пер. с англ. -М.: Наука, 1992г.-ч. 1 -336 с., ч.2-272с.

14. Автоматическая коммутация. Под ред. Ивановой О.Н. - М.: Радио и связь, 1998г.-624с.

15. Боккер П. ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы: пер.с нем.-М.: Радио и связь, 1991г.-304 с.

16. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи. - М.: Радио и связь, 1988 г. -544 с.

17. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений. / Под ред. Г.П. Захарова - М.: Радио и связь, 1988 г. - 360 с.

18. Надежность и живучесть систем связи. / Под ред. Б.Я.Дудника - М.: Радио и связь, 1984г.-216с.

19. Филин Б.П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. - М.: Радио и связь, 1988г.-208с.

20. Теория сетей связи. / Под ред. В.Н. Рогинского - М.: Радио и связь, 1981 г. -192с.

21. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. - М.: Радио и связь, 1996 г. - 272 с.

22. Соколов Н.А. Сети абонентского доступа. Принципы построения. - Пермь.: ЗАО "ИГ" Энтер - профи", 1999г. -254 с.

23. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафик мультисервисных сетей связи. - М.: Радио и связь, 2000 г. - 320 с.
24. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи. В 2-х томах. - М.: Радио и связь, 1.998 г: том 1 - 423с. , том 2- 443 с.
25. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: технология высокоскоростных сетей. М.: Эко-Тредз, 1998г.-234с.
26. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.: Международный центр научной и технической информации, 1996. - 238 с.
27. Спутниковая связь и вещание: Справочник. Под ред. Л.Я.Кантора.- М.: Радио и связь, 1998.-344с.
28. Радиопередающие устройства./Под ред. В.В. Шахгильдяна - М.: Радио и связь, 1.996, 540с.
29. Радиоприемные устройства./Под ред. Н.Н.Фомина - М.: Радио и связь, 1996, 510с.
30. Цифровая мобильная радиосвязь/ В.А. Галкин.- М: Горячая линия-Телеком, 2011.-594 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0185-8..
31. Методологические основы синтеза технических средств обеспечения автоматизированного радиомониторинга современных систем телекоммуникаций. Монография: Мухин И.Е.-ЮЗГУ.2010.282с.: ил.ISBN 978-5-7681-0571-6
32. Системы радиоприема цифровых линий связи. Монография. Довбня В.Г.-М.: Радиотехника.2012.180с.:ил. ISBN: 978-5-88070-325-8
33. Современные сигнальные технологии. Учебное пособие. Григорьев В.А.-С.-Петербург, ВАС.2011.96с.:ил.УДК:621.396.229.
34. Гостюхин В.А., Трусков В.Н., Гостюхин А.В. Активные фазированные решетки. Учебник. М.: Радиотехника, 2011.—304с. ISBN 978-5-88070-243-6
35. Григорьев Л.Н. Цифровое формирование диаграмм направленности в фазированных антенных решетках. Учебное пособие.—М.: Радиотехника, 2010.—144с. ISBN 978-5-88070-243-5
36. Мартюшев Ю.Ю. Практика функционирования цифрового моделирования в радиотехнике. Учебное пособие для высших учебных заведений. М.: Горячая линия-Телеком, 2012.—186с. ISBN 978-5-9912-0218-3
37. Азаров Г.И. Теоретические основы анализа оперативности передачи информации в системах управления и связи. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012.—62с. УДК 621.
38. Григорьев В.А. Современные сигнальные технологии. Учебное пособие.—СПб.:ВАС, 2011.—96с. УДК :621.396.229.
39. Деев В.В. Многопозиционная модуляция. Учебное пособие . СПб.: ВАС, 2011.—36с. УДК 621.376.

**Шкала оценивания и минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания (для каждого вступительного испытания)**

Шкала оценивания (критерии выставления баллов)			
49 баллов и менее	50-65 баллов	66-84 баллов	85-100 баллов
	Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов		
<p>Поступающий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изложил менее 25% материала, требуемого федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</li> <li>- продемонстрировал низкий уровень глубины изложения материала по направлению</li> </ul>	<p>Поступающий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изложил от 50% до 75% материала, требуемого федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</li> <li>- продемонстрировал уровень глубины изложения материала по направлению выше среднего</li> </ul>	<p>Поступающий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изложил от 75% до 100% материала, требуемого федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</li> <li>- продемонстрировал высокий уровень изложения материала по направлению.</li> </ul>	<p>Поступающий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировал владение материалом, как по полноте, так и по глубине полностью соответствующим требованиям федеральным государственным стандартом подготовки аспиранта по направлению;</li> <li>- владеет системой научных понятий, культурой мышления; фактами научных теорий; методами и процедурами профессиональной деятельности; умение поставить цель и сформулировать задачи, связанные с реализацией профессиональных функций.</li> </ul>

Программа обсуждена и рекомендована для вступительного экзамена в аспирантуру по направлению подготовки 11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи, профиль подготовки «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» на заседании кафедры космического приборостроения и систем связи протокол №1 от «15» сентября 2020г.

Научный руководитель программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи (профиль – Системы, сети и устройства телекоммуникаций) д.ф.-м.н., проф., проф. каф. космического приборостроения и систем связи Гуламов А.А.