

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ  
11.04.02 «ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И СИСТЕМЫ СВЯЗИ» СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

## **Общие положения**

1. Длительность экзамена: не более 90 минут.
2. Форма проведения экзамена: тестирование.
3. Количество вопросов: 25 вопросов.
4. Оценивание: оценка по 100-балльной шкале.
5. Критерии оценивания:
  - каждый вопрос оценивается в 0 (неправильный ответ) или 4 (правильный ответ) балла;
  - при равенстве итоговых баллов за тестирование рейтинговое распределение будет осуществляться по среднему баллу диплома о высшем образовании.
6. Типы возможных вопросов:
  - теоретический вопрос с несколькими вариантами ответов, из которых правильным является один вариант;
  - теоретический вопрос с одним «открытым» вариантом ответа в виде слова или словосочетания, которое необходимо напечатать в отведенное поле;
  - практическое задание (задача) с одним «открытым» вариантом ответа в виде числа, которое необходимо напечатать в отведенное поле;
  - практическое задание (задача) с несколькими (не менее 5) вариантами ответов, из которых правильным является один вариант.

## **Темы для подготовки**

### **Раздел 1. Общая теория связи**

#### 1.1 Основные понятия и определения теории связи

Система связи и канал связи. Обобщенная структурная схема системы связи. Структурная схема цифровой системы связи. Кодирование и модуляция.

Демодуляция и декодирование. Модем и кодек. Многоканальные системы и сети связи. Классификация систем связи по назначению, способу действия и технической реализации. Диапазон частот электромагнитных колебаний, используемых в системах передачи информации. Типы каналов связи. Дискретные и непрерывные каналы, их основные характеристики. Помехи и искажения в каналах. Аддитивные и мультипликативные помехи. Классификация помех по физическим свойствам и происхождению. Вопросы национальной и международной стандартизации в системах связи. Протоколы связи.

## 1.2 Показатели качества, задачи проектирования и оптимизации систем связи

Основные показатели качества систем связи: достоверность и скорость передачи информации, помехоустойчивость, помехозащищенность, скрытность, информационная, энергетическая и частотная эффективность, надежность систем связи. Пример: минимизация суммарных ошибок, возникающих при передаче непрерывных сообщений по цифровым каналам. Частотная и энергетическая эффективность. Результаты сравнения систем по векторным и интегральным показателям качества. Принципы системного анализа при проектировании систем связи. Иерархичность структуры систем связи. Принцип декомпозиции и агрегирования. Внутреннее и внешнее проектирование. Математический, эвристический и инженерный синтез. Структурный и параметрический синтез. Скалярные и векторные показатели качества. Множество нехудших систем. Математическая формулировка задачи оптимизации. Особенности синтеза при априорной неопределенности. Адаптивные, минимаксные и робастные системы.

## 1.3 Детерминированные сигналы

Математические модели сигналов в виде действительных функций времени. Представление сигналов в виде комплексных функций времени.

Преобразование Гильберта и аналитический сигнал. Экспоненциальное и квадратурное представление сигналов. Комплексная огибающая узкополосного сигнала. Разложение функций в ортогональные ряды по базисным функциям пространства сигналов. Основные соотношения между элементами линейных функциональных пространств. Обобщенный ряд Фурье, неравенство Парсеваля. Спектральное и временное представление сигналов. Теорема Котельникова. Разложение аналогового сигнала в базисе Уолша, разложение по полиномам Лежандра, Чебышева, Лагерра, Эрмита.

#### 1.4 Случайные сигналы

Детерминированные и случайные процессы, их математические модели. Прямые и косвенные модели процессов. Характеристики случайных процессов (СП). Стационарные и нестационарные СП. Эргодическое свойство стационарных СП. Особенности нестационарных процессов. Функции корреляции и их свойства. Гауссовский СП. Спектр плотности мощности и его связь с функцией корреляции. Функция корреляции “белого” шума с ограниченным спектром. Эффективная ширина спектра. Статические характеристики огибающей и фазы узкополосного СП. Корреляционная функция узкополосного СП. Случайные последовательности. Марковские сигналы. Цепь Маркова. Гауссовские марковские процессы. Представление сигналов и помех в виде откликов порождающих фильтров (ПФ). Описание дифференциальными (разностными) уравнениями. Теорема Карунена-Лозва. Представление сообщений и сигналов в различных метрических и топологических пространствах. Эвклидово и гильбертово пространства. Основные характеристики пространств: базис, метрика и норма. Скалярное произведение. Геометрическое представление сигналов и помех. Геометрическая интерпретация задачи приема сигналов на фоне помех. Представление цифровых сигналов векторами пространства Хемминга. Алгоритмы цифровой обработки сигналов в системах связи. Представление аналоговых сигналов в дискретном времени, квантование, цифровое представление, АЦП и ЦАП. Алгоритм

дискретной свертки, алгоритм разностного уравнения. Цифровые фильтры (ЦФ) рекурсивного и нерекурсивного типа. Применение z-преобразования в задачах анализа и синтеза цифровых фильтров. Импульсные и частотные характеристики ЦФ. Погрешности цифровой фильтрации.

### 1.5 Математические модели каналов связи

Классификация каналов электросвязи. Прохождение случайных сигналов через детерминированные линейные и нелинейные системы. Особенности проводных и радиоканалов, замирания сигналов. Флуктуационные, сосредоточенные и импульсные помехи, их вероятностные характеристики. Модели непрерывных каналов. Идеальный канал без помех, канал с аддитивным гауссовым шумом. Канал с неопределенной фазой сигнала, однолучевой канал с замираниями. Канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным шумом. Оценка энергетических соотношений в системе связи. Помехи в системах связи с подвижными объектами и их основные характеристики. Аддитивный белый гауссов шум. Коэффициент шума, шумовая температура, шум-фактор. Суммарный коэффициент шума для последовательно соединенных усилителей и фидерных линий. Флуктуационные, сосредоточенные и импульсные помехи, их вероятностные характеристики. Бюджет канала связи. Энергетические характеристики сигнала и потери распространения.

### 1.6 Количественная мера информации для дискретного и непрерывного источников

Мера количества информации дискретного источника. Количество информации по Шеннону и по Хартли. Взаимная информация для статистически связанных событий. Энтропия как мера неопределенности сообщений, основные свойства энтропии. Энтропия дискретного источника без памяти при равновероятном и неравновероятном выборе символов. Виды энтропии: условная, совместная, взаимная. Энтропия непрерывного распределения случайной величины. Энтропия непрерывного распределения при заданной

точности. Определение энтропии как разности энтропий двух непрерывных распределений. Свойства энтропии непрерывного распределения. Законы распределения, обеспечивающие максимальную энтропию для случайных величин с фиксированными границами и с фиксированной дисперсией. Энтропия реальных источников информации. Избыточность и производительность источника. Информация в непрерывных сигналах. Дифференциальная энтропия непрерывного отсчета. Условная дифференциальная энтропия. Определение эpsilon-энтропии непрерывного сигнала. Эpsilon-производительность непрерывного источника. Непрерывный источник с максимальной скоростью потока информации.

### 1.7 Теоретические основы кодирования и декодирования

Теоретические основы кодирования и декодирования. Задачи кодирования источника и кодирования канала. Кодирование в дискретном канале без помех. Кодирование в дискретном канале с помехами. Теорема Шеннона о кодировании в канале с помехами.

### 1.8 Предельно достижимые показатели энергетической и спектральной эффективности систем связи

Предельно достижимые показатели энергетической и спектральной эффективности систем связи. Граница Шеннона. Предел Шеннона.

### 1.9 Кодирование аналоговых источников

Первичное (примитивное) кодирование и экономное кодирование. Двоичный натуральный код, симметричный двоично-числовой код, код Грея. Стандартные форматы знакового кодирования (ASCII, EBCDIC и т.п.). Кодирование аналоговых источников. Основные характеристики речевых сообщений: закон распределения, спектрально-временные характеристики, полоса частот, динамический диапазон. Временное сигнальное кодирование. Преобразование аналоговых сигналов в дискретные и цифровые. Дискретизация

по времени. Теорема Котельникова. Ошибки дискретизации и восстановления. Обобщенное дискретное преобразование. Дискретно-разностное представление сигналов. Квантование по уровню. Шум квантования и его статистические характеристики. Шум ложных импульсов и его влияние на точность передачи аналогового сигнала по цифровой линии связи. Компандирование. Стандарты, характеристики и эффективность компандирования. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ, КИМ), дифференциальная ИКМ (ДИКМ), Адаптивные ИКМ и ДИКМ (АДИКМ). Дельта-модуляция. Методы устранения избыточности аналоговых источников. Обратимые и необратимые методы сжатия данных. Адаптивная дискретизация во времени. Преобразующее кодирование. Спектральное сигнальное кодирование. Кодирование подполосок. Трансмультимплексоры. Модельное кодирование. Сравнение методов кодирования речевых сигналов.

#### 1.10 Принципы помехоустойчивого кодирования

Классификация корректирующих кодов. Важнейшие свойства и параметры кодов. Постановка задачи помехоустойчивого кодирования для поэлементного приема и приема в целом. Помехоустойчивое кодирование в каналах с белым гауссовым шумом при поэлементном приеме. Блочные коды. Сверточные коды. Комбинированные коды и сигнально-кодовые конструкции. Эффективность корректирующих кодов.

#### 1.11 Методы аналоговой модуляции-демодуляции сигналов

Модуляция и демодуляция. Методы аналоговой модуляции. Амплитудная модуляция (АМ), балансная модуляция (БМ), АМ с подавленной несущей (АМ-ПН), однополосная модуляция (ОМ), фазовая модуляция (ФМ) и частотная модуляция (ЧМ) гармонических колебаний. Временное, спектральное и векторное представление модулированных сигналов. Многоступенчатая модуляция. Несущие и поднесущие колебания. Подавление несущей

и поднесущих частот в передатчике, применение сигналов с одной боковой полосой.

### 1.12 Модуляция-демодуляция импульсных поднесущих

Импульсные поднесущие колебания. Аналоговые способы модуляции импульсных под-несущих: амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), время-импульсная модуляция (ВИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ), частотно-импульсная модуляция (ЧИМ). Спектры этих сигналов для детерминированного и случайного сообщения. Сигналы АИМ-АМ, ВИМ-АМ, ШИМ-АМ, АИМ-ЧМ.

### 1.13 Цифровая модуляция сигналов

Цифровые поднесущие. Шумоподобные сигналы и псевдослучайные последовательности (ПСП). Свойства ПСП. Аперриодическая и периодическая корреляционные функции. Спектральная плотность мощности ПСП. Последовательности Баркера. М-последовательности. Методы генерации, основные свойства и области применения. Ансамбли ПСП и области их применения. Ансамбли последовательностей Уолша. Алгоритм построения функций Уолша на основе матриц Адамара. Построение ансамблей ортогональных, биортогональных и симплексных сигналов. Недостатки функций Уолша. Производные ансамбли ПСП на основе функций Уолша. Производные ансамбли последовательностей Голда и Касами. Сегментные ансамбли ПСП. Нелинейные ПСП. Методы генерации и свойства. Методы цифровой модуляции. Представление кодов сигналами – первичная (узкополосная) модуляция. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) или кодово-импульсная модуляция (КИМ). Разновидности ИКМ-сигналов: без возврата к нулю, с возвратом к нулю, бифазное кодирование. Спектры ИКМ-сигналов. Многоосновные цифровые последовательности. Манипуляция гармонической несущей цифровыми сигналами. Разновидности цифровой модуляции. Бинарная и многопозиционная модуляция. Модуляция с постоянной и переменной

огибающей. Сигналы КИМ-АМ<sub>н</sub>, КИМ-ЧМ<sub>н</sub>, КИМ-ФМ<sub>н</sub>, КИМ-ОФМ<sub>н</sub>, КИМ-ЧМ<sub>н</sub>-АМ, КИМ-ЧМ<sub>н</sub>-ФМ.

#### 1.14 Многопозиционная модуляция

Многопозиционные методы модуляции. Многопозиционные фазоманипулированные и частотно-манипулированные сигналы (ФМ<sub>н</sub>-М/MPK; СФМ<sub>н</sub>-М/MDPK; ЧМ<sub>н</sub>-М/MFSK). Математическое описание многопозиционных сигналов. Методы формирования многопозиционных сигналов. Квадратурная реализация модулятора. Формирование сигналов ФМ<sub>н</sub>-4/QPK. Модуляция со смещением (офсетная модуляция СФМ<sub>н</sub>-4/OQPK). Формирование сигнала ОФМ-8/  $\pi/4$ -DQPK. Дифференциальное кодирование и дифференциальная модуляция. Зависимость вероятности битовой ошибки от вероятности символьной ошибки для многофазных сигналов. Использование кода Грея. Квадратурная амплитудная модуляция (КАМ/QAM).

#### 1.15 Спектрально-эффективные методы модуляции

Спектрально-эффективные (полососберегающие) методы модуляции. Частотная модуляция с непрерывной фазой (ЧМ<sub>н</sub>Ф/CPFSK). Модуляция с минимальным частотным сдвигом ММС/MSK, квадратурный и прямой методы формирования. Гауссова манипуляция с минимальным сдвигом (ГММС/GMSK). Амплитудно-фазовая модуляция с подавлением несущей (CAP). Спектральные характеристики модулированных радиосигналов. Сравнение характеристик помехоустойчивости и эффективности использования полосы частот для различных методов модуляции.

#### 1.16 Многочастотные методы модуляции

Методы дискретной многотоновой модуляции (DMT) и их использование в xDSL технологиях. Ортогональное частотное разделение с мультиплексированием (OFDM). Формирование OFDM-сигнала. Структурные схемы OFDM передатчика и приемника.

### 1.17 Модуляция с расширением спектра сигналов

Расширения спектра радиосигналов. Преимущества использования расширенного спектра. Помехозащищенность. Скрытность. Помехоустойчивость. Методы расширения спектра. Формирование составных широкополосных сигналов на базе частотно-временной матрицы. Системы расширения спектра методом прямой последовательности (DSSS). Системы со скачкообразной перестройкой частоты (FHSS). Быстрая и медленная перестройка частоты. Коэффициент расширения спектра.

### 1.18 Сверхширокополосные сигналы

Сверхширокополосные (СШП) сигналы и методы их модуляции. Определение относительной полосы частот. Классификация сигналов по ширине занимаемой полосы частот. Спектры СШП-сигналов. Ограничения, связанные с электромагнитной совместимостью СШП-систем связи и существующих радиосистем. Методы модуляции, используемые для СШП-сигналов.

### 1.19 Критерии и задачи оптимального приема сигналов

Статистическое описание процедур извлечения информации в системах связи. Основные понятия теории статистических решений. Априорные данные и результаты наблюдений. Решения, алгоритмы выбора решений и их критерии качества. Оптимальный прием. Потенциальная помехоустойчивость. Поиск оптимальных сигналов. Задачи оптимального обнаружения, различения, оценки параметров, линейной и нелинейной фильтрации сигналов. Методы учета априорной неопределенности. Различение гипотез. Критерии Байеса, Котельникова (идеального наблюдателя), максимального правдоподобия, Неймана-Пирсона, Вальда. Многоальтернативная задача проверки гипотез. Постановка задачи об оптимальном демодуляторе (приемнике) дискретных сообщений. Отношение правдоподобия. Статистический синтез оптимальных алгоритмов и потенциальная помехоустойчивость.

## 1.20 Основы теории оптимального приема непрерывных сообщений в канале с АБГШ

Критерии помехоустойчивости приема непрерывных сообщений. Этапы статистического синтеза и анализа оптимальных СПИ. Характеристики сигналов и помех, необходимые для синтеза оптимальных систем. Функции потерь, их свойства и разновидности. Средний риск, средняя интервальная и точечная квадратические ошибки. Отношение сигнал-помеха. Оптимальная оценка параметров сигнала. Критерии оптимальности оценки и функция правдоподобия. Апостериорная функция плотности вероятности и функция правдоподобия. Неравенство Крамера-Рао. Структура оптимального приемника. Оптимальная линейная фильтрация непрерывных сообщений. Уравнение Винера-Хопфа. Принцип построения реализуемых оптимальных фильтров. Синтез оптимальных линейных фильтров для оценки марковских сообщений. Сравнение оптимальных фильтров Колмогорова-Винера и Калмана.

## 1.21 Основы теории оптимального приема дискретных сообщений в канале с АБГШ

Основные задачи теории помехоустойчивости цифровых систем связи. Оптимальный прием. Потенциальная помехоустойчивость. Прием "в целом" и поэлементный прием. Когерентный и некогерентный прием. Сравнение потенциальной помехоустойчивости когерентного и некогерентного приема. Анализ помехоустойчивости оптимального поэлементного приема двоичных сигналов. Вероятность ошибки при оптимальном различении двоичных сигналов с амплитудной, частотной, фазовой и относительной фазовой манипуляцией несущей. Сравнительная оценка помехоустойчивости АМн, ЧМн, ФМн - сигналов. Пороговый эффект в оптимальном приемнике при слабых сигналах. Оптимальный прием при неопределенной фазе и амплитуде сигнала. Сравнение потенциальной помехоустойчивости когерентного и некогерентного приема. Верхняя оценка вероятности ошибки при различении ансамбля из  $M > 2$

полностью известных сигналов. Вероятность ошибки при приеме многопозиционных сигналах.

### 1.22 Синхронизация в ТКС

Общие сведения о подсистемах синхронизации: назначение, классификация, режимы работы. Влияние фазового, частотного и временного рассогласования на функционирование систем связи. Поиск, захват сигнала и слежение за изменяющимися параметрами сигнала. Применение целеуказаний для уменьшения диапазона поиска, последовательно-параллельный поиск, применение специальных синхросигналов. Фазовая синхронизация. Фильтрация случайной фазы радиосигнала и автоподстройка частоты. Использование системы ФАПЧ и схем с восстановлением несущей. Влияние эффекта Доплера. Тактовая (символьная) синхронизация: схемы реализации, влияние ошибок синхронизации на помехоустойчивость приема. Цикловая (словная) синхронизация: варианты реализации, показатели качества. Использование синхросигналов и синхронизирующих свойств кодов. Кадровая синхронизация: схемы реализации, влияние ошибок синхронизации на помехоустойчивость приема. Методы реализации синхронизация в системах с широкополосными псевдослучайными сигналами.

### 1.23 Принципы многоканальной связи и распределения информации

Многоканальная и многостанционная связь. Классификация методов уплотнения и разделения в системах многоканальной и многостанционной связи. Общая структурная схема многоканальной РСПИ (МРСПИ). Основные положения теории линейного уплотнения и разделения каналов. Частотное (ЧРК), временное (ВРК) и кодовое (КРК) разделение каналов. Особенности формирования групповых сигналов и построения устройств уплотнения и разделения. Междуканальные (внутрисистемные) помехи. Пропускная способность МРСПИ. Нелинейные методы уплотнения и разделения каналов. Комбинационное уплотнение и разделение. Логическое мажоритарное

уплотнение. Комбинационное уплотнение на основе представления группового сигнала блочным нелинейным несистематическим кодом. Многоадресные системы. Принципы многостанционного доступа. Многостанционный доступ с временным разделением (МДВР/TDMA). Системы с частотным разделением (МДЧР/FDMA). Синхронные и асинхронные адресные системы. Системы с частотно-временным кодированием. Кодовое разделение сигналов (МДКР/CDMA). Межстанционные помехи. Методы случайного многостанционного доступа. Принципы распределения информации. Сеть распределения информации и ее элементы. Структура систем распределения информации. Многоуровневая архитектура связи и протоколы.

## **Раздел 2. Информационная безопасность**

### **2.1. Основы информационной безопасности.**

Понятие Информационной безопасности (ИБ). Основные термины (информация, угроза, атака, уязвимость). Классификация угроз ИБ. Примеры наиболее распространенных угроз. Законодательный уровень ИБ. Аппаратно-программные средства обеспечения ИБ. Управление доступом в информационных системах (ИС). Аутентификация и идентификация. Шифрование.

### **2.2. Основы помехоустойчивого кодирования и криптографии.**

Помехоустойчивое кодирование: цели, компромиссы и методы кодирования. Сравнительная характеристика основных типов шифров. Стандартные математические модели блочных криптосистем. Основные целочисленные процедуры и операции криптографии. Стандартные алгоритмы хеширования. Базовые алгоритмы асимметричного шифрования. Типовые методы криптоанализа симметричных шифров. Базовые методы построения криптографически стойких генераторов псевдослучайных чисел.

### **2.3. Методы и средства защиты информации.**

Виды угроз информации. Классификация методов защиты информации по аспекту ИБ. Организационно-правовые методы обеспечения ИБ. Защита телекоммуникационных сетей и каналов передачи данных. Технические, программные и аппаратные методы и средства защиты информации.

### **Раздел 3. Схемотехника аналоговых телекоммуникационных устройств**

#### **3.1 Основы схемотехники.**

Пассивные элементы. Основные характеристики. Полупроводниковые диоды, типовые схемы включения и основные характеристики. Биполярные транзисторы, классификация, особенности и схемы включения. Режимы работы биполярных транзисторов и понятие рабочей точки транзисторного усилителя. Полевые транзисторы, классификация, особенности и область применения, основные отличия от биполярных транзисторов. Режимы работы и понятие рабочей точки полевого транзистора

#### **3.2 Линейные и нелинейные схемы на операционных усилителях (ОУ).**

Определение и область применения ОУ. Схемы на основе операционных усилителей. Схемы инвертирующего и неинвертирующего усилителей. Расчёт и применение. Схемы на основе операционных усилителей. Схемы интегратора и дифференциатора. Расчёт и применение. Схемы на основе операционных усилителей. Схемы экспоненциального и логарифмического усилителей. Расчёт и применение. Пиковый детектор. Применение и схемотехническая реализация. Генератор колебаний на двух транзисторах. Расчёт и особенности. Триггер Шмитта. Схемотехническая реализация на операционном усилителе.

#### **3.3 Генераторы и формирователи сигналов.**

Кварцевые генераторы. Схема и особенности генератора на логических элементах с кварцевой стабилизацией. Триггер Шмитта как генератор

колебаний. Генератор колебаний на двух транзисторах. Расчёт и особенности.  
Генератор колебаний на микросхеме таймера КР1006ВИ1. Расчёт и особенности.

### 3.4 Преобразователи частоты и системы синхронизации

Смесители сигналов. Способы осуществления перемножения сигналов.  
Принципиальные схемы амплитудных и частотных модуляторов. Микросхемы  
ГУН. Особенности применения и настройки. Микросхемы ФАПЧ. Особенности  
применения. Расчёт петлевого фильтра. Аналоговые мультиплексоры.  
Применение и особенности схемотехники.

### Рекомендуемая литература

1. Радиосистемы передачи информации: Учебное пособие для вузов/ В.А.Васин, В.В.Калмыков, Ю.Н.Себекин, А.И.Сенин, И.Б.Федоров; под ред. И.Б.Федорова и В.В.Калмыкова. – М. Горячая линия – Телеком, 2005. –472с.
2. Радиосистемы и сети передачи информации: Учебное пособие для вузов/ Н.А.Важенин, В.А.Вейцель, А.С.Волковский и др. Под ред. Р.Б.Мазепы. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 568 с.
3. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 2004. -608 с.
4. Теория электрической связи: Учебник для вузов / Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В.; Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1998. – 432 с.
5. Задачник по курсу "Основы теории радиотехнических систем": Учеб. пособие для вузов/ А.В.Бруханский, Н.А.Важенин, В.А.Вейцель и др.; Под ред. П.А.Бакулева и В.А.Вейцеля. - М.: "Радио и связь", 1996. - 184 с.
6. Кловский Д.Д., Шилкин В.А. Теория Электрической связи. Сб. задач и упражнений: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1990. - 280 с.
7. Важенин Н.А., Вейцель В.А., Волковский А.С., Мазепа Р.Б., Роцин Б.В.,Симаков Е.А., Терехин А.Г., Фомин А.И. Радиосистемы и сети передачи информации Учеб. пособие для вузов по спец." Радиоэлектронные системы" и др..МАИ, 2002. - 567 с.
8. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение,2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. -1104 с.: ил.
9. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ./ Под ред. Д.Д.Кловского. – М.: Радио и связь. 2000. -800 с.: ил.

10. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И.Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
11. Тепляков И.М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей, учебное пособие. - М.: Радио и связь, 2004. 328 с.
12. Тепляков И.М. Телекоммуникационные системы. Сборник задач. - М.: РадиоСофт, 2008, с. 241.
13. Е.Б. Белов, В.П. Лось, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов. Основы информационной безопасности. Учебное пособие для вузов / М.: Горячая линия - Телеком, 2011 - 544 с.
14. Куприянов А.И., Сахаров А.В., Шевцов В.А. Основы защиты информации. – 3-е изд. – М.: Издательский центр "Академия", 2011. – 256 с.
15. Карпухин Е.О., Кабанов Д.Д. Программно-аппаратные средства защиты информации телекоммуникационных систем. Учебное пособие для вузов / М.: Горячая линия - Телеком, 2025 - 332 с.
16. Михайлов В.Ю., Мазепа Р.Б. Основы информационных технологий. Введение в процессы информационного взаимодействия. Учебное пособие, М. Вузовская книга, 2012, 60 с.
17. Фомичев В.М. Дискретная математика и криптология. – М.: Диалог-МИФИ, 2003. – 400 с.
18. Семенов Ю. А. Алгоритмы телекоммуникационных сетей: учебное пособие. В 3 ч. Бинوم. Лаборатория знаний, 2012.
19. Хоровиц П. Искусство схемотехники. Теория и практика / П. Хоровиц, У. Хилл ; перевод с английского Т.К.Хейс. — СПб: БХВ-Петербург, 2026. — 1200 с.
20. Титце У. Полупроводниковая схемотехника: в 2 т. / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. под ред. А. Г. Алексеенко. — 12-е изд. — М. : ДМК Пресс, 2015.
21. Волович. Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. — М. : Додэка XXI, 2011.

22. Шарапов А.В. Аналоговая схемотехника: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006. - 193 с.