

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»
(СибГУТИ)
УРАЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ (ФИЛИАЛ) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

Утверждаю
Директор УрТИСИ СибГУТИ
Е.А. Минина
« 23 » 01 2022г.



ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

Направление подготовки научно-педагогических кадров

2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь

2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Екатеринбург
2022

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»
(СибГУТИ)
УРАЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ (ФИЛИАЛ) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)**

Утверждаю
Директор УрТИСИ СибГУТИ
_____ Е.А. Минина
«__» _____ 2022г.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

Направление подготовки научно-педагогических кадров

2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь

2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Екатеринбург
2022

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по направлению подготовки научно - педагогических кадров 2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь включает вопросы из основных дисциплин профессиональной подготовки студентов и магистрантов направления Электроника, радиотехника и системы связи, регламентированных Государственными образовательными стандартами высшего образования. В основу вступительного экзамена положены ключевые вопросы научной специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

2 ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА

Вступительный экзамен носит междисциплинарный характер, проводится в устной форме в соответствии с утвержденными экзаменационными билетами и завершается выставлением итоговой оценки по стобалльной системе. На подготовку к ответу отводится один астрономический час. Билет состоит из трех вопросов.

Критерии оценки знаний

Баллы		Критерии оценки
Вопрос №3	Остальные вопросы	
40	30	Глубокое и всестороннее понимание проблемы, обозначенной в задаче; ясность, логичность и аргументированность в изложении материала; у исчерпывающе полное решение поставленной задачи.
25	20	Уверенный ответ по существу вопроса; логичность в изложении материала; достаточно полный ответ на поставленную задачу.
15	10	Поверхностное знание существа вопроса; содержание ответа слабо структурировано; неполный ответ или отсутствие ответа на поставленные вопросы.
0	0	Слабое знание или непонимание сущности рассматриваемых вопросов, допущены весьма заметные ошибки, отсутствие ответа на поставленные вопросы.

При неточном совпадении полученных в ходе проверки результатов с вышеперечисленными критериями допускается начисление баллов промежуточными значениями (с градацией/дискретностью 0,5 балла за задание). Экзаменуемый на теоретический вопрос должен давать максимально полный ответ.

3 ТЕМАТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЭКЗАМЕНА

1 Основы теории информации

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

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

1.3 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.

2 Статическая теория передачи сигналов

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

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

2.3 Элементы теории линейного и нелинейного разделения сигналов при многоканальной передаче. Частотное, временное и фазовое разделение сигналов. Разделение сигналов по форме.

2.4 Методы модуляции и детектирования непрерывных сигналов. Сравнительная оценка параметров модулированных сигналов при использовании амплитудной (АМ), частотной (ЧМ) и фазовой (ФМ) модуляции. Многократная фазовая и квадратурная АМ модуляции при передаче дискретных сигналов. Ортогональная частотная модуляция.

2.5 Широкополосные сигналы и их основные свойства. Применение широкополосных сигналов в системах передачи информации.

2.6 Дискретизация и квантование непрерывных сигналов. Цифровые методы формирования и обработки сигналов. Цифровые фильтры.

2.7 Основы теории кодирования: назначение и классификация кодов. Линейные двоичные блочные коды.

3 Основы теории телетрафика

3.1 Потоки событий и их характеристики.

3.2 Системы обслуживания. Математические модели системы М/М/1, М/Г/1, системы приоритетного обслуживания.

3.3 Нагрузка и методы расчета пропускной способности коммутационных систем.

3.4 Моделирование процессов обслуживания вызовов/сессий.

4 Мультисервисные сети

4.1 Классификация, элементы и характеристики современных сетей электросвязи.

4.2 Характеристики основных элементов сети электросвязи: оконечных 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.

4.3 Система электросвязи Российской Федерации и её основные подсистемы. Состав и основные характеристики систем документальной электросвязи (ДЭС) и сети связи общего пользования (ССОП). Принципы построения и перспективы развития единой сети электросвязи страны. Современные и перспективные принципы построения ССОП, в том числе сети абонентского доступа и транспортной сети.

4.4 Организация нумерация на современных телефонных сетях. Особенности применения систем сигнализации на телефонных сетях. Система сигнализации №7 МСЭ-Т. Особенности обеспечения синхронизации на сетях электросвязи.

4.5 Открытые системы. Семиуровневая модель взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС). Службы и услуги. Архитектура, протоколы и интерфейсы сетей доступа. Виртуальные сети (VPN).

4.6 Принципы построения мультисервисных транспортных сетей и сетей доступа. Выбор технологии для переноса информации в мультисервисных сетях. Сети подвижной связи второго, третьего и других поколений. Концепция LTE.

4.7 Общая архитектура сетей нового поколения (NGN). Функциональная структура (NGN). Технология переноса MPLS. Принципы построения транспортных пакетных сетей. Методы и средства обеспечения качества обслуживания в NGN.

4.8 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.

4.9 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.

4.10 Программно-конфигурируемые сети. Понятие виртуализации сетевых функций.

5 Телекоммуникационные системы и устройства

5.1 Устройства генерирования, формирования и обработки сигналов

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

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

5.1.3 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.

5.1.4 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.

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

5.1.6 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.

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

5.2 Направляющие среды

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

5.2.2 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.

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

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

5.2.5 Оценка пропускной способности, параметров надежности, живучести, помехоустойчивости и электромагнитной совместимости различных НС. Нормирование параметров НС различного типа. Основные рекомендации МСЭ по НС.

5.2.6 Современные и перспективные методы проектирования, строительства и

эксплуатации НС различного типа. Расчет надежности ВОЛС.

5.3 Системы коммутации

5.3.1 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.

5.3.2 Цифровые системы коммутации, их состав, структура и описание процессов функционирования. Особенности построения управляющих устройств узлов коммутации с программным управлением.

5.3.3 Узлы коммутации пакетов, их состав, структура, описание процессов функционирования. Сравнительная характеристика протоколов X.25, FR, TCP-EP, ATM.

5.3.4 IP –телефония, IP- телевидение.

5.4 Многоканальные телекоммуникационные системы

5.4.1 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.

5.4.2 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.

5.4.3 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.

5.4.4 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.

5.4.5 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.

5.4.6 Свойства и параметры приемников оптического излучения. Шумы фотоприемников. Методы модуляции оптического излучения: прямая и внешняя модуляция. Основные методы приема оптического излучения. Прямое

фотодетектирование. Фотогетеродинный с преобразованием частоты (гомодинный и гетеродинный прием). Коды в цифровых линейных трактах ВОСП. ВОСП со спектральным разделением оптических каналов.

5.4.7 Транспондеры с преобразованием на основе технологии OTN/OTH. Реконфигурируемые оптические мультиплексоры ROADM, фотонные коммутаторы ОХС и их применение в полностью оптических сетях. Особенности регенерации оптических сигналов. Оптические усилители.

5.4.8. Помехи и искажения в каналах и трактах ВОСП. Методы компенсации хроматической и поляризационной модовой дисперсии. Методы расчета длины участка регенерации и участка оптического усиления в ВОСП. Q- фактор и его применение для оценки качества передачи в ВОСП.

5.4.9 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.

5.4.10 Принципы построения оптических мультиплексорных транспортных сетей на основе технологий: SDH, ATM, OTN/OTH, EoT, T-MPLS, MPLS-TP. Принципы построения тактовой синхронизации и распределение тактового синхронизма в транспортных сетях. Принципы управления транспортными сетями. Принципы защиты транспортных сетей.

5.4.11 Принципы построения автоматических коммутируемых оптических транспортных сетей ASON. Принципы построения пассивных оптических сетей PON на основе технологий: A-PON, B- PON, E- PON, G- PON.

5.5 Радиорелейные линии и спутниковые телекоммуникационные системы

5.5.1 Особенности построения высокоскоростных ЦРЛЛ синхронной цифровой иерархии передачи. Общие характеристики систем, типовые параметры. Структурные схемы устройств и выбор их параметров. Энергетические расчеты уровней полезного и мешающих сигналов.

5.5.2 Влияние АЧХ и ФЧХ линейной части систем ЦРЛЛ на величину межсимвольных искажений. Расчет вероятности ошибочного приема при различных видах модуляции. Методы повышения помехоустойчивости. Применение эквалайзеров и помехоустойчивого кодирования.

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

5.5.4 Методы организации многостанционного доступа. Сравнение систем с частотным (МДЧР), временным (МДВР) и кодовым (МДКР) разделением. Типовые системы и их параметры. Системы непосредственного телевизионного вещания. (СНТВ). Перспективные системы спутниковой связи.

5.6 Наземные и спутниковые телекоммуникационные системы с подвижными объектами

5.6.1 Особенности радиальных и сотовых систем. Основные аналоговые и цифровые стандарты систем транкинговой, пейджинговой и сотовой связи. Частотные планы, энергетические параметры, организация многостанционного доступа.

5.6.2 Особенности распространения сигналов в условиях городской застройки. Модели радиоканалов и виды замираний. Расчет отношения сигнал-интерференция. Принципы частотно-территориального планирования. Расчет основных энергетических параметров телекоммуникационных систем с подвижными объектами.

5.6.3 Способы повышения помехоустойчивости телекоммуникационных систем с подвижными объектами. Виды каналов передачи и управления, их организация и функционирование. Взаимодействие с сетями общего пользования.

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

Пример экзаменационного билета

- 1 Сообщения, сигналы, помехи, потоки событий как случайные процессы. Нестационарные и гаусовские модели.
- 2 Линейные двоичные блочные коды.
- 3 Система электросвязи Российской Федерации и ее подсистемы.

Примечание: Разделы, непосредственно относящиеся к выбранной специальности подготовки и подлежащие углубленному изучению, уточняются научным руководителем соискателя.

4 Особенности проведения вступительного экзамена для граждан с ограниченными возможностями здоровья

4.1 Организация обеспечивает проведение вступительных испытаний для поступающих из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и (или) инвалидов (далее вместе – поступающие с ограниченными возможностями здоровья) с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья (далее – индивидуальные особенности).

4.2 При проведении вступительных испытаний для поступающих с ограниченными возможностями здоровья могут быть созданы особые условия.

4.3 Допускается присутствие в помещении во время сдачи вступительного испытания ассистента из числа родственников или медицинских работников, оказывающего поступающим с ограниченными возможностями здоровья необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с преподавателями, проводящими вступительное испытание).

4.4 Продолжительность вступительного испытания для поступающих с ограниченными возможностями здоровья может быть увеличена по решению УрТИСИ СибГУТИ, но не более чем на 1,5 часа.

4.5 Поступающим с ограниченными возможностями здоровья предоставляется в доступной для них форме информация о порядке проведения вступительных испытаний.

4.6 Поступающие с ограниченными возможностями здоровья могут в процессе сдачи вступительного испытания пользоваться техническими средствами, необходимыми им в связи с их индивидуальными особенностями.

4.7 При проведении вступительных испытаний может быть обеспечено выполнение дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, поступающих с ограниченными возможностями здоровья. Может применяться специализированная техническая информация в доступных формах для поступающих с различными нарушениями (мультимедийные и другие средства для повышения уровня восприятия информации поступающим).

Условия, указанные в пунктах 4.1 – 4.7 Программы, предоставляются поступающим на основании заявления, содержащего сведения о необходимости создания для поступающего специальных условий при проведении вступительных испытаний в связи с его инвалидностью или ограниченными возможностями здоровья, и документа, подтверждающего инвалидность или ограниченные возможности здоровья, требующие создания указанных условий.

Список рекомендуемой литературы

- 1) Крук Б. И., Попантонопуло В. Н., Шувалов В. П. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1. — М.: Горячая линия–Телеком, 2012 г. — 620 с. — Электронное издание. — УМО
- 2) Величко В. В. Основы инфокоммуникационных технологий: учеб. пособие для вузов / В. В. Величко, Г. П. Катунин, В. П. Шувалов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009
- 3) Основы построения телекоммуникационных систем и сетей : учеб. для вузов / В. В. Крухмалев, В. Н. Гордиенко, А. Д. Моченов, В. И. Иванов, В. А. Бурдин, А. В. Крыжановский; под ред. В.Н. Гордиенко, В. И. Крухмалев .- 2-е изд.- М. : Горячая линия - Телеком, 2008
- 4) Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей : учеб. пособие для вузов / Е. Б. Алексеев, В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев и др.; под ред. В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкого. - М.: Горячая линия - Телеком, 2008.
- 5) Телекоммуникационные системы и сети в 3 т. : учеб. пособие. Т.2. Радиосвязь, радиовещание, телевидение / Г. П. Катунин, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов, Г. В. Мамчев .- 2-е изд., испр. и доп.- М.: Горячая линия - Телеком, 2004, 2005
- 6) Мандель А.Е., Замотринский В.А. Распространение радиоволн. — Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012 г. — 163 с. — Электронное издание. — УМО
- 7) Боков Л.А., Замотринский В.А., Мандель А.Е. Электродинамика и распространение радиоволн. — Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012 г. — 301 с. — Электронное издание. — УМО
- 8) Ефанов В.И., Тихомиров А.А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем. — Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012 г. — 228 с. — Электронное издание. — УМО.
- 9) Андреев В. А. Направляющие системы электросвязи [Текст]: учебник для вузов. Т. 1. Теория передачи и влияния / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский .- [7-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2009 .- 424 с. : ил. ; 14х21 см.- (Учебное пособие для вузов)
- 10) Электромагнитная совместимость систем спутниковой связи [Текст] / под ред. Л. Я. Кантора, В. В. Ноздрина. - М.: НИИР, 2009 .- 280 с.
- 11) Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи. — Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012 г. — 149 с. — Электронное издание. — УМО
- 12) Скляров О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебное пособие [для вузов] / О. К. Скляров. - Изд. 2-е, стереотип.- СПб. : Лань, 2010
- 13) Фокин, В. Г. Оптические системы передачи и транспортные сети : учеб. пособие для вузов / - М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2008
- 14) Довольнов Е.А. Кузнецов В.В., Миргород В.Г., Шарангович С.Н. Мультиплексное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи. — Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012 г. — 156 с. — Электронное издание. — УМО

- 15) Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма / М. С. Немировский [и др.]; под ред. М. С. Немировского, О. А. Шорина. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2010
- 16) Битнер В. И., Михайлова Ц.Ц. Сети нового поколения NGN: учебное пособие для вузов / В. И. Битнер, Ц. Ц. Михайлова. - М.: Горячая линия - Телеком, 2011,-226с.
- 17) Сети следующего поколения NGN / под ред. А. В. Рослякова. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2009
- 18) Мелихов С.В., Колесов И.А. Введение в специальность «Средства связи с подвижными объектами». — Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2009 г. — 154 с. — Электронное издание. — УМО.
- 19) Сакалама Д. Ж. Подвижная радиосвязь. — М.: Горячая линия–Телеком, 2012 г. — 512 с. — Электронное издание.
- 20) Телекоммуникационные системы и сети : учеб. пособие для вузов. В 3 т. Т.3. Мультисервисные сети / В. В. Величко, Е. А. Субботин, В. П. Шувалов, А. Ф. Ярославцев. - М.: Горячая линия - Телеком, 2005
- 21) Будылдина Н.В.,Шувалов В.П. Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных учебное пособие для вузов / Н.В.Будылдина , В.П.Шувалов- М.: Горячая линия - Телеком, 2017
- 22) Ершов В.А.,Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана,2003
- 23) Бакланов И.Г. Технология ADSL/ADSL2+:теория и практика применения.- М.: Метротеук,2007
- 24) Битнер В.И. SDH/NGSDH. М.: Горячая линия - Телеком, 2004
- 25) Бакланов И.Г. Технология ADSL/ADSL2+:теория и практика применения. М.,Метротеук,2006
- 26) Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей .-М.: Эко-Трендз,2010
- 27) Гольдштейн Б.С.,Соколов Н.А.,Яновский Г.Г. Сети связи: учебник-СПб-БХВ,2010
- 28) Гольдштейн А.Б.,Гольдштейн Б.С. Технолгия и протоколы MPLS., «БХВ-Санкт-Петербург», 2005 г.,301с.
- 29) Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи.,М.: Эко –Трендз,2003 г.,288 с.