

Автономная некоммерческая организация
"Институт инженерной физики"

УТВЕРЖДАЮ

Президент

Заслуженный деятель науки РФ

доктор технических наук, профессор

А.Н. Царьков



2022 г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по научной специальности

2.2.15. «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

по техническим наукам

Часть 1

Программа кандидатского экзамена рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании научно-технического Совета АНО «Институт инженерной физики», протокол № 04 от 08.04.2022 г.

Серпухов, 2022

1. Статистическая теория связи

1. Общие сведения о системах и сетях телекоммуникаций.
2. Информация, сообщения, сигналы. Системы и сети телекоммуникаций – среда информационного обмена, их назначения, задачи, состав предоставляемых услуг.
 - 1.1. *Радиосигналы*
 3. Понятие несущего сигнала. Классификация сигналов, база сигнала, Частотно-временная матрица. Простые и сложные (составные) сигналы. Генерация сигналов разных типов.
 4. Модуляция и детектирование сигналов. Спектры модулированных сигналов.
 5. Огибающая фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитические сигналы.
 6. Основные виды модуляции, применяемые в каналах систем телекоммуникаций.
 7. Свойства и использование однополостной модуляции. Особенности модуляции и детектирования при дискретном модулирующем сигнале.
 8. Корреляционная функция и спектральная плотность мощности гармонических сигналов, модулированных случайным процессом.
 9. Спектры сложных сигналов. Полососберегающие сигналы.
 - 1.2. *Кодирование источников и каналов связи.*
 10. 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.
 11. Задача помехоустойчивого кодирования. Классификация помехоустойчивых кодов.
 12. 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.
 13. Эффективность и энергетический выигрыш кодирования. Кодирование в каналах с памятью. Нелинейное кодирование.
 14. Международные стандарты сжатия речевых и видео сообщений.
 - 1.3. *Принципы многоканальной связи.*
 15. 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.
 16. Примеры нелинейного уплотнения каналов.
 17. Принципы пакетной передачи информации (незакрепленные каналы). Нарушение масштаба времени и потери при пакетной передаче информации.
 - 1.4. *Модемы каналов связи.*
 18. Низкоскоростные и высокоскоростные модемы для проводных и радиолиний. Модемы волоконно-оптических каналов связи. Особенности модемов многостанционного доступа.

19. Модемы для передачи информации по энергетическим сетям. Модемы для каналов связи с переменными параметрами. Использование в модемах полососберегающих методов передачи и приёма сигналов. Особенности модемов при разнесённом приёме.

1.5. Сообщения, сигналы и помехи в каналах связи.

20. 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.

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

22. Представления случайных процессов рядами и дифференциальными уравнениями. Решётчатые функции. Z – преобразование.

23. Модели дискретных и непрерывных источников информации.

1.6. Преобразование сигналов и помех в каналах связи.

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

25. 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.

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

27. 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.

28. 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.

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

30. 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.

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

1.7. Помехоустойчивость систем передачи сообщений.

32. 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.

33. Приём 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.

34. Особенности приёма сообщений в оптическом диапазоне волн.

35. Сравнение помехоустойчивости вариантов передачи дискретных сообщений. Приём в целом. Поэлементный приём с жёсткими и мягкими решениями. Теорема Л.М. Финка.

1.8. Потенциальные возможности передачи сообщений по каналам связи.

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

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

38. 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.

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

40. Адаптивные методы цифрового представления непрерывных сообщений.

2. Системы и сети телекоммуникаций

2.1. Элементы теории массового обслуживания.

41. 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.

42. Модели входных потоков. Стационарные и нестационарные потоки, пуассоновские потоки, потоки Эрланга, потоки Пальма, теорема Хинчина о сходимости суммы потоков.

43. 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.

44. 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.

45. Методы имитационного моделирования СМО

46. 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 Сети массового обслуживания

47. Понятие сетей массового обслуживания.

48. Марковские сети массового обслуживания, моделирование систем передачи данных сетями массового обслуживания.

49. 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.

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

2.3. Архитектура систем и сетей телекоммуникаций.

2.3.1. Основы сетевых технологий

51. Архитектура и основные элементы телекоммуникационных сетей. Архитектура взаимодействия открытых систем. Семиуровневая модель взаимодействия открытых систем (ВОС).

52. 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.

53. Методы коммутации в сетях телекоммуникаций.

2.3.2. Системы и сети телекоммуникаций.

54. Наземные средства систем и сетей телекоммуникаций. Сети проводной телефонии.

55. Радиорелейные линии связи.

56. Системы пейджинговой радиосвязи.

57. Системы сотовой связи. Транкинговые системы связи. Специальные системы связи: войсковые, с подводными или подземными объектами и др.

58. Системы спутниковой связи. Принципы построения систем спутниковой связи (ССС). Системы орбит спутников связи.

59. Виды, особенности и способы организации спутниковых радиолиний. Характеристики спутниковых радиолиний. Диапазоны рабочих частот СССР.

60. Принципы международного и государственного регулирования использования частот в ССС. Основные показатели ССС. Зоны видимости, покрытия, обслуживания. Пропускная способность ССС. Сеанс связи в ССС и его продолжительность. Виды трафиков в ССС. Особенности построения ССС для теле- и радиовещания, телефонии, передачи данных, для передачи мультимедийного трафика. Системы радиовещательной спутниковой связи.

60. Системы фиксированной спутниковой связи. Системы подвижной спутниковой связи. Экономические показатели и критерии экономической эффективности использования ССС.

61. 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.

62. Организация информационных и служебных каналов связи. Космический сегмент ССС. Бортовое оборудование спутников связи. Спутники-ретрансляторы (СР). СР без обработки на борту. СР с обработкой на борту.

63. Наземный сегмент ССС. Приёмные, передающие и приемо-передающие земные станции (ЗС). Особенности организации спутниковых сетей на основе геостационарных и низкоорбитальных спутников связи.

64. Стратегия развития систем спутниковой связи. Примеры и особенности действующих систем.

Примеры и особенности низкоорбитальных систем спутниковой связи.

Примеры и особенности среднеорбитальных систем спутниковой связи.

65. Особенности построения орбитальной группировки.

Системы связи с использованием геостационарных спутников.

66. Дальность радиосвязи. Расчёт энергетического потенциала радиолинии. Факторы, ограничивающие дальность действия канала радиосвязи: энергообеспечение, влияние параметров канала (затухание, рефракция и т.п.), помехи и др.

67. Принципы обеспечения информационной безопасности систем и сетей телекоммуникаций.

68. 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.

69. Речевой сигнал, его особенности и характеристики. Звуки, фонемы, форманты. Распознавание речи слуховым аппаратом человека.

70. Статистические характеристики речевых сигналов: интервал стационарности, законы распределения, энергетический спектр, корреляционная функции и разборчивость речи.

71. Вокодеры: полосный, формантный, гомоморфный, линейный предсказатель речи (липредер), фонемный вокодер.

72. Скремблеры, работающие в частотной, временной, частотно-временной областях. Цифровое скремблирование речи.

73. Методы модуляции при передачи речевых сигналов.

74. Передача речевых сигналов в общем пакете, проблема нарушения масштаба времени.

75. Проблемы высокоточной передачи измерительной информации в телекоммуникационных системах и сетях, потери и задержки сообщений.

76. Телеметрия и оценка технического состояния объектов и технологических процессов. Интеллектуализация программ измерений.

77. Методы экономичного представления изображений. Основные стандарты кодирования изображений, используемые в сетях широкого пользования.

78. Возможности безрастрового представления изображений.

79. Согласование методов представления изображений и протоколов.

80. 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.

81. Коммутационное и терминальное оборудование систем подвижной радиосвязи.

82. Оборудование систем подвижной радиосвязи: состав и основные особенности. Основные функции; принципы построения и типы коммутационных систем.

83. Модели радиоканалов и предсказания уровня сигнала для естественных условий распространения радиоволн в условиях сельской и городской застройки. Методы частотно-территориального планирования; кластерные модели; расчёт основных параметров частотного плана, параметров станций и трафика сети; методы повышения емкости сетей; проблемы электромагнитной совместимости.

3. Рекомендуемая литература

3.1. Основная литература

1. Берлин А.Н. Телекоммуникационные сети и устройства / А.Н. Берлин. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. – 319 с.

2. Мельников Д.А. Системы и сети передачи данных: учебник / Д.А. Мельников. – М. Радио-Софт, 2016. – 624 с.

3. Пятибратов А.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Учебник – М.: Финансы и статистика, 2008. – 736 с.

4. Замятина О.М. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Моделирование сетей: УП для магистратуры / О.М. Замятина. – М.: Юрайт, 2018. – 159 с.

5. Ворона В.А. Радиопередающие устройства. Основы теории и расчёта. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 384 с.


6. Мамчев Г.В. Основы радиосвязи и телевидения. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007 – 416 с.
7. Румянцев К.Е. Приём и обработка сигналов. – М.: ИЦ Академия, 2008.– 368 с.
8. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебное пособие / О.К. Скляр. – 3-е изд., стер. – М.: Лань. 2016. – 268 с.
9. Берлин, А.Н. Телекоммуникационные сети и устройства: учебное пособие / А.Н. Берлин. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2008. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232994>.
10. Гриценко, Ю.Б. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебное пособие / Ю.Б. Гриценко. – Томск: ТУСУР, 2015. – 134 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480639>.
11. Каратаева, Н.А. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие / Н.А. Каратаева. – Томск: ТУСУР, 2012. – Ч. 1. Теория сигналов и линейные цепи. – 261 с. [Электронный ресурс]. – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480452>.
12. Каратаева, Н.А. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие / Н.А. Каратаева. – Томск: ТУСУР, 2012. – Ч. 2. Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация. – 257 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480454>
13. Гулевич Д.С. Сети связи следующего поколения: учебное пособие [Электронный ресурс] – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233073>
14. Сети связи следующего поколения, [Электронный ресурс], – <http://www.intuit.ru/studies/courses/3646/888/info> – курс в интернете.
15. Берлин А.Н. Телекоммуникационные сети и устройства [Электронный ресурс], – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232994>.
16. Подлесный С.А., Зандер Ф.В. Устройства приёма и обработки сигналов. Электронный ресурс, – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229382>.

Дополнительная литература

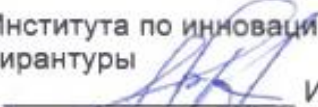
1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2007. – 958 с.
2. Танненбаум Э. Компьютерные сети. – СПб: Питер, 2007. – 992 с.
3. Монаков А.А. Математическое моделирование радиотехнических систем: учебн. пос. / А.А. Монаков. – 1-е изд. – М.: Лань. 2016. – 148 с.
4. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. «2-е изд. Исправленное. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 558 с.
5. Каплун В.А. и др. Радиотехнические устройства и элементы радиосистем. – М.: Высшая школа, 2002. – 294 с.
6. Монаков А.А. Математическое моделирование радиотехнических систем: учебное пособие / А.А. Монаков. – 1-е изд. – М.: Лань, 2016. – 148 с.
7. Зырянов Ю.Т. Радиоприемные устройства в системах радиосвязи: учебное пособие / Ю.Т. Зырянов, В.Л. Удовкин. – 1-е изд. – М.: Лань, 2017. – 320 с.
8. Зырянов Ю.Т. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи: учебное пособие / Ю.Т. Зырянов, П.А. Федюнин и др.. – 2-е изд., стер. – М.: Лань, 2018. – 176 с.

9. Танненбаум Э. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2007. – 992 с.
10. Берлин, А.Н. Сотовые системы связи: учебное пособие / А.Н. Берлин. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. – 360 с. [Электронный ресурс]. – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232987>.
11. Велигоша А.В. Общая теория связи. [Электронный ресурс], – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457770>.
12. Синицын, Ю.И. Сети и системы передачи информации: учебное пособие / Ю.И. Синицын, Е. Ряполова, Р.Р. Галимов. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 190 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485524>.

Автор программы:

Ведущий научный сотрудник Института
д.т.н., профессор  В.А. Цимбал

Согласовано:

Вице-президент Института по инновационным проектам,
руководитель аспирантуры
д.т.н., профессор  И.А. Бугаков

«11»  2022 г.