

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

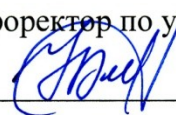
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра *Телекоммуникационных систем*

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Н.Г. Зарипов

« 02 » 03 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДУЛЬ: СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ»

Уровень подготовки: высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура)

11.06.01 Электроника, радиотехника, и системы связи
(код и наименование направления подготовки)

Направленность подготовки

Системы, сети и устройства телекоммуникаций
(наименование программы подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Уфа 2015

Содержание

1.	Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	3
2.	Перечень результатов обучения.....	4
3.	Содержание и структура дисциплины (модуля).....	7
4.	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.....	13
5.	Фонд оценочных средств.....	17
6.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).	32
7.	Образовательные технологии.....	36
8.	Методические указания по освоению дисциплины (модуля).....	36
9.	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	39
10.	Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ.....	40
	Лист согласования рабочей программы дисциплины (модуля).....	41

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Модуль: Системы, сети и устройства телекоммуникаций» относится к дисциплинам *вариативной* части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура) 11.06.01 Электроника, радиотехника, и системы связи, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "30" июня 2014 г. № 876 и приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.04.2015 N 464 "О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)". Является неотъемлемой частью основной образовательной профессиональной программы (ОПОП).

Целью освоения дисциплины является изучение принципов построения систем связи, мультисервисных сетей и устройств телекоммуникаций, методов моделирования их параметров и исследования свойственных им процессов для решения научно-исследовательских профессиональных задач с использованием современных математических и инструментальных методов.

Задачи освоения дисциплины:

- овладение общетеоретическими методами решения научно-технических задач в области построения и исследования телекоммуникационных систем и сетей;
- овладение основными видами и методами (натурным, полунатурным, математическим, численным) моделирования процессов, протекающих в телекоммуникационных системах и сетях;
- овладение методами построения, управления и оптимизации параметров телекоммуникационных систем и сетей для научно-исследовательских и инженерных практик;
- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности; углубленное изучение теоретических и методологических основ моделирования, проектирования и разработки систем связи, мультисервисных сетей и устройств телекоммуникаций;
- овладение моделями распространения сигнала для разных условий местности и застройки, и рассчитывать необходимые параметры и характеристики;
- уметь классифицировать и анализировать существующие сети широкополосной связи, находить их недостатки и вносить предложения по их устранению, в том числе предложения по глубокой модернизации сетей;
- знать технологии беспроводных сетей широкополосного доступа;
- получение навыков самостоятельной постановки и решения научно-исследовательских и инженерных задач телекоммуникационной направленности.

В ходе освоения ОПОП в виде образовательного результата по дисциплине "Модуль: Системы, сети и устройства телекоммуникаций" формируемые компетенции являются первичными. Определенными элементами компетенций обучающийся обладает за счет формирования их при получении предыдущего уровня высшего образования (специалитет, магистратура).

Входные компетенции: не предусмотрены.

Исходящие компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), практики, научных исследований для которых данная компетенция является входной
1.	Способность применять современные методы расчёта параметров систем связи, основанные на физическом (натурном), математическом и виртуальном методах моделирования, а также принципы решения научно-технических задач в области оптимизации параметров телекоммуникационных систем в теоретических и прикладных аспектах, возникающих в последующей профессиональной деятельности выпускников технического университета	ПК-1	Повышенный уровень освоения компетенции в рамках научных исследований	Научные исследования
			Повышенный уровень освоения компетенции в рамках ГИА	ГИА
2.	Способность к широкому пониманию базовых принципов построения многоканальных телекоммуникационных систем и сетей общего назначения, изучению основных видов преобразования сигналов и особенностей их передачи по каналам и трактам систем связи, а также способность к цельному представлению о современных телекоммуникационных системах и сетях, их устройстве, основах построения важнейших элементов, тенденциях и перспективах развития, способностью работать с технической, справочной литературой и специальной измерительной аппаратурой, и применять теоретические знания при оценке работоспособности телекоммуникационных систем и сетей	ПК-2	Повышенный уровень освоения компетенции в рамках научных исследований	Научные исследования
			Повышенный уровень освоения компетенции в рамках ГИА	ГИА
3.	Готовность к проектированию, строительству и техническому сопровождению сетей передачи данных с использованием перспективных сетевых технологий, а также способность к пониманию современных сетевых технологий, самостоятельному проектированию сетей передачи информации, с установкой параметров сетевых устройств, отладкой и тестированием сетевого оборудования	ПК-3	Повышенный уровень освоения компетенции в рамках научных исследований	Научные исследования
			Повышенный уровень освоения компетенции в рамках ГИА	ГИА

2. Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность применять современные методы расчёта параметров систем связи, основанные на физическом (натурном), математическом и виртуальном методах моделирования, а также принципы решения научно-технических задач в области оптимизации параметров телекоммуникационных систем в теоретических и прикладных аспектах, возникающих в последующей профессиональной деятельности выпускников технического университета	ПК-1	- основные методы моделирования; границы их применимости, применение в практических приложениях; - основные параметры, характеризующие эффективность, помехоустойчивость и надёжность систем связи, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; - виды задач оптимизации и принципы их постановки; - назначение и принципы действия важнейших сетевых анализаторов; - формализованное описание процессов обслуживания сообщений в инфокоммуникационных системах и сетях; - принципы имитационного моделирования телекоммуникационных систем и сетей и их моделирования с помощью марковских процессов; методы расчета пропускной способности однозвенных полностью и частично доступных систем с потерями и с ожиданием; - приближенные методы расчета пропускной способности многозвенных коммутационных систем; методы расчета пропускной способности мультисервисной цифровой линии; точные и приближенные методы расчета пропускной способности инфокоммуникационных сетей;	- объяснить основные процессы в работе телекоммуникационных систем; - истолковывать смысл технических параметров и понятий, характеризующих эффективность работы телекоммуникационных систем; - работать с приборами и оборудованием современной телекоммуникационной лаборатории; - использовать различные методики измерений и обработки экспериментальных данных; - использовать методы адекватного моделирования, а также применять методы физико-математического анализа к решению конкретных технических задач телекоммуникационной направленности; - проводить анализ пропускной способности однозвенных и многозвенных коммутационных систем при полностью и частично доступном и частично доступном включении линии; - проводить расчет объема оборудования телекоммуникационных систем и сетей;	- методами применения основных законов и принципов, заложенных в основу работы телекоммуникационных систем, в практических приложениях; - методами физико-математического анализа для решения технических задач телекоммуникационной направленности; - методами моделирования и оптимизации процессов, свойственных телекоммуникационным системам, в инженерной практике и методами расчета их пропускной способности; - навыками эксплуатации основных приборов и оборудования современной телекоммуникационной лаборатории; - навыками проверки адекватности разработанных моделей на практике; - навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента; - навыками использования пакетов прикладных программ анализа и синтеза телекоммуникационных систем и сетей; - навыками

					использования методов расчёта, моделирования и оптимизации в инженерной практике.
2	Способность к широкому пониманию базовых принципов построения многоканальных телекоммуникационных систем и сетей общего назначения, изучению основных видов преобразования сигналов и особенностей их передачи по каналам и трактам систем связи, а также способность к цельному представлению о современных телекоммуникационных системах и сетях, их устройстве, основах построения важнейших элементов, тенденциях и перспективах развития, способностью работать с технической, справочной литературой и специальной измерительной аппаратурой, и применять теоретические знания при оценке работоспособности телекоммуникационных систем и сетей	ПК-2	- основные понятия, законы и модели сигналов, передаваемых в каналах связи; - свойства и назначение существующих систем передач; - основные подходы к тестированию существующих систем передач, соответствующие измерительные концепции; - основы языка программирования, ориентированного на математические расчеты MATHCAD, который широко используется при математическом моделировании различных систем связи; - основные методы моделирования; границы их применимости, применение в практических приложениях; - основные параметры, характеризующие эффективность, помехоустойчивость и надёжность систем связи, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; - виды задач оптимизации и принципы их постановки; - назначение и принципы действия важнейших сетевых анализаторов;	- проводить базовое тестирование основных существующих систем передач; - разрабатывать концепции модернизации и расширения эксплуатирующихся сетей; - тестировать устройства генерации, преобразования и передачи цифровых сигналов существующих стандартов; - объяснить основные процессы в работе телекоммуникационных систем; - истолковывать смысл технических параметров и понятий, характеризующих эффективность работы телекоммуникационных систем; - работать с приборами и оборудованием современной телекоммуникационной лаборатории; - использовать различные методики измерений и обработки экспериментальных данных; - использовать методы адекватного моделирования, а также применять методы физико-математического анализа к решению конкретных технических задач телекоммуникационной направленности;	- использования приборов: генератора частот, осциллографа, анализатора спектра; - использования основных законов и принципов, заложенных в основу работы телекоммуникационных систем, в практических приложениях; - применения основных методов физико-математического анализа для решения технических задач телекоммуникационной направленности; - правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной телекоммуникационной лаборатории; - обработки и интерпретирования результатов эксперимента; - использования методов моделирования и оптимизации в инженерной практике.
3	Готовность к проектированию, строительству и техническому сопровождению сетей передачи данных с использованием перспективных сетевых технологий, а также способность	ПК-3	- основы сетевого взаимодействия; - уровни и протоколы эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС), стек протоколов TCP/IP; - методы построения информационно-вычислительных сетей и	- проектировать сети передачи информации; - проводить установку параметров сетевых устройств; - управлять функционированием и техническим обслуживанием оборудования информационно-	- навыками отладки и тестирования сетевого оборудования; - навыками использования специального программного обеспечения для поиска и

к пониманию современных сетевых технологий, самостоятельному проектированию сетей передачи информации, с установкой параметров сетевых устройств, отладкой и тестированием сетевого оборудования		организацию их взаимодействия; - технологии локально-вычислительных сетей (LAN); - технологии глобальных сетей (WAN); - методы продвижения данных на канальном и сетевом уровне ЭМВОС.	вычислительных сетей.	устранения неисправностей, произошедших в сети.
--	--	---	-----------------------	---

3. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Дисциплина «Модуль: Системы, сети и устройства телекоммуникаций» состоит из трех частей:

1. Моделирование, управление и оптимизация телекоммуникационных систем и сетей (Часть-1);
2. Базовые принципы построения телекоммуникационных систем на основе ВОЛС (Часть-2);
3. Широкополосные телекоммуникационные системы (Часть-3).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 часа).
Трудоемкость Части-1 составляет 3 з.е. (108 часов), Части-2 - 3 з.е. (108 часов) и Части-3 - 3 з.е. (108 часов).

	2 семестр	3 семестр	4 семестр
	Часть-1	Часть-2	Часть-3
Лекции (Л)	4	6	4
Практические занятия (ПЗ)	6	8	6
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
КСР	-	-	-
Курсовая проект работа (КР)	-	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-	-
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	89	85	62
Подготовка и сдача экзамена	-	-	36
Подготовка и сдача зачета	9	9	-
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Зачет	Зачет с оценкой	экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов				Литература, рекомендуемая студентам*	Виды интерактивных образовательных технологий**
		Аудиторная работа		СРС	Всего		
		Л	ПЗ				
	Часть-1						
1.	Модели сигналов, процессов, систем и сетей связи; Основные понятия и определения; адекватность моделей; детерминированные модели сигналов и процессов в системах связи во временной, частотной и спектральной областях, динамические модели распространения сигналов, электрических полей и волн, особенности применения вероятностных моделей и распределений (биномиальных, гауссовских, логнормальных, Рэлея, Стьюдента, Пуассона, Эрланга и др), марковских процессов в системах и сетях связи.	1	1	20	22	Р. 6.1 №№1-3	Традиционное занятие с системным изложением материала и проверкой знаний на семинаре (Т)
2.	Методология моделирования процессов в системах и сетях связи Понятие моделирования, цели моделирования, виды и классификация методов моделирования, полное и неполное имитационное моделирование, этапы имитационного моделирования, планирование эксперимента, идентификация и верификация имитационной модели, корреляционный и регрессионный анализ	1	1	10	12	Р. 6.1 №№1-3	Т
3.	Методология управления и оптимизации систем и сетей связи Принцип разомкнутого управления, по возмущению, на основе обратной связи, терминальное, экстремальное, оптимальное, адаптивное, координированное и т.п. Цели и принципы оптимизации систем и сетей связи. Детерминированные методы оптимизации: линейное программирование, динамического программирования Р. Беллмана, принцип максимума Л.С. Понтрягина, минимаксные задачи теории игр, некорректно поставленные задачи; оптимальное оценивание сигналов; статистические методы оптимального обнаружения и оценивания сигналов (методы Байеса, Зигерта-Котельникова, идеального наблюдателя, Неймана-Пирсона, Винера-Хопфа, Калмана-Бьюси, Стратоновча-Кушнера и др)	1,5	2	45	48,5	Р. 6.1, №№1-3 Р.6.2 №4-5 Р.6.3	Т

4.	Инструментальные методы и средства решения оптимизационных задач и моделирования. Классификация численных методов решения экстремальных задач, локальные, глобальные; детерминированные аналитические и графические методы поиска экстремума (метод «золотого сечения», дихотомии, метод парабол, метод перебора по сетке, метод Фибоначчи, метод троичного поиска, метод Гаусса, Нелдера-Мида, Хука-Дживса, Розенброка и метод конфигураций. Метод Ньютона и Ньютона-Рафсона, Парето), Статистические методы поиска экстремума функции (методы Монте-Карло, «имитации отжига». эволюционные и генетические алгоритмы, муравьиный алгоритм и метод «роя частиц»). Теоретические и экспериментальные методы расчёта и анализа пропускной способности инфокоммуникационных систем. Изучение программных продуктов (пакетов) оптимизации и моделирования Matlab, Simulink и др.	0,5	2	14	16,5	P6.1 №№1-3 P6.2 №№5-6	T
Часть-2							
1	Оптоволокна для волоконно-оптических систем передач (ВОСП) Оптоволокна, используемые для передачи. Специализированные оптоволокна. Проектирование многослойных оптических волокон. Коннекторы и устройства разветвления оптических волокон. Пассивные волоконно-оптические устройства управления световыми потоками. Модуляторы и изоляторы оптических сигналов. Базовая структура современных ВОСП.	1	1	15	17	P. 6.1, №№4-11, P. 6.2, №№ 9-11	T
2	Компоненты управления ВОСП и полностью оптических сетей Переключатели, коммутаторы и маршрутизаторы оптических сигналов. Полностью оптические интерференционные коммутаторы. Полностью оптические ключи на основе двулучепреломляющей структуры. Преобразователи длины волны излучения. Проводниковые и волоконные лазеры для волоконно-оптических телекоммуникаций. Проектирование волоконно-оптических усилителей. Проектирование преобразователей модового состава излучения. Технические принципы построения AON.	1	1	15	17	P. 6.1, №№4-8, P. 6.2, №№ 9-11	T
3	Разветвленные сети и уплотнение xWDM Структура и принципы работы пассивных оптических сетей (PON). Структура и принципы работы сетей AON. Динамическая маршрутизация. Многоканальное уплотнение полностью оптическим методом. Задача преобразования сигнальных форматов полностью оптическим методом. Виды сетей WDM, частотные планы и	1	1	15	17	P. 6.1, №№4-8, P. 6.2, №№ 9-11	T

	топологические схемы. Иерархическая структура сетей WDM.						
4	Полностью оптические способы для физического уровня Задача полностью оптической регенерации сигнала. Задача управления дисперсией. Тестирование и диагностика сетей WDM. Ввод в эксплуатацию сетей WDM. Первичная сеть синхронной цифровой иерархии. Измерение и нормирование параметров сетей SDH.	1	2	15	18	Р. 6.1, №№4-8, Р. 6.2, №№ 9-11	Т
5	Система синхронизации в телекоммуникациях. Сигналы и оборудование системы тактовой сетевой синхронизации (ТСС). Измерительная концепция ТСС. Регламент измерений основных типов оборудования ТСС. Структурные подсистемы в рамках современной концепции построения систем синхронизации. Принципы построения и диагностики сетей с асинхронным мультиплексированием. Измерительная концепция сетей ATM.	1	1	10	12	Р. 6.1, №№4-8, Р. 6.2, №№ 9-11	Т
6	Аналитический подход к моделированию процессов приёма-передачи сигналов в многоканальных сетях. Задача резервирования и масштабирования сетей на основе полностью оптических методов управления. Динамика огибающей мощности и функции chirp оптического сигнала. Методы учёта и компенсации искажений оптического сигнала. Концепция измерительно-контрольных систем.	1	2	15	18	Р. 6.1, №№4-8, Р. 6.2, №№ 9-11	Т
	Часть-3						
1	Назначение, принципы построения, основные характеристики и классификация широкополосных сетей и систем. (PAN, LAN, MAN, WAN. Сравнение по скорости, области применения, предоставлении услуг. Коммутация пакетов. Объединение каналов. Способы продвижения данных. Коммутация и маршрутизация.)	2	-	10	12	Р. 6.1, №№12-15, Р. 6.2, №№ 12-14	1. Классическое практическое занятие, где предусматривается системное изложение и закрепление планового материала. 2. Лекция-визуализация – передача информации посредством

							схем, таблиц, рисунков, видеоматериалов, проводится по ключевым темам с комментариями.
2	Технологии высокоскоростных широкополосных сетей. (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, 40 Gigabit Ethernet, 100 Gigabit Ethernet, MetroEthernet, Etherchannel. Протоколы и алгоритмы коммутации в пакетных сетях. Протоколы и алгоритмы маршрутизации в пакетных сетях. MPLS. Информационная безопасность в пакетных сетях.)	2	2	10	14	Р. 6.1, №№12-15, Р. 6.2, №№ 12-14	1. Классическое практическое занятие, где предусматривается системное изложение и закрепление планового материала.
3	Методы продвижения данных. (Продвижения данных на канальном уровне ЭМВОС. Продвижения данных на сетевом уровне ЭМВОС. Управление сетью: SNMP, Syslog, NetFlow, SDN.)	-	4	18	22	Р. 6.1, №№12-15, Р. 6.2, №№ 12-14	
4	Технологии широкополосных беспроводных сетей. (Организация каналов, архитектура сетей. Технологии сверхширокополосной связи UWB. Сети стандарта 802.11 Wi-Fi. Сети стандарта 802.16. Структура кадров. Механизмы предоставления канальных ресурсов. OFDMA. Технология WIMAX. Адаптивные антенные решётки. Технология MIMO. Технология LTE.)	-	4	24	28	Р. 6.1, №№12-15, Р. 6.2, №№ 12-14	

Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ Раздела	Тема	Кол-во часов
Часть-1			
1.	1,2	Семинар «Модели и методы планирования эксперимента» (в рамках выполнения аспирантами научно-исследовательской работы)	2
2.	3	Семинар «Управление и оптимизация параметров элементов и систем связи» (в рамках выполнения аспирантами научно-исследовательской работы)	2
3.	4	Семинар «Инструментальные методы решения оптимизационных задач и моделирования в телекоммуникациях»	2
Часть-2			
1	1, 2	Семинар «Оптоволокна и компоненты управления для ВОСП и полностью оптических сетей» (в рамках выполнения аспирантами научно-исследовательской работы)	2
2	3, 5	Семинар «Управление разветвленными оптическими сетями и синхронизация в них» (в рамках выполнения аспирантами научно-исследовательской работы)	2
3	4	Семинар «Полностью оптические способы для физического уровня» (в рамках выполнения аспирантами научно-исследовательской работы)	2
4	6	Семинар «Аналитический подход к моделированию процессов приёма-передачи сигналов в многоканальных сетях» (в рамках выполнения аспирантами научно-исследовательской работы)	2
Часть-3			
1	2	Исследование протоколов канального уровня при топологии с избыточными связями.	2
2	3	Построение высокоскоростного сегмента иерархической сети с использованием технологии Etherchannel.	2
3	3	Продвижение данных на сетевом уровне: протокол OSPF.	2
4	8	Продвижение данных на сетевом уровне: протокол EIGRP.	2
5	5	Обеспечение информационной безопасности на канальном и сетевом уровне ЭМВОС.	2

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Вопросы для самостоятельного изучения (для подготовки к обсуждению на семинаре).

Часть-1. Моделирование, управление и оптимизация телекоммуникационных систем и сетей

Тема 1. «Модели и методы планирования эксперимента».

1. Классификация моделей сигналов и процессов их обработки в телекоммуникационных системах и сетях. Марковские процессы.
2. Анализ динамических и статистических методов моделирования телекоммуникационных систем и сетей.
3. Методы планирования эксперимента,
4. Методы идентификации и верификация имитационной модели,
5. Методы корреляционного и регрессионного анализа.

Тема 2. Управление и оптимизация параметров элементов и систем связи.

1. Модели очередей и принципы оптимального управления ресурсами в телекоммуникационных системах. Цели и задачи линейного программирования. Алгоритм решения задач линейного программирования.
2. Метод динамического программирования Р. Беллмана. Применение метода динамического программирования для управления структурой риска. Алгоритмы решения задач линейного программирования.
3. Принципа максимума Л.С. Понтрягина. Применение принципа максимума для решения оптимизационных задач.
4. Минимаксные задачи в области исследования телекоммуникационных систем и сетей.
5. Статистические методы оптимального обнаружения и оценивания сигналов и их применимость в научно-исследовательской деятельности.
6. Оптимальная фильтрации сигналов на основе методов Винера-Хопфа, Калмана-Бьюси, Стратоновича-Кушнера (нелинейное оценивание сигналов)

Тема 3. Инструментальные методы решения оптимизационных задач в телекоммуникациях

1. Численные алгоритмы поиска экстремума функций методами Фибоначчи, троичного поиска, Гаусса, Нелдера-Мида, Хука-Дживса, Розенброка и методом конфигураций. Алгоритмы решения многоэкстремальных задач.
2. Статистические алгоритмы поиска экстремума функции (методы Монте-Карло, «имитации отжига», эволюционные и генетические алгоритмы, муравьиный алгоритм и метод «роя частиц»).
3. Теоретические и экспериментальные методы расчёта и анализа пропускной способности инфокоммуникационных систем.
4. Изучение программных продуктов для целей виртуального моделирования и оптимизации телекоммуникационных систем и сетей, а также процессов, в них протекающих.

Часть-2. Базовые принципы построения телекоммуникационных систем на основе ВОЛС

Тема 1. «Оптоволокна и компоненты управления для ВОСП и полностью оптических сетей».

1. Оптоволокна (ОВ), используемые для передачи. Общие понятия, параметры оптических волокон, определяющие их дисперсионные и модовые характеристики, многомодовые и стандартные одномодовые волокна, одномодовые волокна со смещённой дисперсией, одномодовые волокна с ненулевой смещённой дисперсией.

2. Специализированные оптоволоконна. Оптические волокна, легированные редкоземельными элементами, оптические волокна, содержащие внедрённые решётки, микроструктурные ОВ.
3. Проектирование многослойных оптических волокон. Актуальность проектирования многослойных световодов, задача проектирования многослойных световодов.
4. Коннекторы и устройства разветвления оптических волокон. Волоконно-оптические коннекторы, разветвители и ответвители.
5. Пассивные волоконно-оптические устройства управления световыми потоками. Волоконно-оптические фильтры и аттенюаторы, поляризаторы, циркуляторы.
6. Принцип построения некогерентных волоконно-оптических систем передач, структурные компоненты и краткий анализ волоконно-оптических систем передач, шумы и искажения, присущие оптоволоконным системам.

Тема 2. «Управление разветвленными оптическими сетями и синхронизация в них».

1. Технические принципы построения АОН. Понятие полностью оптической сети, глобальные, городские и локальные волоконно-оптические сети. Классификация сетей, технические принципы построения полностью оптической сети.
2. Структура и принципы работы PON. Принципы построения и топологические схемы PON, принципы уплотнения каналов для PON, эмуляция видов соединений для PON, резервирование в пассивных оптических сетях.
3. Структура и принципы работы сетей АОН. Динамическая маршрутизация. Программы, направленные на создание полностью оптических сетей, принцип работы разветвлённых сетей АОН, динамическая маршрутизация в полностью оптических сетях.
4. Многоканальное уплотнение полностью оптическим методом. Принцип временного уплотнения сигналов в полностью оптических сетях, мультиплексирование в сетях OTDM, демультиплексирование оптического потока с подстройкой синхронизации в непрерывном режиме.
5. Задача преобразования сигнальных форматов полностью оптическим методом. Сигнальные форматы, используемые в оптических сетях, и задачи их преобразования, полностью оптические конвертеры для аналоговых и цифровых приложений, цифро-символьный конвертер адреса, предназначенный для дополнительной адресации узлов PON.
6. Виды сетей WDM, частотные планы и топологические схемы. Проекты сетей, основанных на технологии WDM: MWTN, MONET, ONTC, частотные планы сетей WDM, топологические схемы сетей WDM.
7. Иерархическая структура сетей WDM. Понятие об иерархическом принципе построения сетей, подход к организации многих логических сегментов, особенности построения больших сетей WDM на основе многих уплотнённых по длине волны сегментов, алгоритмы моделирования световых трактов.
8. Стандартные сигналы ТСС. Генераторы синхросигналов, устройства размножения синхросигнала, система GPS.
9. Измерительная концепция ТСС. Методы измерений в системах синхронизации. Измерение вандера и других нормируемых параметров синхросигнала. Подсистема управления TMN и система синхронизации.
10. Регламент измерений основных типов оборудования ТСС. Измерение и нормирование параметров первичного эталонного источника, генератора; вторичного задающего генератора (классов SEC и SSU). Аудит системы синхронизации.
11. Структурные подсистемы в рамках современной концепции построения систем синхронизации. Основные этапы развития систем синхронизации и современная концепция построения. Подсистемы BITS, TSG, интеграция системы синхронизации в TMN, система качества QoS.
12. Принципы построения и диагностики сетей с асинхронным мультиплексированием. Принцип асинхронного доступа к среде передачи. Стандарт сети ATM. Взаимодействие ATM и SDH.

Тема 3. «Полностью оптические способы для физического уровня».

1. Задача полностью оптической регенерации сигнала. Сетевые задачи, связанные с усилением сигнала на волоконно-оптической линии, метод увеличения длины участка регенерации на основе полностью оптического решения, подход к оценке параметров системы с дистанционной накачкой EDFA.

2. Задача управления дисперсией. Понятие дисперсии волоконно-оптической линии передачи (ВОЛП), метод группировки сегментов ВОЛП, обладающих разными знаками материальной дисперсии, метод подбора параметров корректирующих световодов для минимизации дисперсии.

3. Тестирование и диагностика сетей WDM. Общие вопросы тестирования сетей связи, основные виды измерений для систем WDM, средства измерений для систем WDM.

4. Ввод в эксплуатацию сетей WDM. Техническая концепция к регламенту тестирования и пуско-наладочных работ для систем WDM, регламент тестирования при проведении пуско-наладочных работ для систем WDM, обработка сообщений о неисправностях, вопросы тестирования и наладки систем Metro WDM, техническое обслуживание и поиск неисправностей.

5. Задача резервирования и масштабирования сетей на основе полностью оптических методов управления. Действующие подходы к резервированию в сетях WDM, пример резервирования сетевого сегмента для корпоративной сети с применением полностью оптического управления, задача построения многосегментных сетей WDM, подход к формализации архитектуры типа GEMNET, модель маршрутизации в сети типа GEMNET, методика оценки среднего расстояния пролёта в сети, рекомендации по оптимизации параметров сети.

6. Промышленный и эксплуатационный анализ, измерительное оборудование. Принцип работы рефлектометров и основные технические характеристики. Способ локализации мест повреждений оптоволоконного или медного кабеля по рефлектограмме, стрессовое тестирование аппаратуры. Измерения полосы пропускания и дисперсии волокна, длины волны отсечки, показателя преломления, числовой апертуры, диаметра модового поля, и т.д. Калибровка измерительного оборудования.

7. Источники искажений сигналов в проводных системах передач. Базовая структура цифровой системы передачи. Искажения цифрового сигнала на ВОЛП: шумы лазера, модовый шум в световодах, влияние дисперсии, нелинейных оптических эффектов, уширений спектра излучения. Шумы в электрических цепях: тепловой и дробовой. Межсимвольная интерференция. Базовая математическая модель ошибок при приёме цифрового сигнала. Измерения параметра ошибок. Квантовый предел детектирования цифрового сигнала. Нормируемые показатели работоспособности цифровых систем передач. Метод «глаз-диаграммы» в оценке работоспособности системы передачи.

Тема 4. «Аналитический подход к моделированию процессов приёма-передачи сигналов в многоканальных сетях».

1. Аналитический подход к моделированию процессов приёма-передачи сигналов в многоканальных сетях. Задачи анализа и настройки параметров сети, подход к статистическому моделированию процесса работы многоканальных аппаратных устройств, подход к статистическому моделированию цифровых сигналов.

2. Динамика огибающей мощности и функции чирпа сигнала. Уравнение поля, направляемого оптоволоконной структурой, функция, описывающая направляемое оптоволоконной структурой поле, параметры оптического сигнала, изменяющиеся под влиянием оптоволоконного тракта.

3. Методы учёта и компенсации искажений оптического сигнала. Оценка влияния искажающих факторов в световодном тракте, метод компенсации искажений, основанный на подборе параметров оптического сигнала; основанный на подборе дисперсионных параметров оптоволокна.

4. Принцип математического, физического и натурального моделирования в системах телекоммуникаций. Статистическое моделирование цифровых сигналов. Подход к виртуальному

анализу работоспособности системы передачи. Статистическая методика оценки надёжности сети, гамма-процентный ресурс сложных систем.

Часть-3. Широкополосные телекоммуникационные системы

Тема 1. Назначение, принципы построения, основные характеристики и классификация широкополосных сетей и систем.

1. Способы коммутации данных: коммутация сообщений, каналов, пакетов. QoS в пакетных сетях. Протоколы IPv4 и IPv6. Адресация на сетевом уровне. Коммутация сообщений, каналов, пакетов. Способы объединения каналов в технологиях канального уровня: SDH, Ethernet, xWDM.

2. Методы маршрутизации. Классификация методов маршрутизации. Критерии выбора оптимального маршрута. Математические модели процессов маршрутизации.

Тема 2. Технологии высокоскоростных широкополосных сетей.

1. Технологии Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, 40 Gigabit Ethernet, 100 Gigabit Ethernet, MetroEthernet, Etherchannel: особенности, характеристики, алгоритмы работы, линейное кодирование, ограничения.
2. Семейство протоколов STP. Технология MPLS. Алгоритмы маршрутизации в пакетных сетях: Дейкстры; Беллмана-Форда; Йена; парных переходов; адаптивной ускоренной маршрутизации при динамическом добавлении элементов; адаптивной ускоренной маршрутизации при динамическом отказе элементов. Системы моделирования сетей. Статическая маршрутизация в IPv4 и IPv6. Протоколы динамической маршрутизации RIP, OSPF, EIGRP, BGP в IPv4 и IPv6. GRE.
3. Безопасность сетевых устройств. Безопасный доступ к сети: аутентификация (authentication), авторизация (autorization) и учёт (accounting). Защита сети с помощью фильтрации трафика, списки контроля доступа (ACL). Системы обнаружения и предотвращения вторжений. Организация защищённых каналов связи: шифрование и VPN. Доверенные сети.

Тема 3. Методы продвижения данных.

1. Алгоритмы работы коммутатора и маршрутизатора при продвижении данных.CEF.
2. Программно-конфигурируемые сети (SDN), протокол OpenFlow.
3. Управление сетью, аудит, сбор статистики, протоколы и технологии: SNMP, Syslog, NetFlow.)

Тема 4. Технологии широкополосных беспроводных сетей.

1. Организация каналов в беспроводных широкополосных сетях, архитектура сетей. Применение шумоподобных сигналов, способы расширения спектра FHSS-скачкообразная перестройка частоты, DSSS – прямое последовательное расширение спектра, OFDM технология.
2. Передача сигналов при многолучевом распространении. Кодовое разделение каналов. Системы CDMA и W-CDMA. RAKE – приемник. Свойства ортогональных последовательностей (код Баркера, коды Уолша).
3. Затухание в свободном пространстве. Зоны Френеля. Статистические модели расчета распространения сигнала. Модель Окамура-Хатты.
4. Технологии сверхширокополосной связи UWB.
5. Сети стандарта 802.11 Wi-Fi: стандарты 802.11 (a, b, g, n, ac, ad). CSMA/CA. Режимы работы сети DCF (децентрализованная функция распределения) и PCF (централизованная функция распределения). Функции RTS/CTS (запрос на передачу/ готовность передачи). Механизмы аутентификации, шифрования, обеспечение доступа. Стандарты WEP, WPA, WPA2. Функции управления ключами.
6. Сети стандарта 802.16. Структура кадров. Механизмы предоставления канальных ресурсов. OFDMA.
7. Технология WIMAX. Адаптивные антенные решётки. Технология MIMO. Технология LTE.

В ходе самостоятельной работы аспиранты:

- выполняют задания по подготовке к практическим занятиям;
- читают, аннотируют и реферируют научные публикации по своей специальности;
- осуществляют поиск информации в библиотечно-информационной системе вуза, сети Интернет).

При выполнении самостоятельной работы по внеаудиторному чтению аспиранты пользуются литературой, рекомендуемой их научными руководителями.

Формы контроля самостоятельной работы:

- проверка письменных заданий на практических занятиях;
- проверка аннотаций и рефератов научных публикаций;
- индивидуальные консультации с преподавателем.

Для осуществления промежуточной аттестации используются вопросы из банка контрольно-измерительных материалов, хранящихся на кафедре, которые периодически обновляются.

Аспирант подготавливает доклад на заданную тему. Выбирает вопросы для доклада из заданного списка либо, исходя из материалов научно-исследовательской работы, и согласовывает их с преподавателем. Семинар проходит в устной форме.

5. Фонд оценочных средств

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется в виде текущего и промежуточного контроля успеваемости аспирантов университета на основе критериев оценки уровня освоения дисциплины.

Контроль представляет собой набор заданий и проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине и пр.);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Активность обучающегося на занятиях оценивается на основе выполненных работ и заданий, предусмотренных ФОС дисциплины.

Оценивание проводится преподавателем независимо от наличия или отсутствия обучающегося (по уважительной или неуважительной причине) на занятии. Оценка носит комплексный характер и учитывает достижения обучающегося по основным компонентам учебного процесса за текущий период.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Наименование оценочного средства*
Часть-1				
1	Модели сигналов, процессов, систем и сетей связи; Методология моделирования процессов в	ПК-1	Базовый уровень освоения	Теоретические вопросы к зачету, задания для контроля умений и владений

	системах и сетях связи			(навыков)
			Повышенный уровень освоения	задания для контроля умений и владений (навыков)
2	Методология управления и оптимизации систем и сетей связи	ПК-1	Базовый уровень освоения	Теоретические вопросы к зачету, задания для контроля умений и владений (навыков)
			Повышенный уровень освоения	задания для контроля умений и владений (навыков)
3	Инструментальные методы и средства решения оптимизационных задач и моделирования	ПК-1	Базовый уровень освоения	Теоретические вопросы к зачету, задания для контроля умений и владений (навыков)
			Повышенный уровень освоения	задания для контроля умений и владений (навыков)
Часть-2				
1	Оптоволокна и компоненты управления для ВОСП и полностью оптических сетей	ПК-2	Базовый уровень освоения	Теоретические вопросы к зачету, задания для контроля умений и владений (навыков)
			Повышенный уровень освоения	задания для контроля умений и владений (навыков)
2	Управление разветвленными оптическими сетями и синхронизация в них	ПК-2	Базовый уровень освоения	Теоретические вопросы к зачету, задания для контроля умений и владений (навыков)
			Повышенный уровень освоения	задания для контроля умений и владений

				(навыков)
3	Полностью оптические способы для физического уровня	ПК-2	Базовый освоения уровень	Теоретические вопросы к зачету, задания для контроля умений и владений (навыков)
			Повышенный освоения уровень	задания для контроля умений и владений (навыков)
4	Аналитический подход к моделированию процессов приёма-передачи сигналов в многоканальных сетях	ПК-2	Базовый освоения уровень	Теоретические вопросы к зачету, задания для контроля умений и владений (навыков)
			Повышенный освоения уровень	задания для контроля умений и владений (навыков)
	Часть-3			
1	Назначение, принципы построения, основные характеристики и классификация широкополосных сетей и систем.	ПК-3	Базовый освоения уровень	Теоретические вопросы к экзамену, кейс-задача
2	Технологии высокоскоростных широкополосных сетей.	ПК-3	Базовый освоения уровень	Теоретические вопросы к экзамену, кейс-задача
3	Методы продвижения данных.	ПК-3	Базовый освоения уровень	Теоретические вопросы к экзамену, кейс-задача
4	Технологии широкополосных беспроводных сетей	ПК-3	Базовый освоения уровень	Теоретические вопросы к экзамену, кейс-задача

Типы контроля успешности освоения программы.

- 1) текущий контроль успеваемости;
- 2) промежуточный контроль; проводится после завершения изучения каждой из Частей 1, 2, 3 модуля.

Текущий контроль успеваемости – это проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра.

Промежуточный контроль проводится в форме получения аспирантами зачёта или экзамена по дисциплине модуля.

Формат зачётов и экзамена по всем частям модуля связан с ответом аспиранта на контрольные вопросы. Аспиранты допускаются к сдаче зачетов и экзаменов по итогам текущего контроля и только после защиты предусмотренных учебным планом практических работ.

Теоретические вопросы к зачету по Части-1 Моделирование, управление и оптимизация телекоммуникационных систем и сетей

1. Общая классификация моделей сигналов и процессов их обработки в телекоммуникационных системах и сетях. Марковские процессы.
2. Классификация моделей построения телекоммуникационных систем и их элементов.
3. Анализ динамических и статистических методов моделирования телекоммуникационных систем и сетей.
4. Основные характеристики и параметры телекоммуникационных систем. Понятие о качестве телекоммуникационных систем и сетей.
5. Методы планирования эксперимента и моделирования.
- 6.. Методы идентификации и верификация имитационной модели. Адекватность модели.
7. Методы корреляционного анализа
8. Методы регрессионного анализа.
9. Принципы оптимального управления ресурсами и рисками в телекоммуникационных системах. Понятие о критериях оптимальности. Классификация критериев оптимальности.
10. Цели и задачи линейного программирования. Оценка применимости методов линейного программирования в области телекоммуникаций.
11. Цели и задачи линейного программирования. Алгоритмы решения задач линейного программирования.
12. Принцип динамического программирования Р. Беллмана. Оценка применимости динамического программирования в области телекоммуникаций
13. Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Оценка применимости динамического программирования в области телекоммуникаций Оценка применимости принципа максимума в области телекоммуникаций
14. Минимаксные и некорректно поставленные задачи. Оценка их применимости в научно-исследовательских задачах.
15. Статистические методы оптимального обнаружения и оценивания сигналов в научно-исследовательской деятельности.
16. Оптимальная фильтрации сигналов на основе метода Винера-Хопфа. Особенность постановка и решения задачи.
17. Оптимальная фильтрации сигналов на основе метода Калмана-Бьюси. Особенность постановка и решения задачи.
18. Оптимальная фильтрация сигналов на основе Стратоновича-Кушнера (нелинейная фильтрация). Особенность постановка и решения задачи.
19. Структурные методы оптимизации конфигурации телекоммуникационных сетей методами теории графов.
20. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод наискорейшего спуска.
21. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод наискорейшего спуска.
22. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Градиентный метод.
23. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод Фибоначчи.
24. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод Гаусса.
25. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод троичного поиска.

26. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод Нелдера-Мида.
27. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод Хука-Дживса.
28. Численные алгоритмы поиска экстремума функций. Метод Розенброка.
29. Постановка задач и методы решения многоэкстремальных задач. Метод Парето.
30. Статистические алгоритмы поиска экстремума функции. Метод Монте-Карло.
31. Статистические алгоритмы поиска экстремума функции. Эволюционный метод и метод муравьиной колонии.
32. Статистические алгоритмы поиска экстремума функции. Метод «роя частиц»
33. Понятие о нейросетевых методах оптимизации.
34. Точные и приближенные методы расчёта пропускной способности телекоммуникационных систем и сетей.
35. Обзор программных продуктов для целей виртуального моделирования и оптимизации телекоммуникационных систем и сетей, а также процессов, в них протекающих.

**Типовые оценочные материалы по Части-1 Моделирование, управление и
оптимизация телекоммуникационных систем и сетей -
задания для контроля умений и владений (навыков)**

1. *Базовый уровень:* Цифровой источник сообщения выдает в двоичном коде ($m=2$) кодовые комбинации, содержащие $n=7$ символов. Сколько таких сообщений может выдать источник? Напишите две реализации такого источника, принимая алфавит источника сообщения $A \in \{0,1\}$.

Повышенный уровень: Перечислите основные модели представления детерминированных и случайных электрических сигналов. Какими параметрами характеризуются сигналы электросвязи? Переведите в физические единицы измерения уровней сигналов, если их абсолютные уровни измеряются соответственно в единицах [дБм], [дБн], [дБт].

2. *Базовый уровень:* Разложите в ряд Фурье сигналы, показанные на рис. 1. Постройте их спектральные диаграммы, при условии что параметры T, τ_u, U_m известны.

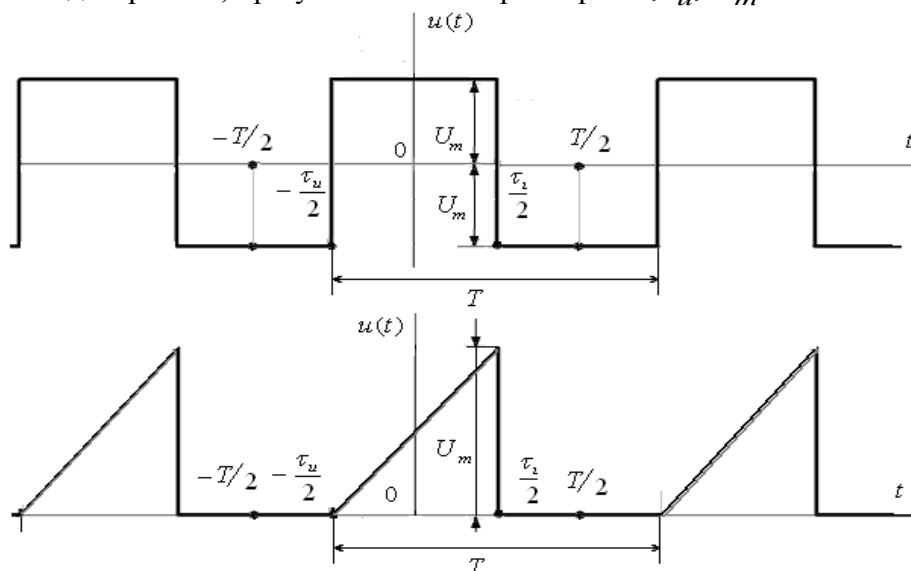


Рис. 1. Временные диаграммы периодических сигналов

Повышенный уровень: Составьте выражения дифференциального и интегрального законов распределения фазы φ вектора, который с равной вероятностью может иметь любую фазу в интервале $(0, 2\pi)$. Полученные законы изобразите в виде графиков.

3. *Базовый уровень:* Задан интегральный закон $F(x)$ распределения

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \\ ax^3, & 0 \leq x \leq 1, \\ 1, & x > 1. \end{cases}$$

Найти значение параметра a , плотность вероятности $W(x)$, а затем вероятность того, что случайная переменная будет лежать в интервале от x_1 до x_2 , причем: 1) $x_1=0, x_2=0,5$; 2) $x_1=0,2, x_2=0,4$; 3) $x_1=0,2, x_2=0,8$. (ПС)

Повышенный уровень: Что такое среднее значение случайного процесса? Дайте его аналитическое выражение.

4. *Базовый уровень:* Определите величины мощности и напряжения гармонического сигнала на сопротивлении $R_n = 150$ Ом, если известно, что уровень мощности сигнала на этом сопротивлении

$P_m = -7$ дБм. *Отв:* $W_c = 0.2$ мВт; $U_c = 173$ мВ.

Повышенный уровень: Центрированный случайный сигнал в виде источника ЭДС $\xi(t)$ проходит через линейный фильтр, структура которого изображена на рис. 2, исходные данные приведены там же. С выхода фильтра снимается напряжение $\eta(t)$.

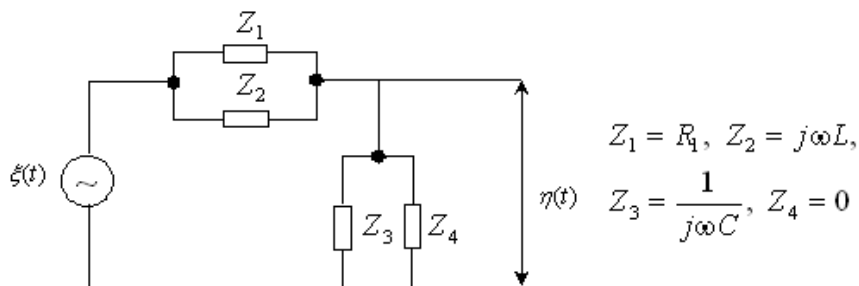


Рис. 2. К задаче по расчету динамических характеристик линейного фильтра

Необходимо определить:

- 1) передаточную $W(s)$ функцию линейного фильтра;
- 2) импульсную (весовую) характеристику фильтра $w(t)$;
- 3) частотные характеристики линейного фильтра;
- 4) модель линейного фильтра в виде дифференциального уравнения (ПС).

5. *Базовый уровень:* Определите мощность, напряжение и абсолютный уровень напряжения и мощность измерительного сигнала на входе первого промежуточного усилителя Y_{c1} , если его входное сопротивление равно $R_{вх}$. Определить, во сколько раз мощность сигнала на входе первого промежуточного усилителя Y_{c1} меньше мощности сигнала на выходе окончательного оборудования передачи. С учетом затуханий в линиях передачи A_i и усилителях S_j постройте внешнюю диаграмму уровней, рассчитайте остаточное затухание канала, если измерительный уровень на его выходе составляет $P_{к\text{ вых}}$, сравните вычисленное значение с номинальным. Исходные данные: $S_1=37$ [дБ], $S_2=30$ [дБ], $S_3=38$ [дБ], $A_1 = -34$ [дБ], $A_2 = -35$ [дБ], $A_3 = -31$ [дБ], $A_4 = -30$ [дБ], $P_{к\text{ вых}} \text{ передачи} = -6$ [дБ], $R_{вх}=120$ [Ом], $P_{к\text{ вых}} = -7$ [дБм], структура канала передачи приведена на рис. 3.

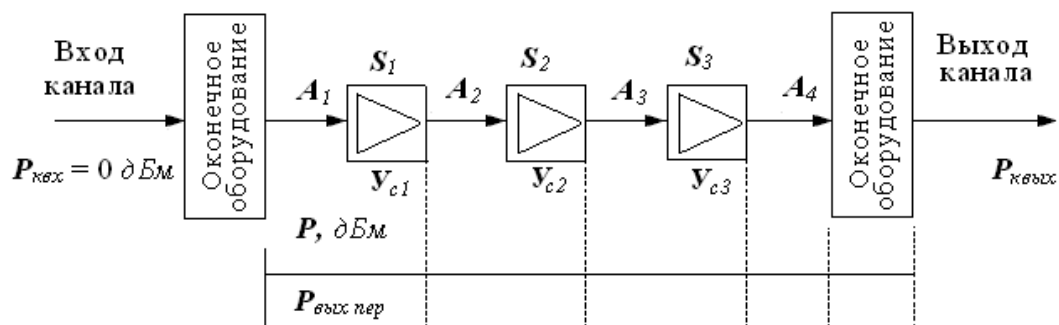


Рис. 3. Структура канала передачи

Повышенный уровень: Постройте спектральные диаграммы АМ, ФМ, ЧМ сигнала, если спектр периодического первичного сигнала с известными параметрами T, τ_u, U_m имеет вид как на рис. 4 при малом значении индекса модуляции. (ПС)

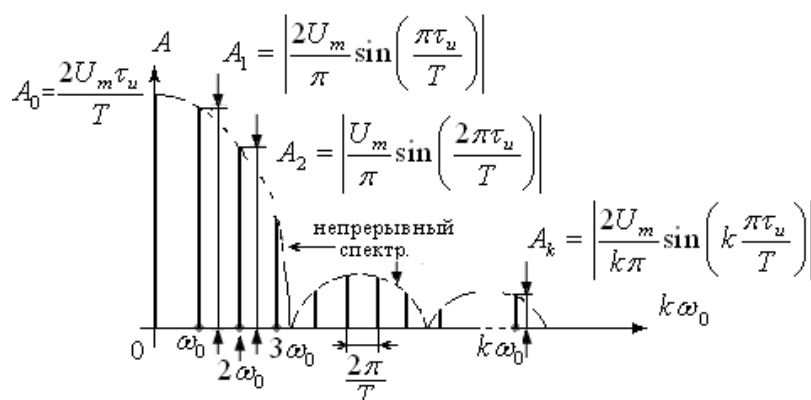


Рис. 4. Спектр первичного сигнала (k — целое число)

6. Базовый уровень: Постройте спектральные диаграммы АМ, ФМ, ЧМ сигнала так же, как в задаче 1, но для исходных данных (спектров первичного сигнала), полученных в четвертой задаче.

Повышенный уровень: Найдите огибающую, мгновенную фазу и мгновенную частоту для БАМ сигнала

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 + \Omega)t + U_m \cos(\omega_0 - \Omega)t$$

Составьте выражение для комплексного сигнала. (ПС)

7. Базовый уровень: Изобразите структурную схему для передачи амплитудно-модулированного сигнала, состоящего из двух боковых и несущей (без несущей), одной боковой и несущей (без несущей). Укажите спектральный состав сигналов в различных точках схемы, если модулирующий сигнал имеет частоту $f_c = 1$ кГц и амплитуду $U_c = 0,1$ В, а частота несущего колебания равна $f_n = 12$ кГц и амплитуда $U_n = 1$ В.

Повышенный уровень: Рассчитайте и изобразите на оси частот спектральную диаграмму сигналов на каждом выходе схем, приведенных на рис. 5. На схемах приняты следующие обозначения: АМ — амплитудные модуляторы; ПФ — полосовые фильтры, выделяющие соответствующие боковые полосы частот, F_1 и F_2 — граничные частоты первичного модулирующего сигнала.

Исходные данные для выполнения задания: мощность несущей на выходе амплитудного модулятора $W_0 = 30$ мВт, глубина модуляции $M = 0.20$, боковая полоса выделенная полосовым фильтром ПФ1, ПФ2: Н — нижняя и В — верхняя полосы подавления, несущая частота первого преобразования $f_{01} = 92$ кГц, несущая частота второго преобразования $f_{02} = 516$ кГц.

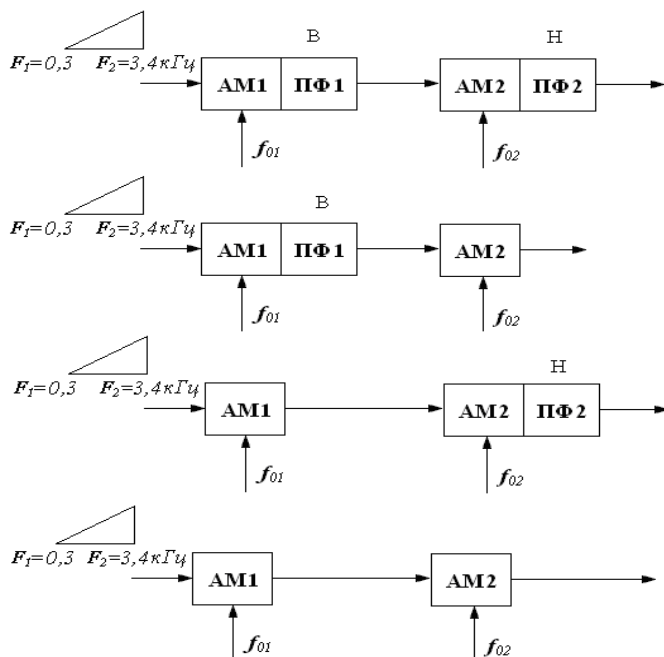


Рис. 5. К построению спектральной диаграммы амплитудно-модулированного сигнала

8. *Базовый уровень:* На вход демодулятора поступает амплитудно-модулированный сигнал с одной боковой полосой (АМ ОБП), частотный спектр которого сосредоточен в полосе частот от f_1 до f_2 (см. рисунок 6, где ДМ — демодулятор, ПФ — полосовой фильтр). Определить номинал несущей частоты f_u , которая должна быть подана на демодулятор (ДМ) для того чтобы на его выходе получился сигнал, занимающий тональный диапазон частот 0,3...3,4 кГц. Исходные данные: границы полосы частот однополосного сигнала f_1, f_2 соответственно 32,4; 35,5 кГц.

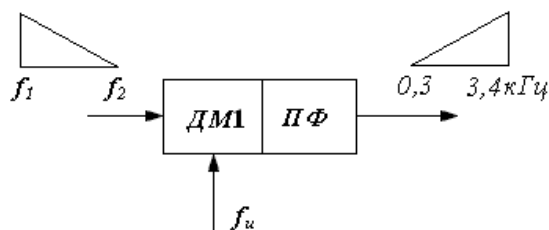


Рис. 6. К определению номинала несущих частот

Повышенный уровень: Нормированная корреляционная функция стационарного случайного процесса $K_{\xi}(\tau) = \exp(-\alpha|\tau|)$ ($\alpha = 0,1 \text{ c}^{-1}$). Найдите шаг дискретизации этого процесса, при котором относительная погрешность воспроизведения не превысит 1%. (ПС)

9. *Базовый уровень:* Выберите частоту дискретизации F_d первичного сигнала, спектр которого ограничен частотами $f_n = 2 \text{ кГц}$ и $f_v = 5 \text{ кГц}$. Для выбранной частоты дискретизации рассчитайте и постройте спектральную диаграмму амплитудно-импульсно-модулированного (АИМ) сигнала. С помощью спектральной диаграммы докажите, что искажения дискретизации при демодуляции АИМ сигнала могут быть сделаны сколь угодно малыми. (ПС)

Повышенный уровень: Выполните операции равномерного квантования с шагом δ и кодирования в восьмиразрядном симметричном коде двух отсчетов аналогового сигнала с амплитудами $U_1 = -3 \text{ В}$ и $U_2 = 3 \text{ В}$. Определите величину ошибок (шумов) квантования. Изобразите полученные в результате кодирования кодовые слова (кодовые комбинации) в виде последовательности токовых и бестоковых посылок, считая, что двоичной единице соответствует токовая посылка, а нулю — бестоковая.

10. *Базовый уровень:* Определите минимальное количество разрядов в кодовом слове m , при котором обеспечивается заданная защищенность от шумов квантования $A_{кв}$ гармонического

сигнала максимально допустимой амплитуды при равномерном квантовании. На сколько децибел изменится величина защищенности при уменьшении вдвое амплитуды кодируемого сигнала?

Повышенный уровень: Изобразите структурную схему многоканальной системы передачи. С помощью соответствующих операторов поясните принципы формирования канальных, группового многоканального сигналов и разделение канальных сигналов. (ПС)

11. *Базовый уровень:* Постройте систему ЧРК с семью каналами ТЧ с наименьшей шириной эффективно передаваемой полосы группового сигнала. Разнос частот между каналами считайте равным 0,9 кГц.

Повышенный уровень: Постройте систему ВРК-ИКМ с семью каналами ТЧ. Определите частоту дискретизации, скорость передачи (если разрядная сетка каждого канала равна 12).

12. *Базовый уровень:* Рассчитайте и постройте спектральную диаграмму группового сигнала N-канальной (N=4) СП с ЧРК и АМ ОБП при полосе эффективно передаваемых частот в каждом канале 0,3...3,4 кГц. Для передачи используется нижняя боковая полоса частот.

Повышенный уровень: Рассчитайте тактовую частоту f_t двоичного группового ИКМ сигнала и ширину его частотного спектра $\Delta F_{\text{икм}}$. Сравните ширину спектра частот группового сигнала в ДСП на основе ИКМ с ВРК и СП с ЧРК на основе АМ ОБП. Учтите, что обе системы передачи предназначены для организации одного и того же количества каналов N с полосой эффективно передаваемых частот 0,3...3,4 кГц.

13. *Базовый уровень:* Постройте графики первых шести функций Радемахера, используемых в многоканальных цифровых системах связи с разделением по форме. Определите полосу частот, требуемую для передачи сообщений в этой системе, если $T = 20$ мс. (ПС)

Повышенный уровень: Постройте трансверсальный фильтр системы с кодовым разделением каналов для канальных переносчиков в виде функций Уолша.

14. *Базовый уровень:* Пусть заданы два генератора с внутренним сопротивлением $R_{Г1} = 300$ Ом и $R_{Г2} = 600$ Ом. Необходимо обеспечить их независимую работу на общую нагрузку $R_n = 150$ Ом с помощью трансформаторной дифференциальной системы (ТДС). Рассчитайте коэффициенты трансформации и неравноплечности дифференциального трансформатора. *Отв:* Для одного из возможных применений ТДС при согласованном подключении генераторов к нагрузке, коэффициент неравноплечности $n = 2$, а коэффициент трансформации $n = 1,225$. (ПС)

Повышенный уровень: Для выбранной ТДС предыдущей задачи и соответствующих нагрузок определите входные сопротивления и затухания в направлениях пропускания. (ПС)

Мощность от генератора с внутренним сопротивлением $R_{Г1} = 200$ Ом и э.д.с. $E^{\tau} = 18$ В необходимо распределить между сопротивлениями нагрузок $R_{н1} = 600$ Ом и $R_{н2} = 400$ Ом, обеспечив их развязку с помощью ТДС. Определить мощность, выделяемую на сопротивлениях нагрузок, и величины коэффициентов неравноплечности и трансформации дифференциального трансформатора. *Отв:* Для одного из возможных включений нагрузок и генератора к ТДС коэффициент неравноплечности $m = 0,67$, а коэффициент трансформации $n = 2,24$, мощность на нагрузке $R_{н1}$ будет равна $W_{н1} = 0,43$ мВт и на нагрузке $R_{н2}$ — $W_{н2} = 0,662$ мВт (ПС).

На зачете обучающемуся выдается три теоретических вопроса и одно задание.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся при правильных ответах на два и более теоретических вопроса и при выполнении базового уровня задания.
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся при правильных ответах менее чем на два вопроса и при невыполнении базового уровня задания.

Теоретические вопросы к зачету по Части-2 Базовые принципы построения телекоммуникационных систем на основе ВОЛС

1. Принципы построения некогерентных волоконно-оптических систем передач.
2. Понятие световодных окон прозрачности и основные диапазоны передачи.
3. Шумы и искажения, присущие оптоволоконным системам.

4. Основные структурные компоненты традиционных волоконно-оптических систем и полностью оптических сетей.
5. Понятие глобальных, городских и локальных оптических сетей. Основные принципы построения.
6. Топологические схемы и задача эмуляции пассивных оптических сетей.
7. Резервирование в пассивных оптических сетях.
8. Программы, направленные на создание полностью оптических сетей.
9. Маршрутизация сигналов. Принципы динамической маршрутизации в полностью оптических сетях.
10. Принципы мультиплексирования в полностью оптических пакетных сетях.
11. Временное уплотнение и разделение каналов полностью оптическим методом.
12. Аналого-цифровые и цифровые конвертеры сигнальных форматов, ориентированные на применение в полностью оптических сетях.
13. «Почти-полностью-оптический» цифро-символьный конвертер.
14. Принцип спектрального уплотнения каналов и искажения, свойственные для группового сигнала WDM.
15. Частотные планы сетей WDM. Принципы построения сегментов сетей WDM.
16. Топологические схемы, используемые при построении сетей WDM.
17. Основные структурные узлы (схемы) многоканальных устройств WDM.
18. Иерархический принцип построения современных сетей.
19. Понятие о виртуальных подсетях. Методы организации виртуальных каналов
20. Принцип многократного использования длин волн.
21. Ограничение по непрерывности длины волны.
22. Задача поэтапной модернизации сетей связи.
23. Алгоритмы моделирования топологических схем сложных оптических сетей.
24. Построение регенерационного участка по затуханию для глобальных, городских и локальных сетей.
25. Метод увеличения длины участка регенерации на основе полностью оптического решения.
26. Вопросы использования непрерывного и импульсного режимов накачки EDFA.
27. Подход к оценке искажений цифрового сигнала действием нелинейных оптических эффектов.
28. Метод коррекции синхросигнала, искажённого действием нелинейных оптических эффектов.
29. Виды дисперсии на волоконно-оптических линиях передачи.
30. Метод снижения дисперсионных искажений сигнала посредством группировки световодных сегментов.
31. Метод снижения дисперсионных искажений сигнала посредством подбора параметров световодных вставок.
32. Основные виды измерений, актуальных для систем WDM.
33. Вопросы рефлектометрии волоконно-оптических линий передачи.
34. Средства измерений и диагностики для сетей WDM.
35. Техническая концепция к регламенту тестирования и пуско-наладочных работ для систем WDM.
36. Регламент тестирования при проведении пуско-наладочных работ для систем WDM.
37. Встроенная система мониторинга для сетей WDM.
38. Тестирование и наладка систем Metro WDM.
39. Техническое обслуживание сетей WDM: поиск и обработка сигналов о неисправностях.
40. Принципы резервирования, используемые в сетях WDM.
41. Понятие об автоматизированной системе управления и мониторинга.
42. Принцип резервирования линейного сегмента полностью оптическим методом.
43. Задача построения многосегментных сетей WDM.
44. Подход к формализации архитектуры типа GEMNET.

45. Модель маршрутизации в сети типа GEMNET.
46. Рекомендации по оптимизации параметров сетей WDM.
47. Задачи анализа и настройки параметров сети.
48. Подход к статистическому моделированию процесса работы многоканальных аппаратных устройств.
49. Подход к статистическому моделированию цифровых сигналов.
50. Пример алгоритма вычислительного эксперимента, позволяющего проводить анализ и настройку параметров сети.

Типовые оценочные материалы по Части-2 Базовые принципы построения телекоммуникационных систем на основе ВОЛС - задания для контроля умений и владений (навыков)

1. *Базовый уровень:* Оценить расстояние L_0 , при котором уширение из-за хроматической (материальной) τ_{chr} и поляризационно-модовой дисперсии τ_{pmd} сравниваются по величине, если удельный коэффициент хроматической дисперсии $M_d(\lambda) = 2$ пс/(нм·км), коэффициент поляризационно-модовой дисперсии $T = 0,5$ пс/ $\sqrt{\text{км}}$, а ширина спектрального излучения $\Delta\lambda = 0,05$ нм.

Повышенный уровень: Оптический интерфейс FDDI PMD предполагает кодировку 4B/5B с частотой модуляции 125 МГц. При использовании светодиодов с $\Delta\lambda = 35$ нм (1310 нм) удельная полоса пропускания для волокна 62,5/125 составляет 450 МГц·км. Необходимо оценить, допустима ли с точки зрения затухания и дисперсии передача по ОВ длиной 2 км.

2. *Базовый уровень:* Оценить количество мод ОВ, если при передаче на длине волны 1310 нм числовая апертура составляет 0,15 рад.

Повышенный уровень: Найти наименьшее и наибольшее значения шага волоконно-оптической решётки с переменным шагом, вносящей хроматическую дисперсию в 2...5 пс при передаче сигнала с шириной линии 0,1 нм при длине ОВ 1 м. Учесть, что численное значение квадрата производной от показателя преломления по длине волны для рассматриваемого излучения приблизительно составляет 500 нм⁻².

3. *Базовый уровень:* Найти общее количество мод, передаваемое двухслойным ОВ во втором окне прозрачности, если диаметр центральной жилы равен 25 мкм, а расстояние между внутренней и внешней оболочками составляет 80 мкм.

Повышенный уровень: Какой величины должна быть константа действия магнитного поля [м⁻¹] в магнитооптическом интерференционном неконфигурируемом отражателе (на основе ИМЦ) для того, чтобы обеспечить обратное отражение сигнала не более 30%, если длины плеч ИМЦ, допускающие установку в ячейку Фарадея, составляют каждый по 3 м?

4. *Базовый уровень:* Найти коэффициенты передачи звездообразного разветвителя типа 3×3, если коэффициенты направленности составляют -5,1 дБ, -3,9 дБ и -4,2 дБ. Принять уровни мощности на входе в первом и во втором канале равными по 1 мВт, а в третьем канале – 0,8 мВт.

Повышенный уровень: Для мультиплексора типа 4×1 найти коэффициенты передачи на ближнем конце, если коэффициенты переходных помех на ближнем конце составляют -7,5 дБ; -8,5 дБ, -8,4 и -9,1 дБ. Считать, что уровень мощности всех входных сигналов составляет по 1 мВт, а мощности обратного рассеяния примерно равны и не превышают 0,01 мВт в широком спектральном диапазоне.

5. *Базовый уровень:* Для демультиплексора типа 2×1 найти коэффициенты переходных помех между полюсами, если уровень сигнала, поступающего на общий полюс, составляет 10 мВт, а коэффициенты передачи равны 1,55 дБ и 1,61 дБ. Считать, что уровень обратного рассеяния не превышает 0,01 дБ в широком спектральном диапазоне.

Повышенный уровень: На какой длине волны излучения эффективность передачи реконфигурируемого переключателя типа 2×2 составит 0,9, если отличие коэффициентов преломления (изначально связанных со стандартным ОВ) остаётся в пределах 0,05, а длина ОВ в переключателе равна трём минимальным длинам.

6. *Базовый уровень:* Определить коэффициенты отражения зеркал ИФП, составляющего основу волоконно-оптического реконфигурируемого переключателя, если при изменении показателя преломления в пределах 0,03% выходной канал на длине волны 1,31 мкм оказался выключенным – уровень интенсивности упал до 0,04 отн.ед. Считать, что входная интенсивность составляет 1 отн.ед., база ИФП равна 1,2 мкм.

Повышенный уровень: Определить необходимый уровень изменения показателя преломления в интерференционном реконфигурируемом переключателе, чтобы устройство обеспечило коэффициент передачи в пределах 0,9 на длине волны 1,55 мкм. Считать, что база ИФП равна 1 мм.

7. *Базовый уровень:* На сколько отклонится луч в нелинейном реконфигурируемом ключе, если в результате нелинейного эффекта нелинейная добавка к показателю преломления изменилась в 5 раз?

Повышенный уровень: Определить показатель преломления световода, к которому следует подключить нелинейный реконфигурируемый ключ, для того чтобы угол подключения составил 5° . Считать, что показатель преломления наноструктурного образца в линейной области составляет 1,3.

8. *Базовый уровень:* Оценить коэффициент усиления BOY EDFA, расположенного в выходном каскаде оборудования DWDM, для малого входного сигнала (при передаче логического нуля), если имеет место двадцатикратное усиление входной логической единицы (в режиме, близком к насыщению), шум-фактор составляет 0,5. Считать, что мощность насыщения и абсолютный параметр усиления соответственно равны 10 мВт и 4,5 дБ. Считать, что динамический диапазон в отсутствии шума увеличился бы в 1,2 раза.

Повышенный уровень: Найти ширину линии усиления $\delta\omega$ активной среды, если метастабильный уровень уширен на $\Delta E_2 = 0,9$ эВ.

9. *Базовый уровень:* Оценить длину активного световода, обеспечивающего коэффициент усиления для слабого сигнала порядка 15 дБ, если абсолютный параметр усиления равен 3,5 дБ, а удельный параметр усиления составляет $0,2 \text{ м}^{-1}$.

Повышенный уровень: Определить значение базы ИФП, корректирующего провал спектральной характеристики BOY EDFA в 8,8 дБм, если коэффициенты отражения зеркал интерферометра составляют 0,25.

10. *Базовый уровень:* Оценить уровень изменения длительности оптического импульса, распространяющегося в световоде, обладающим хроматической дисперсией, если изначально он имел гауссову форму вида $A(0,t) = \sqrt{P_0} \exp\left(-g \cdot \frac{t^2}{2T_0}\right)$. Считать, что нелинейные эффекты и затухание сигнала в световоде отсутствуют. Построить график текущей длительности импульса от параметра g .

Повышенный уровень: Пронаблюдать изменение формы гиперболического секансного импульса $A(0,t) = \sqrt{P_0} \cdot \text{sech} \frac{t}{T_0} \cdot \exp\left(-C \cdot \frac{t^2}{2T_0^2}\right)$ по мере его распространения по световодной линии, обладающей хроматической дисперсией.

11. *Базовый уровень:* Пронаблюдать изменение формы супергауссового входного импульса вида $A(0,t) = \sqrt{P_0} \cdot \exp\left(-\frac{1+jC}{2} \cdot \left(\frac{t}{T_0}\right)^{2m}\right)$, форму которого («остроту края») определяет параметр m , по мере его распространения по световодной линии, обладающей хроматической дисперсией. Выбрать оптимальное значение m , минимизирующее уширение импульса.

Повышенный уровень: Объяснить изменение спектра импульса произвольной формы, распространяющегося по световодной линии, обладающей дисперсией.

Дополнительное задание. Произвести решение представленных выше задач для случая незначительного нелинейного изменения показателя преломления. *Подсказка.* Воспользоваться

уравнением в представленном ниже примере, приняв $\gamma \cong 3 \text{ (Вт·км)}^{-1}$; $|\beta_2| \cong 20 \text{ пс}^2/\text{км}$ и $\alpha \cong 0,1 \text{ дБ/км}$.

На зачете обучающемуся выдается три теоретических вопроса и одно задание.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если минимум два вопроса имеют полные ответы¹ и один вопрос имеет неполный ответ и, кроме того, выполнены базовый и повышенный уровни задания.
- оценка «хорошо» - *варианты:*
 - 1) минимум один вопрос имеет полный ответ и два вопроса имеют неполные ответы, базовый уровень задания выполнен без существенных замечаний;
 - 2) минимум один вопрос имеет полный ответ, один вопрос имеет неполный ответ и в одном вопросе обозначена правильная постановка ответа, но ответ не доведён до конца; базовый уровень задания выполнен без существенных замечаний;
- оценка «удовлетворительно» - *варианты:*
 - 1) один вопрос имеет неполный ответ, в двух вопросах обозначена правильная постановка ответов, но ответы не доведены до конца; выполнен базовый уровень задания, но при этом возможно допущение следующих ошибок: нет качественно проведенной модели волоконно-оптической линии с учетом устройств, расположенных на ней, расчеты по моделям проведены без учета затухания в световодах, что неверно для линий длиной свыше 20 км, не представлено распределение мощности в линии;
 - 2) два вопроса имеют неполные ответы и один вопрос не имеет ответа; выполнен базовый уровень задания, но при этом возможно допущение следующих ошибок: нет качественно проведенной модели волоконно-оптической линии с учетом устройств, расположенных на ней, расчеты по моделям проведены без учета затухания в световодах, что неверно для линий длиной свыше 20 км, не представлено распределение мощности в линии.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если два или три вопроса не имеют ответов; не выполнен базовый уровень задания, то есть имеются явные ошибки при расчетах по моделям волоконно-оптической линии, распределения мощности не построены.

Теоретические вопросы к экзамену по Части-3 Широкополосные телекоммуникационные системы

1. Широкополосные сети, классификация, область применения.
2. QoS пакетных сетях.
3. Способы коммутации.
4. Способы продвижения данных.
5. Адресация на канальном и сетевом уровнях.
6. Способы объединения каналов в Ethernet, SDH, WDM.
7. Технологии Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.
8. Технологии 10 Gigabit Ethernet, 40 Gigabit Ethernet, 100 Gigabit Ethernet.
9. IPv4, структура адреса, структура заголовка пакета, типы рассылок.
10. IPv6, структура адреса, структура заголовка пакета, отличия от IPv4, типы рассылок.
11. Иерархическая структура сетей, построенных на коммутаторах.
12. Петля коммутации, широковещательный шторм, дублирование одноадресной рассылки.
13. STP. Режимы работы порта/коммутатора. Роли коммутаторов в STP. Разновидности STP.
14. Технология MPLS.
15. Алгоритмы маршрутизации в пакетных сетях: Дейкстры; Беллмана-Форда; Йена.

¹ Полный ответ – развёрнутый ответ, охватывающий все технические аспекты вопроса; неполный ответ – ход рассуждения правильный, но конечный результат (вывод) неверный; нет ответа – отсутствует ответ или ход рассуждения выбран неправильно, наличие грубых ошибок.

16. Алгоритмы маршрутизации в пакетных сетях: парных переходов; адаптивной ускоренной маршрутизации при динамическом добавлении элементов; адаптивной ускоренной маршрутизации при динамическом отказе элементов.
17. Системы моделирования сетей.
18. Статическая маршрутизация в IPv4 и IPv6.
19. Протоколы динамической маршрутизации RIP, OSPF, EIGRP.
20. Протоколы динамической маршрутизации BGP в IPv4 и IPv6. GRE.
21. Безопасность сетевых устройств. Безопасный доступ к сети: аутентификация (authentication), авторизация (authorization) и учёт (accounting).
22. Защита сети с помощью фильтрации трафика, списки контроля доступа (ACL).
23. Системы обнаружения и предотвращения вторжений.
24. Организация защищённых каналов связи: шифрование.
25. Организация защищённых каналов связи: VPN.
26. Доверенные сети.
27. Программно-конфигурируемые сети.
28. Структура таблицы маршрутизации. Виды маршрутов. Три принципа маршрутизации. Метрика, административное расстояние.
29. Структурные схемы и алгоритм работы коммутатора и маршрутизатора.
30. Динамическая маршрутизация. Протоколы на базе векторов расстояния. Протоколы на базе состояния канала.
31. RIP.
32. Технология Etherchannel.
33. Технологии управления сетевыми устройствам. Технологии журналирования/сбора статистики с сетевых устройств.
34. Назначение, принципы построения, основные характеристики и классификация сетей и систем широкополосного радиодоступа.
35. Организация каналов в беспроводных широкополосных сетях, архитектура сетей. Применение шумоподобных сигналов, способы расширения спектра FHSS-скачкообразная перестройка частоты, DSSS – прямое последовательное расширение спектра, OFDM технология.
36. Передача сигналов при многолучевом распространении. Кодовое разделение каналов. Системы CDMA и W-CDMA. RAKE – приемник. Свойства ортогональных последовательностей (код Баркера, коды Уолша).
37. Затухание в свободном пространстве. Зоны Френеля. Статистические модели расчета распространения сигнала. Модель Окамура-Хатты.
38. Стандарты 802.15.
39. Стандарты 802.16. Структура кадров. Механизмы предоставления канальных ресурсов. OFDMA.
40. Технология Wi-Fi (стандарты IEEE 802.11 a/b/g/n/ac/ad): частоты, модуляция, технология расширения спектра, доступ к среде, взаимодействие устройств.
41. Wi-Fi: Механизмы аутентификации, шифрования, обеспечение доступа. Стандарты WEP, WPA, WPA2. Функции управления ключами.
42. Технология UWB.
43. Поколения сетей сотовой связи.
44. Адаптивные антенные решётки. Технология MIMO.
45. Технология LTE.

Типовые оценочные материалы по Части-3 Широкополосные телекоммуникационные системы (кейс-задачи)

1. Произвести расчет частот и радиуса зоны обслуживания системы для заданного случая положения БС на местности, рабочей частоты и характеристик РЭС (по вариантам). Воспользоваться модифицированным уравнением Эгли (Egley):

$$R_{90} = 10^{E_g},$$

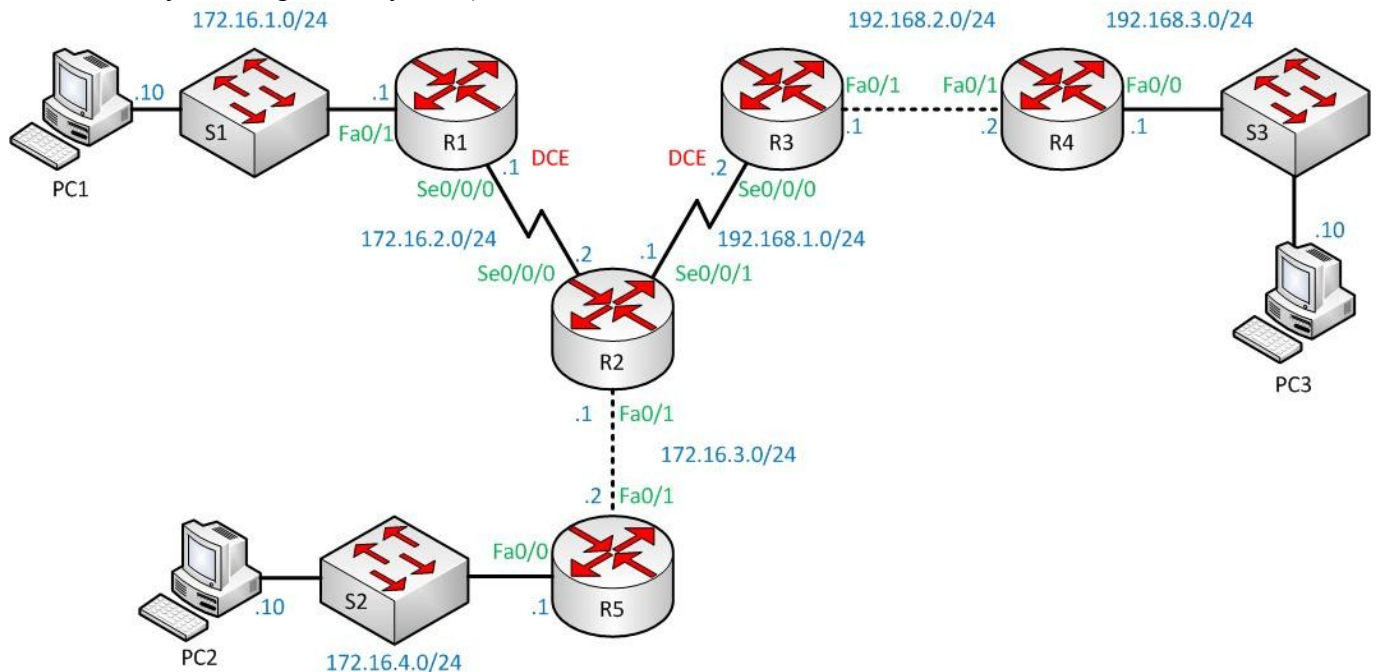
$$E_g = (P_{nep} + G_{nep} + G_{np} - L_{\phi} - L_z - L_{ш} - 117 - U_{np} + 20 \lg(h_1 h_2) - 20 \lg f) / 40,$$

где R_{90} – оценка дальности приема на уровне 90% надежности; P_{nep} – мощность передатчика БС; G_{nep} – коэффициент усиления антенны БС; G_{np} – коэффициент усиления антенны МС; L_{ϕ} – потери в фидерных трактах приемопередающего оборудования; L_z – потери компенсации замираний; $L_{ш}$ – шумовые потери; $U_{np}(P_{min})$ – реальная чувствительность приемника МС, дБ/Вт; f – рабочая частота. Потери на замирания L_z приняты следующими, дБ:

- низкочастотная часть УКВ-диапазона (по вариантам);
- высокочастотная часть УКВ-диапазона - диапазон 450 МГц; диапазон 850 МГц (по вариантам).

(по вариантам).

2. Согласно предложенной топологии (см. рисунок) собрать сеть, настроить окончное и сетевое оборудование. Настроить протокол маршрутизации OSPF с учётом того, что все маршрутизаторы относятся к одной зоне. Настроить базовые меры безопасности, а также парольную защиту на сетевом оборудовании (в том числе и для удалённого доступа по протоколу SSH).



На экзамене обучающемуся выдается три теоретических вопроса и кейс-задача.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если минимум два вопроса имеют полные ответы и один вопрос имеет неполный ответ и, кроме того, правильно решена кейс-задача.

- оценка «хорошо» - варианты:

- 1) минимум один вопрос имеет полный ответ и два вопроса имеют неполные ответы, кейс-задача решена без существенных замечаний;

- 2) минимум один вопрос имеет полный ответ, один вопрос имеет неполный ответ и в одном вопросе обозначена правильная постановка ответа, но ответ не доведён до конца; кейс-задача решена без существенных замечаний;

- оценка «удовлетворительно» - варианты:

- 1) один вопрос имеет неполный ответ, в двух вопросах обозначена правильная постановка ответов, но ответы не доведены до конца; кейс-задача решена с допущением незначительных ошибок;

- 2) два вопроса имеют неполные ответы и один вопрос не имеет ответа; кейс-задача решена с допущением незначительных ошибок.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если два или три вопроса не имеют ответов; не решена кейс-задача или имеются грубые ошибки при расчетах.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1 Основная литература

1. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей. Учебное пособие для вузов / Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и М.С. Тверецкого. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. — 391 с.
2. Пятибратов, А. П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 080801 "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям] / А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. А. Кириченко ; под ред. проф. А.П. Пятибратова. — Москва : КНОРУС, 2013. — 376 с.
3. Теоретические основы построения систем и сетей многоканальной электросвязи: Учебное пособие / И.В. Кузнецов, А.Х. Султанов; – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2015. – 242 с.
4. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001.-267с.
5. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для ВУЗов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 416 с.
6. Кившарь Ю.С., Агравал Г.П. Оптические солитоны. От волоконных световодов до фотонных кристаллов / Пер. с англ. под ред. Н.Н. Розанова. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005. –648 с.
7. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 512 с.
8. Султанов А.Х., Багманов В.Х., Конюхова В.М., Виноградова И.Л., Салихов А.И. Вопросы построения физической конфигурации полностью оптических систем передач. Монография. – Уфа: УГАТУ, 2010.– 188с.
9. Оптические измерения в телекоммуникациях: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Оптические системы передачи» / Султанов А. Х., Виноградова И. Л., Салихов А.И., Янышев Ш.Б. // Учеб. пособ. – Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области телекоммуникаций. Уфа: УГАТУ, 2011. – 120 с.
10. Задачи конфигурирования оборудования сетевого уровня для оптических сетей: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам сетевого направления / Салихов А. И., Виноградова И.Л., Сухинец Ж. А., Султанов Р. Р., Любопытов В. С. // Учеб. пособ. – Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области инфокоммуникационных технологий и систем связи. Уфа: УГАТУ, 2014. – 147 с.
11. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский [и др.] ; РАН ; Институт проблем передачи информации. — Москва : Техносфера, 2005. — 591 с. : ил.
12. Бакулин, М.Г. Технология ММО: принципы и алгоритмы [Электронный ресурс] : / М.Г. Бакулин, Л.А. Варукина, В.Б. Крейнделин. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2014. — 244 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63230
13. Корячко, В.П. Корпоративные сети: технологии, протоколы, алгоритмы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Корячко, Д.А. Перепелкин. – Электрон. дан. – М.: Горячая линия - Телеком, 2011. – 220 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5167
14. Кузнецов, В.С. Теория многоканальных широкополосных систем связи. Учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М. : Горячая линия-Телеком, 2013. – 200 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11838

6.2 Дополнительная литература

1. Курицын, С. А. Телекоммуникационные технологии и системы : [учебное пособие для вузов, обучающихся по направлению подготовки "Радиотехника" по специальности "Радиофизика и электроника"] / С. А. Курицын. – Москва : Академия, 2008. – 299 с.
2. Тепляков, И. М. Телекоммуникационные системы. Сборник задач : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки

дипломированных специалистов "210400 - Телекоммуникация"] / И. М. Тепляков .— Москва : РадиоСофт, 2008 .— 239 с.

3. Чекмарев, Ю. В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Электронный ресурс] : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений] / Ю. В. Чекмарев .— 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ДМК ПРЕСС, 2009 .— 184 с.

4. Житников, В. П. Линейные некорректные задачи. Верификация численных результатов : учебное пособие / В. П. Житников, Н. М. Шерыхалина, А. Р. Ураков ; Уфимский государственный авиационный технический университет; науч. ред. Г. Н. Зверев .— Уфа : УГАТУ, 2008 .— 100 с.

5. Шишмарев, В. Ю. Основы автоматического управления : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Приборостроение" и приборостроительным специальностям] / В. Ю. Шишмарев .— М. : Академия, 2008. - 352 с.

6. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций : [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 061800 "Математические методы в экономике"] / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин.- 5-е изд. - М. : Дашков и Ко, 2009 .— 400 с.

7. Электросвязь: ежемесячный научно-технический журнал по проводной и радиосвязи, телевидению, радиовещанию. – М.: Инфо-Электросвязь.

8. Радиотехника: ежемесячный научно-технический журнал / Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова .— М.: Радиотехника.

9. Султанов А.Х., Гайфуллин Р.Р., Виноградова И.Л. Метод коррекции работоспособности сетей связи типа Ethernet и PON на основе применения сложного оптического сигнала. – Уфа: Гилем, 2007. – 150 с.

10. Диксон Р. К. Широкополосные системы / Р. К. Диксон ; пер. с англ. Л. Ф. Жигулина; под ред. В. И. Журавлева .— М. : Связь, 1979 .— 304 с. : ил.

11. Ипатов В. П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения : перевод с английского под редакцией автора / В. П. Ипатов .— М. : Техносфера, 2007 .— 487 с. : ил.

12. Журналы и монографии по специальностям.

6.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

Каждый обучающийся (аспирант) в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к следующим электронно-библиотечным системам (ЭБС «Лань» (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан» <http://e-library.ufa-rb.ru>, Консорциум аэрокосмических вузов России <http://elsau.ru/>, Электронная коллекция образовательных ресурсов УГАТУ <http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xml+rus>), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в рабочих программах дисциплин (модулей), практик, НИ сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

Электронно-библиотечная система и электронная информационно-образовательная среда обеспечивают возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, как на территории университета, так и вне ее.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 50 экземпляров каждого из изданий основной литературы, перечисленной в рабочих программах дисциплин (модулей), практик и не менее 25 экземпляров дополнительной литературы на 100 обучающихся.

Обучающимся обеспечен доступ к электронным ресурсам и информационным справочным системам, перечисленным в таблице 1.

Таблица 1

№	Наименование ресурса	Объем фонда электронных ресурсов	Доступ	Реквизиты договоров с правообладателями
1.	Электронная библиотека диссертаций РГБ	885352 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	Договор №1330/0208-14 от 02.12.2014
2.	СПС «КонсультантПлюс»	2007691 экз.	По сети УГАТУ	Договор 1392/0403 -14 от 10.12.14
3.	СПС «Гарант»	6139026 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	ООО «Гарант-Регион, договор № 3/Б от 21.01.2013 (продолгован до 08.02.2016.)
4.	ИПС «Технорма/Документ»	36939 экз.	Локальная установка: библиотека УГАТУ -5 мест; кафедра стандартизации и метрологии-1 место; кафедра начертательной геометрии и черчения-1 место	Договор № АОСС/914-15 № 989/0208-15 от 08.06.2015.
5.	Научная электронная библиотека eLIBRARY* http://elibrary.ru/	9169 полнотекстовых журналов	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в НЭБ на площадке библиотеки УГАТУ	ООО «НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА». № 07-06/06 от 18.05.2006
6.	Тематическая коллекция полнотекстовых журналов «Mathematics» издательства Elsevier http://www.sciencedirect.com	120 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Договор №ЭА-190/0208-14 от 24.12.2014 г.
7.	Научные полнотекстовые журналы издательства Springer* http://www.springerlink.com	1900 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ открыт по гранту РФФИ
8.	Научные полнотекстовые журналы издательства Taylor& Francis Group* http://www.tandfonline.com/	1800 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и Государственной публичной научно-технической библиотекой России (далее ГПНТБ России)
9.	Научные полнотекстовые журналы издательства Sage Publications*	650 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России

10.	Научные полнотекстовые журналы издательства Oxford University Press* http://www.oxfordjournals.org/	275 наименов. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
11.	Научный полнотекстовый журнал Science The American Association for the Advancement of Science http://www.sciencemag.org	1 наименов. журнала.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
12.	Научный полнотекстовый журнал Nature компании Nature Publishing Group* http://www.nature.com/	1 наименов. журнала	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
13.	Научные полнотекстовые журналы Американского института физики http://scitation.aip.org/	18 наименов. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
14.	Научные полнотекстовые ресурсы Optical Society of America* http://www.opticsinfobase.org/	22 наименов. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
15.	База данных GreenFile компании EBSCO* http://www.greeninfoonline.com	5800 библиографии ч. записей, частично с полными текстами	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен компанией EBSCO российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)
16.	Архив научных полнотекстовых журналов зарубежных издательств*- Annual Reviews (1936-2006); Cambridge University Press (1796-2011); цифровой архив журнала Nature (1869- 2011) ; Oxford University Press (1849–1995) ;SAGE Publications (1800-1998); цифровой архив журнала Science (1880 -1996); Taylor & Francis (1798-1997); Институт физики Великобритании The Institute of Physics (1874-2000)	2361 наименов. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)

* Периодические издания получены по Гранту и на баланс библиотеки не принимались.

Кафедра, реализующая образовательную программу подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации, обеспечена необходимым комплектом программного обеспечения:

Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows (№ договора ЭФ-193/0503-14, 1800 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Программный комплекс –Microsoft Office (№ договора ЭФ-193/0503-14, 1800 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Программный комплекс – операционная система Microsoft Visio Pro (№ договора ЭФ-193/0503-14, 50 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса (№ лицензии 13C8-140128-132040, 500 users).

Dr.Web® Desktop Security Suite (K3) +ЦУ (АН99-VCUN-TPPJ-6k3L, 415 рабочих станций)

Matlab – коммерческая лицензия №726128, №726130;

КОМПАС 3D v.13 лицензия № 314854068.

7. Образовательные технологии

При реализации ОПОП ВО подготовки кадров высшей квалификации при реализации различных видов учебной работы применяются информационные технологии (использование компьютерных тестирующих средств оценки уровня знаний обучаемых, использование мультимедийного сопровождения лекций, электронных мультимедийных учебных пособий и др.) и интерактивные методы и технологии обучения (лекции-визуализации, тренинг), с учетом содержания дисциплины и видов занятий, предусмотренных учебным планом.

В частности, предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Классическая лекция, предусматривающая систематическое, последовательное, монологическое изложение учебного материала.

2. Лекция-визуализация – передача информации посредством схем, таблиц, рисунков, видеоматериалов, проводится по ключевым темам с комментариями.

При реализации настоящей рабочей программы предусматриваются интерактивные и активные формы проведения занятий, дискуссии по темам исследования и поставленным научным проблемам, использование ролевых игр, мастер-классов экспертов и специалистов, тренингов по написанию научного текста, компьютерные симуляции.

8. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

При изучении дисциплины обучающийся должен посещать все лекции, а также практические занятия. При самостоятельной подготовке обучающийся должен пользоваться не только учебно-методической литературой, но и периодической научной литературой, в частности, журналами «Электросвязь», «Радиотехника», «Известия РАН. Приборостроение» и т.д., а также зарубежной литературой и периодическими изданиями.

Методические указания по выполнению заданий, содержащихся фонде оценочных средств по Части-1 Моделирование, управление и оптимизация телекоммуникационных систем и сетей

1. Теоретические основы построения систем и сетей многоканальной электросвязи: Учебное пособие / И.В. Кузнецов, А.Х. Султанов; – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2015. – 242 с.

Методические указания по выполнению заданий, содержащихся фонде оценочных средств по Части-2 Базовые принципы построения телекоммуникационных систем на основе ВОЛС

1. Оптические измерения в телекоммуникациях: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Оптические системы передачи» / Султанов А. Х., Виноградова И. Л., Салихов А.И., Янышев Ш.Б. // Учеб. пособ. – Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области телекоммуникаций. Уфа: УГАТУ, 2011. – 120 с.

2. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Построение и эксплуатация полностью оптических сетей» / УГАТУ; Сост.: А.Х. Султанов, И.Л. Виноградова. – Уфа, 2008. – 19 с.

Методические указания по выполнению кейс-задачи по Части-3 Широкополосные телекоммуникационные системы

Для составления полного частотного плана сети сотовой подвижной радиосвязи (СПР), т.е. плана внедрения конкретных номиналов частот для каждой из БС, установленных на территории города, необходимо предварительно определить основные параметры этого плана:

- размерность кластера N ;
- число M секторов обслуживания в одной соте ($M = 1$ при $\Theta_{0,5} = 360^\circ$; $M = 3$ при $\Theta_{0,5} = 120^\circ$ и $M = 6$ при $\Theta_{0,5} = 60^\circ$, где $\Theta_{0,5}$ — ширина диаграмм направленности антенн БС);
- число k БС, которые необходимо установить на территории города;
- радиус одной соты R_3 , км;
- уровень мощности передатчика БС $P_{БС}$, дБВт;
- высота подвеса $h_{БС}$, м, антенны БС (высота антенны АС принимается равной $h_{АС} = 1,5$ м).

Перечисленные параметры можно определить, если известны следующие данные:

F — полоса частот, МГц, выделенная для передачи сигналов БС сети СПР в данном городе;

F_k — полоса частот, МГц, занимаемая одним частотным каналом сети СПР;

n_a — число абонентов, которые одновременно могут использовать один частотный канал (для системы NMT $n_a = 1$, для GSM $n_a = 8$);

N_a — число абонентов, которое должна обслуживать сотовая сеть СПР в данном городе;

β — активность одного абонента в час наибольшей нагрузки, Эрл;

P_a — допустимая вероятность блокировки вызова в сотовой сети СПР;

ρ_0 — необходимое защитное отношение для приемников сети СПР;

P_t — процент времени, в течение которого допускается, чтобы отношение сигнал/помеха на входе приемника в сети СПР было меньше защитного отношения ρ_0 ;

S — площадь города, км², а котором развернута сотовая сеть СПР;

α — параметр, дБ, определяющий диапазон случайных флуктуации уровня принимаемого сигнала в месте приема (для сети СПР $\alpha = 4... 10$ дБ);

$P_{АС}$ — чувствительность приемника АС, дБВт;

$G_{БС}$ — коэффициент усиления антенны БС, дБ.

Процедура определения основных параметров частотного плана для сети СПР состоит из восьми этапов.

1. Определяется общее число частотных каналов, выделяемых для развертывания сотовой сети СПР в данном городе:

$$n_k = \text{int}(F/F_k),$$

где $\text{int}(x)$ — целая часть числа x .

2. Вычисляется необходимая размерность кластера при заданных ρ_0 и P_t для чего используется соотношение

$$p(N) = 100 \int_{[\log(1/\beta_s) - \rho_0]/(\alpha_p)}^{\infty} \exp(-t^2/2) dt,$$

Данная формула связывает процент времени $p(N)$, в течение которого отношение сигнал/помеха на входе приемника ЛС ниже защитного отношения ρ_0 . Величины ϵ и α_p зависят от параметров $q = D/R_3 = \sqrt{3N}$, α , а также от M . Процент времени $p(N)$ убывает с ростом N . При заданных ρ_0 , α и $M = 1; 3; 6$ выполняется расчет значений $p(N)$ для нескольких величин N

(т.е. q). Значение N , при котором выполняется условие $p(N) < p_t$, принимается за размерность кластера сети СПР.

3. Находится число частотных каналов, которое используется для обслуживания абонентов в одном секторе одной соты:

$$N_s = \text{int}(n_k / MN).$$

4. Определяется допустимая телефонная нагрузка в одном секторе одной соты,

$$A = \begin{cases} n_0 \left[1 - \sqrt{1 - (p_a \sqrt{\pi n_0 / 2})^{1/n_0}} \right], & p_a \leq 2 / (\pi n_0) \\ n_0 + \sqrt{\pi / 2 + 2 n_0 \ln(p_a \sqrt{\pi n_0 / 2})} - \sqrt{\pi / 2}, & p_a > 2 / (\pi n_0) \end{cases}$$

где $n_0 = n_s n$.

5. Рассчитывается число абонентов, обслуживаемых одной БС при заданной вероятности блокировки,

$$N_{BC} = M \text{int}(A)$$

6. Определяется число БС в сотовой сети

$$K = \text{int}(N_a / N_{BC}).$$

7. Находится радиус одной соты

$$R_3 = \sqrt{S / \pi K}$$

8. Вычисляется P_{BC} при $h_{BC} = \text{const}$, либо h_{BC} при $P_{BC} = \text{const}$,

$$P_{AC} = P_{BC} + G_{BC} - 65,55 - 26,16 \lg(f_{\text{МГц}}) + 13,82 \lg h_{BC} - (44,9 - 6,55 \lg h_{BC}) \lg R_3$$

Таким образом, приведенная процедура позволяет найти все требуемые параметры частотного плана сети СПР. При составлении полного частотного плана необходимо, зная число частотных каналов, приходящихся на каждую БС, и конфигурацию кластера, используемого для построения сотовой сети, определить конкретные номиналы частот, которые выделяются для работы всех БС одного кластера. Причем должны быть сведены к минимуму помехи между сотами, в которых применяются соседние частотные каналы, а также интермодуляционные помехи между частотными каналами, задействованными в одном секторе соты.

Зная число частотных каналов, приходящихся на каждую базовую станцию, формируем группы частот и распределяем номиналы частот. При назначении частот должны быть сведены к минимуму помехи между сайтами, в которых применяются соседние частотные каналы, а также интермодуляционные помехи между частотными каналами, задействованными в одном секторе сайта. Рекомендуются делать минимальный разнос частот в общей стойке БС 800 кГц, а в смежных секторах 400 кГц. Назначение частот будем осуществлять, начиная с TRX-1 БС-735. Примем для этого приемопередатчика частоту передачи, соответствующую крайней частоте для стандарта GSM-1800.

Исходя из этого, имеем следующие номиналы частот, соответствующие минимальной общей полосе частот, занимаемой двумя проектируемыми БС:

Частотный план для БС-734

БС	Сектор	Азимут, град	Приемопередатчик	Частота передачи, МГц	Частота приема, МГц	Номер канала
БС-734	1	70	TRX-0	937,4	892,4	12
			TRX-1	938,2	893,2	16
	2	190	TRX-2	938,8	893,8	19
			TRX-3	939,6	894,6	23
	3	310	TRX-4	935,6	890,6	3
			TRX-5	936,4	891,4	7

Частотный план для БС-735

БС	Сектор	Азимут, град	Приемопередатчик	Частота передачи, МГц	Частота приема, МГц	Номер канала
БС-735	1	70	TRX-0	940,2	895,2	26
			TRX-1	941	896	30
	2	190	TRX-2	939	894	20
			TRX-3	939,8	894,8	24
	3	310	TRX-4	938,6	893,6	18
			TRX-5	939,4	894,4	22

Общая полоса частот, занимаемая двумя проектируемыми БС, составляет 2,4 МГц.

Межсистемная ЭМС для сети сотовой связи стандарта GSM-900/1800 обеспечивается за счет контроля государственными органами – Федеральным агентством по связи и Государственным радиочастотным центром на этапе выдачи разрешений на использование радиочастот. Таким образом, на основании разрешений, различные операторы сотовой связи имеют в распоряжении разные полосы частот. Между полосами частот различных операторов государственными органами устанавливается защитная полоса (один частотный канал). Таким образом, при санкционированном пользовании радиочастотами межсистемные помехи исключены. Стандарт GSM-1800 не подвержен промышленным помехам и помехам от промежуточных частот работы электронных приборов. Помехи на работу сети могут создавать некоторые медицинские приборы, работающие в диапазоне СВЧ.

Данные помехи выявляются в процессе эксплуатации и со стороны РЧЦ принимаются меры к их подавлению или выключению.

9 . Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Аудиторный фонд кафедры телекоммуникационных систем включает как традиционные учебные аудитории, так и специализированные, обеспечивающие проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Специализированные аудитории оснащены современной вычислительной, мультимедийной, проекционной и аудио-видео техникой; оборудованием для системы мониторинга учебного процесса, позволяющего контролировать учебный процесс в режиме реального времени и в режиме записи учебных занятий.

Материально-техническая база обеспечивается наличием:

- лекционных аудиторий с современными средствами демонстрации: 6-401 а) и б), 6-402, 6-403 а), б) и в), 6-404, 6-406, 6-407, 6-512; 6-517;
- кафедральных лабораторий, обеспечивающих реализацию ОПОП ВО: «Компьютерный класс» (6-401 б)); лаборатория «Центр управления полетом микроспутников» (6-402); лаборатория «Полностью оптических систем передач» (6-403 б)); лаборатории «Мультисервисных сетей связи» (6-401 а), 6-403 в), 6-512); лаборатория систем связи (6-403 а)); лаборатория «Телевидения и обработки изображений» (6-406); лаборатория «Антенно-фидерных устройств и радиоизмерений» (6-407);
- студенческое конструкторское бюро (6-404).

Технические установки:

- оборудование сети SDH (MUX STM-1, 4 шт., MUX STM-1,4 (гибкий мультиплексор), 2 шт., MUX STM-16, 1 шт.);
- оборудование сети Ethernet, 6 шт.;
- комплект оборудования CWDM до 10 Гбит/с, 4...8 каналов, 3 компл.;
- комплект оборудования DWDM до 10 Гбит/с, 4 канала, 3 компл.;
- оптические усилители, 2 шт.;
- генератор-частотомер (до 100 МГц), 1 шт.;
- анализатор канала SONET/SDH, 1 шт.;
- анализатор протокола Ethernet, 1 шт.;
- оптический анализатор спектра, 1 шт.;
- оптический анализатор поляризационной модовой дисперсии, 1 шт.;
- оптический анализатор хроматической дисперсии, 1 шт.;
- измеритель ошибок канала E1, 1 шт.;
- комплект оптических волокон по рек. МСЭ-Т G.652, G.655 для имитации регенерационного участка, 1 компл.;
- комплект пассивного оптического оборудования и расходных материалов.

Технические средства обучения:

Компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами, подключенными к сети Internet. Программное обеспечение включает в себя средство разработки чертежей КОМПАС 3D v.13, а также Mathlab, MS Windows XP, Adobe Acrobat Reader, Microsoft Office и другие.

10. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ

согласования рабочей программы

Направление подготовки: 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи
код и наименование

Направленность подготовки (программа): Системы, сети и устройства телекоммуникаций
наименование

Дисциплина: «Модуль: Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Учебный год 2015/2016

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры телекоммуникационных систем
наименование кафедры

протокол № 11 от "29" 06 20 15 г.

Заведующий кафедрой ТС, д.т.н., профессор


подпись

А. Х. Султанов
расшифровка подписи

Исполнители:

профессор кафедры ТС
должность


подпись

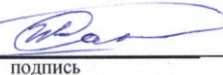
И.Л. Виноградова
расшифровка подписи

профессор кафедры ТС
должность


подпись

И.В. Кузнецов
расшифровка подписи

доцент кафедры ТС
должность


подпись

Р.Р. Жданов
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель НМС по УГСН 110000 Электроника, радиотехника и системы связи

протокол № 2 от "30" 06 20 15 г.


личная подпись

А.Х. Султанов
расшифровка подписи

Библиотека,
директор 

личная подпись

С.Р. Мустаерина
расшифровка подписи

28.08.15
дата

Начальник отдела аспирантуры

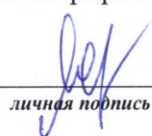

личная подпись

Р.К. Фаттахов
расшифровка подписи

28.08.15
дата

Рабочая программа зарегистрирована в ООПМА и внесена в электронную базу
данных

Начальник


личная подпись

И.А. Лакман
расшифровка подписи

4.09.15
дата