МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е. Троян
«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ОПТИЧЕСКИЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

Уровень основной образовательной программы: Бакалавриат
Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль: Оптические системы и сети связи
Форма обучения: очная
Факультет: Радиотехнический
Кафедра: Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧ и КР)
Курс: 4 **Семестр:** 7, 8

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции							36	16	52	часов
2.	Лабораторные работы							10	24	34	часов
3.	Практические занятия							24	22	46	часов
4.	Курсовой проект/работа								10	10	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)							70	72	142	часов
6.	Самостоятельная работа студентов (СРС)							38	108	146	часов
7.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)							108	180	288	часов
8.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена							36	36	72	часов
9.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)							144	216	360	часов
	(в зачетных единицах)							4	6	10	ЗЕТ

Экзамен: 7, 8 семестр

Курсовое проектирование: 8 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 5000

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 4 от « 24 » 11 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень бакалавриата)", утвержденного Приказом Минобрнауки России 06 марта 2015 г. №174, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «__» _____ 2016 г., протокол № __

Разработчик
Доцент каф. СВЧ и КР _____ А.С. Перин
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой СВЧ и КР _____ С.Н. Шарангович
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей, обеспечивающей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан РТФ _____ К.Ю. Попова
(название факультета) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей
кафедрой СВЧ и КР _____ С.Н. Шарангович
(название кафедры) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. обеспечивающей и
выпускающей
кафедрой СВЧ и КР _____ С.Н. Шарангович
(название кафедры) (подпись) (Ф.И.О.)

Эксперты:

Доцент кафедры ТОР _____ С.И. Богомолов__
(место работы, занимаемая должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Проф. кафедры СВЧ и КР _____ А.Е. Мандель____
(место работы, занимаемая должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Согласована на портале № 5000

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Целью преподавания дисциплины является изучение процессов формирования, передачи и обработки сигналов, происходящих в оптических цифровых телекоммуникационных системах. Кроме того, целью преподавания дисциплины является ознакомление с российскими и международными стандартами в области оптических телекоммуникаций и перспективами их развития.

Задачами преподавания дисциплины являются:

- изучение общих принципов построения и функционирования аппаратуры оптических цифровых волоконно-оптических систем передачи (ЦВОСП),
- изучение организации цифровых волоконно-оптических линейных трактов (ЦВОЛТ) и оптических транспортных сетей,
- изучение методов расчета параметров каналов и трактов, организованных в ЦВОСП, а также вопросов их технической эксплуатации и проектирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:

Данная дисциплина является обязательной дисциплиной вариативной части (Б1.В.ОД.7).

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов (ПК-8);
- умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных (ПК-9).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- принципы построения и функционирования основных узлов оконечной и линейной аппаратуры оптических цифровых телекоммуникационных систем передачи, а также технологии мультиплексирования, используемые в ЦВОСП;
- виды специализированной измерительной аппаратуры;
- отраслевые стандарты связи и рекомендации МСЭ-Т, а также терминологию оптических телекоммуникационных систем передачи;

уметь:

- пользоваться справочными характеристиками при проектировании сетей доступа и транспортных сетей ЕСЭ РФ;
- собирать, анализировать исходные данные и квалифицированно проводить расчеты наиболее важных параметров цифровых волоконно-оптических линейных трактов;
- теоретически и экспериментально оценивать качество передачи информации по цифровым волоконно-оптическим линейным трактам;

владеть:

- навыками работы со специализированной контрольно-измерительной аппаратурой, используемой в оптических цифровых телекоммуникационных системах,
- готовностью к созданию условий для развития российской инфраструктуры связи, обеспечения ее интеграции с международными сетями связи; готовностью содействовать внедрению перспективных технологий и стандартов;

Согласована на портале № 5000

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Аудиторные занятия (всего)	142							70	72
В том числе:									
Лекции	52							36	16
Лабораторные работы (ЛР)	34							10	24
Практические занятия (ПЗ)	46							24	22
Семинары (С)									
Коллоквиумы (К)									
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)	10								10
Другие виды аудиторной работы									
Самостоятельная работа (всего)	146							38	108
В том числе:									
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)	54								54
Проработка теоретического материала и контрольные работы	28							18	10
Реферат									
Другие виды самостоятельной работы									
Подготовка к практическим занятиям (семинарам)	30							10	20
Подготовка к лабораторным работам	34							10	24
Подготовка к экзамену									
Вид аттестации (зачет, экзамен)								экз	экз
Общая трудоемкость час.	360							144	216
Зачетные Единицы Трудоемкости	10							4	6

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лаборат. занятия	Практич. занятия	Курсовой П/Р (КРС)	Самост. работа студента	Всего час. (без экзам)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
	7 семестр							
1.	Структура цифровых оптических телекоммуникационных систем передачи	4				2	6	ПК-8, ПК-9
2.	Технологии мультиплексирования	4	6	4		10	24	ПК-8, ПК-9
3.	Плезиохронные и синхронные цифровые иерархии.	6	4	4		9	23	ПК-8, ПК-9
4.	Системы синхронизации и управления	6		8		6	20	ПК-8, ПК-9
5.	Цифровые волоконно-оптические линейные тракты	8		8		7	23	ПК-8, ПК-9
6.	Аппаратура цифровых оптических телекоммуникационных систем передачи	8				4	12	ПК-8, ПК-9
	Всего в 7 семесте	36	10	24		38	108	
	8 семестр							
5	Цифровые волоконно-оптические линейные тракты		8			8	16	ПК-8, ПК-9
6	Аппаратура цифровых оптических телекоммуникационных систем передачи		4	6		10	20	ПК-8, ПК-9
7.	Интерфейсы и нормирование основных параметров качества передачи	6	4	6		13	29	ПК-8, ПК-9
8.	Основы технической эксплуатации и проектирования	8	8	10	10	76	112	ПК-8, ПК-9
9.	Перспективы развития оптических телекоммуникационных систем	2				1	3	ПК-8, ПК-9
	Всего в 8 семестре	16	24	22	10	108	180	
	Итого	52	34	46	10	146	288	

Согласована на портале № 5000

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
		7 семестр	**36** час.	
1.	Структура цифровых оптических телекоммуникационных систем передачи	Введение. Виды и классификация ЦВОСП. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования сигнала. Кодеки ИКМ. Обобщенная структурная схема цифровых оптических систем передачи. Понятие цифрового оптического линейного тракта. Структура информационного оборудования оконечной и промежуточной станций цифрового оптического линейного тракта.	4	ПК-8, ПК-9
2.	Технологии мультиплексирования	Способы мультиплексирования цифровых потоков. Синхронное мультиплексирование, понятие о временном сдвиге, структура оборудования синхронного мультиплексирования. Асинхронное мультиплексирование, одно- и двустороннее согласование скоростей передачи объединяемых потоков. Структура оборудования асинхронного мультиплексирования. Технология спектрального мультиплексирования (WDM).	4	ПК-8, ПК-9
3.	Плезиохронные и синхронные цифровые иерархии.	Иерархический принцип построения цифровых систем передачи. Плезиохронные цифровые иерархии (ПЦИ), их особенности. Синхронная цифровая иерархия (СЦИ), принцип формирования транспортных структур СЦИ, топологии сети СЦИ и схемы резервирования транспортных потоков.	6	ПК-8, ПК-9
4.	Системы синхронизации и управления	Виды синхронизации в ЦВОСП. Тактовая синхронизация, работа выделителя тактовой частоты (ВТЧ), фазовые флуктуации выделенного синхросигнала, способы улучшения параметров ВТЧ. Цикловая и сверхцикловая синхронизация. Система тактовой синхронизации СЦИ. Структура системы управления. Функции системы управления.	6	ПК-8, ПК-9
5.	Цифровые волоконно-оптические линейные тракты	Особенности передачи сигналов электросвязи по оптическим линейным трактам, методы модуляции и демодуляции оптической несущей. Структура цифровых волоконно-оптических линейных трактов (ЦВОЛТ). Основные компоненты волоконно-оптических линейных трактов и их характеристики. Одноволоконные и двухволоконные схемы организации линейных трактов. Линейные коды ЦВОЛТ и оценка их параметров. Помехи и искажения в линейных трактах. Принципы регенерации цифровых оптических сигналов и оценка помехоустойчивости регенераторов. Многоканальные волоконно-оптические линейные тракты со спектральным разделением.	8	ПК-8, ПК-9
6.	Аппаратура цифровых оптических телекоммуникационных систем передачи	Аппаратура ПЦИ и СЦИ. Функциональные модули аппаратуры: мультиплексоры, регенераторы, коммутаторы и др. Аппаратура волоконно-оптических систем передачи со спектральным разделением (ВОСП-СР) и её функциональные модули: транспондеры, оптические мультиплексоры и демультиплексоры, мультиплексоры ввода/вывода, усилители и др.	8	ПК-8, ПК-9
		8 семестр	**16** час	
7.	Интерфейсы и нормирование основных параметров качества передачи	Интерфейс ОЦК и его параметры. Основные параметры сетевых интерфейсов. Комплекс параметров качества передачи. Целевые и эксплуатационные нормы.	6	ПК-8, ПК-9
8.	Основы технической эксплуатации и проектирования	Общие принципы организации, методы и виды технического обслуживания. Основные показатели технического обслуживания. Принципы проектирования ЦВОСП. Оценка протяженности участка ретрансляции при ограничении затуханием и дисперсионными искажениями.	8	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 5000

9.	Перспективы развития оптических телекоммуникационных систем	Когерентные волоконно-оптические системы передачи. Понятие о транспортных сетях нового поколения. Принципы построения фотонных телекоммуникационных сетей. Понятие о солитонных волоконно-оптических линиях.	2	ПК-8, ПК-9

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины										
1	Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства		+	+	+	+	+			+
2	Оптические направляющие среды					+	+	+	+	
3	Схемотехника оптических приемных устройств					+	+			
4	Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС					+		+	+	
5	Метрология в оптических телекоммуникационных системах							+	+	
6	Структурированные кабельные системы			+	+			+		
Последующие дисциплины										
1	Многоволновые оптические системы связи		+			+	+			

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля по всем видам занятий
	Л	Лаб	Пр	КР/КП	СРС	
ПК-8	+	+	+	+	+	Конспект. Отчет по практической и лабораторной работе. Защита КП. Экзамен
ПК-9	+		+	+	+	Конспект. Отчет по практической работе. Защита КП. Экзамен

Л – лекция, Пр – практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – самостоятельная работа студента

6. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (34 час.)	ОК, ПК
		7 семестр	**34** час	
1	1, 2, 3, 4	Моделирование процессов формирования первичного группового потока в цифровых волоконно-оптических системах передачи	6	ПК-8, ПК-9
2	5	Исследование характеристик лазерных диодов для цифровых ВОСП	4	
3	5	Исследование акустооптических модуляторов оптического излучения	6	
4	5	Исследование работы фотоприёмного устройства волоконно-оптической системы связи методом математического моделирования	6	
5	7, 8	Конфигурация сети на основе аппаратуры ЦВОЛТ	6	

Согласована на портале № 5000

		"Транспорт-8х30"		
6	8	Исследование коэффициента ошибок в ЦВОЛТ "Транспорт-8х30"	6	

7. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№	Раздел дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (**46** час.)	Компе-тенции ОК, ПК
		7 семестр	**24** час.	
1	2	Расчет устройств дискретизизации, аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования сигналов в ЦСП	4	ПК-8, ПК-9
2	3	Расчет параметров системы группирования цифровых потоков	4	ПК-8, ПК-9
3	4	Оценки параметров систем тактовой и цикловой синхронизации	8	ПК-8, ПК-9
4	5	Кодирование в ВОСП. Оценка предельных парамеров ВОСП на основе данных об искажениях сигналов и помехах в цифровых волоконно-оптические линейных трактах	8	ПК-8, ПК-9
		8 семестр	**22** час.	
5	6	Расчет акустооптического фильтра для сети со спектральным уплотнением Оптимальные приемники в ВОСП	6	ПК-8, ПК-9
6	7	Расчет шумовых параметров и порога чувствительности фотоприемных устройств на pin- фотодиодах и лавинных фотодиодах ЦВОСП	6	ПК-8, ПК-9
7	8	Расчет вероятностей и коэффициента ошибок в регенераторе для случаев нормальных. пуассовских и условно- пуассоновских шумов.	10	ПК-8, ПК-9

8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы	Трудо-емкость (**146** час.)	Компе-тенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
		7 семестр	**38** час.		
1.	1,2,3,4,5	Проработка теоретического материала. Темы контрольных работ: 1. Структура цифровых оптических систем передачи 2. Алгоритмы и методы цифровой обработки сигналов 3. Принципы временного группообразования. Системы синхронизации ЦВОСП	18	ПК-8, ПК-9	Конспект. Контрольные работы. Экзамен.
2.	2,3,4,5.	Подготовка к практическим занятиям. Темы расчетных заданий: 1. Расчет помехоустойчивости цифровых линейных регенераторов 2. Расчет характеристик приемного оптического модуля	10	ПК-8, ПК-9	Опрос. Расчетные задания. Презентация, выступление на семинаре. Экзамен.
4.	2,3	Подготовка к лабораторным работам	10	ПК-8, ПК-9	Допуск и отчет по ЛР. Экзамен
		8 семестр	**108** час.		

Согласована на портале № 5000

1	6,7,8,9	Проработка теоретического материала. Темы: Темы контрольных работ: 1. Линейные коды ЦВОЛТ и оценка их параметров 2. Регенерация сигналов в ЦВОЛТ 3. Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП	10	ПК-8, ПК-9	Конспект. Контрольные работы. Экзамен.
2	6,7,8	Подготовка к практическим занятиям. Темы расчетных заданий: 1. Расчет волоконно-оптического усилителя 2. Расчет длины регенерационного участка. маги стральной ЦВОСП	20	ПК-8, ПК-9	Опрос. Расчетные задания. Презентация, выступление на семинаре. Экзамен.
3	5,6,7,8	Подготовка к лабораторным работам	24	ПК-8, ПК-9	Допуск и отчет по ЛР. Экзамен
4	8	Курсовое проектирование: 5 раздел - 10 час., 6 раздел -10 час., 7 раздел - 10 час., 8 раздел -24 час.	54	ПК-8, ПК-9	Устный отчет на консультациях по КП. Защита КП

9. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

В течение 8 семестра студенты выполняют курсовой проект, связанный с теоретическим исследованием и анализом процессов в устройствах и функциональных узлах групповых трактов ВОСП, оптимизацией на этой основе рассматриваемых устройств и узлов, проектированием элементов, устройств и узлов аппаратуры оптической связи, проектированием трактов на основе систем с временным, спектральным и частотным уплотнением каналов оптической связи.

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Проектирование каналов и трактов на оборудовании ВОСП СЦИ;
2. Проектирование внутризоновой ВОСП со спектральным разделением каналов;
3. Проектирование магистральной ВОСП на основе технологии CWDM, DWDM, HWDM;
4. Проектирование мультисервисной оптической сети передачи на основе технологии GEPON.

10. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Методика текущего контроля освоения дисциплины

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на бально- рейтинговой системы оценки успеваемости , действующей с 2009 г., которая включает **текущий** контроль выполнения элементов обьема дисциплины по элементам контроля (п.7) с подведением текущего рейтинга и **итоговый** контроль.

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$KTx\big|_{x=1,2} = \frac{(Сумма_баллов,_набранная_к_KTx)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}.$$

Итоговый контроль освоения дисциплины в 7,8 семестрах осуществляется на экзамене по традиционной пятибалльной шкале. Обязательным условием перед сдачей экзамена является выполнение студентом необходимых по рабочей программе для дисциплины видов занятий: выполнение и защита результатов лабораторных работ, сдача контрольных работ.

Экзаменационный билет содержит два вопроса и задачу. Максимальная оценка за каждый вопрос и задачу составляет 10 баллов, . Максимальная экзаменационная оценка составляет 30

Согласована на портале № 5000

баллов. Экзаменационная составляющая менее 10 баллов – несдача экзамена, требует повторной пересдачи в установленном порядке.

Формирование итоговой суммы баллов в 7,8 семестре осуществляется путем суммирования семестровой (до 70 баллов) и экзаменационной составляющих (до 30 баллов).

Итоговый контроль освоения дисциплины в 8 семестре для курсового проекта: отчетная составляющая (до 30 баллов) выставляется преподавателем по результатам защиты проекта. При наборе отчетной составляющей менее 10 баллов, она приравнивается к нулю. В этом случае курсовой проект подлежит повторной защите в установленном университетом порядке.

Формирование итоговой суммы баллов в 8 семестре для курсового проекта осуществляется путем суммирования семестровой (до 70 баллов) и отчетной составляющих (до 30 баллов).

7,8 семестры

Таблица 10.1 Распределение баллов в течение семестра

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	3	3	4	**10**
Тестовые контрольные работы на практических занятиях	8	8	8	**24**
Выполнение и защита результатов лабораторных работ		12	12	**24**
Компонент своевременности	4	4	4	**12**
Итого максимум за период:	**15**	**27**	**28**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**15**	**42**	**70**	**100**

8 семестр

Таблица 10.2 Применение рейтинговой системы при выполнении курсового проекта

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Получение задания на курсовой проек (КП)	**4**		**4**
Подбор и обзор литературы для работы	**12**		**12**
Выполнение расчетов, необходимых для выполнения задания к КП	**14**	**4**	**18**
Построение необходимых графиков		**12**	**12**
Полное оформление проекта		**12**	**12**
Компонент своевременности	**6**	**6**	**12**
Итого максимум за период:	**36**	**34**	**70**
Нарастающим итогом	**36**	**70**	**70**
Защита курсового проекта			**30**
Итого			**100**

Согласована на портале № 5000

Таблица 10.3 Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	**5**
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	**4**
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	**3**
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	**2**

Таблица 10.4 Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	**90 - 100**	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	**85 – 89**	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	**65 – 69**	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	**Ниже 60 баллов**	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 5000

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

11.1.Основная литература

1. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2010. – 266 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=682
2. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей учебное пособие для вузов / Е.Б. Алексеев [и др.]; ред.: В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012 – 392 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **10**).

11.2. Дополнительная литература

1. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия, 2005. - 416 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **80)**
2. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др. Ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая линия, 2003. - 231 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **47**)
3. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2006. - 495 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **14**)
4. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 136 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **20**)
5. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов/ В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко и др. Ред. В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия, 2004. – 510 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **6**)
6. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: (наличие в библиотеке ТУСУР - **40**).
7. Довольнов Е. А., Шарангович С. Н., Миргород В. Г. и Кузнецов В. В. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. – 156 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/739

11.3. Перечень методических указаний по лабораторным работам, практическим занятиям, курсовому проектированию и самостоятельной работе

1. Проектирование оптических цифровых телекоммуникационных систем: [Электронный ресурс] учебно-методическое пособие по курсовому проектированию // Коханенко А.П., Шарангович С.Н. / Под ред. С.Н. Шаранговича – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2016. - 120 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/745
2. Оптические цифровые телекоммуникационные системы: [Электронный ресурс] учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе // Коханенко А.П., Шарангович С.Н. / Под ред. С.Н. Шаранговича – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 79 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/744
3. Моделирование процессов формирования первичного группового потока в цифровых волоконно-оптических системах передачи: [Электронный ресурс] методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Оптические цифровые телекоммуникационные системы» / С. Н. Шарангович, Н. П. Глущенко: – Томск: ТУСУР, 2011. – 24 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/76
4. Исследование характеристик лазерных диодов для цифровых ВОСП: [Электронный ресурс] Методические указания к выполнению лабораторной работы / Задорин А. С. Томск : ТУСУР, – 2011. 17 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/84

Согласована на портале № 5000

5. Исследование акустооптических модуляторов оптического излучения: [Электронный ресурс] Руководство к лабораторной работе для студентов / Задорин А. С. Томск : ТУСУР, – 2011. 17 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/77
6. Исследование работы фотоприёмного устройства волоконно-оптической системы связи методом математического моделирования: [Электронный ресурс] Методические указания к выполнению лабораторной работы / Шандаров В. М. – 2011. 12 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/85
7. Конфигурация сети на основе аппаратуры ЦВОЛТ "Транспорт-8х30": [Электронный ресурс] руководство к лабораторной работе для студентов специальности 210401 / А. П. Коханенко, С. Н. Шарангович Томск: ТУСУР, 2011. - 20 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/82
8. Исследование коэффициента ошибок в ЦВОЛТ "Транспорт-8х30": [Электронный ресурс] руководство к лабораторной работе для студентов специальности 210401 - Физика и техника оптической связи / Е. С. Черкашин, А. П. Коханенко, С. Н. Шарангович - Томск : ТУСУР, 2011. - 22 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/80
9. ОС ТУСУР 01-2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/education/documents/inside/tech_01-2013_new.pdf

12 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Учебные лаборатория (ауд. 329б, ауд. 329а) оборудованы необходимыми установками и приборами для проведения лабораторных работ по дисциплине ОЦТС.

Вычислительная лаборатория (ауд. 337б), кафедры СВЧ и КР оборудованы персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть каф. СВЧ и КР с выходом в Интернет.

14. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

Согласована на портале № 5000

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е. Троян
«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«ОПТИЧЕСКИЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

Уровень основной образовательной программы: Бакалавриат
Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль: Оптические системы и сети связи
Форма обучения: очная
Факультет: Радиотехнический
Кафедра: Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧ и КР)
Курс: 4 **Семестр:** 7, 8

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов

Разработчик:
- доцент каф. СВЧ и КР Перин А. С.

Экзамен: 7, 8 семестр
Курсовое проектирование: 8 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 5000

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Оптические цифровые телекоммуникационные системы» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине «Оптические цифровые телекоммуникационные системы» используется при проведении текущего контроля успеваемости (контрольные точки) и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Оптические цифровые телекоммуникационные системы» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной «Оптические цифровые телекоммуникационные системы» компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-8	умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов	**знать**: – отраслевые стандарты связи и рекомендации МСЭ-Т, а также терминологию оптических телекоммуникационных систем передачи; – классификацию цифровых волоконно-оптических систем передачи; – принципы построения и работы блоков и устройств волоконно-оптических линейных трактов и их характеристики; **уметь**: – собирать, анализировать исходные данные и квалифицированно проводить расчеты наиболее важных параметров цифровых волоконно-оптических линейных трактов; – пользоваться справочными характеристиками при проектировании сетей доступа и транспортных сетей ЕСЭ РФ; **владеть**: – навыками работы со специализированной контрольно-измерительной аппаратурой, используемой в оптических цифровых телекоммуникационных системах;
ПК-9	умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных	**знать**: – физические и теоретические основы передачи сигналов электросвязи по оптическим линейным трактам, методы модуляции и демодуляции оптической несущей; **уметь**: – выполнять расчеты, теоретически и экспериментально оценивать качество передачи информации по цифровым волоконно-оптическим линейным трактам; – проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических приемо-передающих модулей; **владеть**: – методами анализа и расчета основных функциональных узлов оптических цифровых линейных трактов; – навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования приемо-передающих модулей оптических систем связи;

Согласована на портале № 5000

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-8

ПК-8: умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	– отраслевые стандарты связи и рекомендации МСЭ-Т, а также терминологию оптических телекоммуникационных систем передачи; – классификацию цифровых волоконно-оптических систем передачи; – принципы построения и работы блоков и устройств волоконно-оптических линейных трактов и их характеристики;	– собирать, анализировать исходные данные и квалифицировано проводить расчеты наиболее важных параметров цифровых волоконно-оптических линейных трактов; – пользоваться справочными характеристиками при проектировании сетей доступа и транспортных сетей ЕСЭ РФ;	– навыками работы со специализированной контрольно-измерительной аппаратурой, используемой в оптических цифровых телекоммуникационных системах;
Виды занятий	• Лекции • Практические занятия • Самостоятельная работа	• Лекции • Практические занятия • Контроль самостоятельной работы (курсовой проект)	• Лекции • Лабораторные занятия.
Использ	• Конспект самоподготовки	• Расчетная работа	• Отчет по лабораторной

Согласована на портале № 5000

уемые средства оценивания	• Контрольная работа • Зачет • Экзамен	• Отчет по лабораторной работе • Защита курсовых проектов	работе • Защита лабораторной работы

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	– знает различные технические решения по повышению качества передачи информации и снижению опасных и мешающих влияний в цифровых волоконно-оптических системах передачи (ЦВОСП);	– свободно рассчитывает параметры каналов и групповых трактов, организованных посредством ЦВОСП;	– владеет навыком самостоятельного анализа и сбора информации для формирования исходных данных при проектировании средств и сетей связи и их элементов;
Хорошо (базовый уровень)	– знает принципы построения телекоммуникационных систем различных типов и распределения информации в оптических сетях связи;	– умеет рассчитывать основные параметры цифровых волоконно-оптических линейных трактов;	– владеет навыками работы со специализированной литературой, используемой при проектировании оптических цифровых телекоммуникационных систем;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	– дает определения основных параметров и характеристик систем и сетей связи; – знает основные методы решения типовых задач по расчету ВОСП	– умеет работать со справочной литературой; – использует приборы, указанные в описании лабораторной работы; – умеет представлять результаты своей работы;	– демонстрирует уверенные знания терминологии и функционального предназначения отдельных узлов ЦВОСП;

2.2 Компетенция ПК-9

ПК-9: умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть

Согласована на портале № 5000

Содержание этапов	– физические и теоретические основы передачи сигналов электросвязи по оптическим линейным трактам, методы модуляции и демодуляции оптической несущей;	– выполнять расчеты, теоретически и экспериментально оценивать качество передачи информации по цифровым волоконно-оптическим линейным трактам; – проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических приемо-передающих модулей;	– методами анализа и расчета основных функциональных узлов оптических цифровых линейных трактов; – навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования приемо-передающих модулей оптических систем связи;
Виды занятий	• Лекции • Практические занятия • Самостоятельная работа	• Лекции • Лабораторные занятия • Самостоятельная работа	• Лекции • Лабораторные занятия • Самостоятельная работа
Используемые средства оценивания	• Конспект самоподготовки • Контрольная работа • Зачет • Экзамен	• Расчетная работа • Отчет по лабораторной работе	• Отчет по лабораторной работе • Защита лабораторной работы • Защита курсовых проектов

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	– обладает знаниями о функциональности современных типовых оптических цифровых телекоммуникационных систем; – математически обосновывает выбор метода и план решения задачи по проектированию сетей связи;	– умеет проводить технико-экономические обоснования предлагаемых технических решений и расчетов с использованием современных подходов и методов – свободно применяет методы построения функциональных и информационно-логических моделей оптических цифровых телекоммуникационных систем;	– способен самостоятельно организовать процесс разработки проекта ЦВОСП; использовать нормативную и правовую документацию (технические регламенты; международные и национальные стандарты, терминологию, нормы ЕСКД и т.д.;
Хорошо (базовый уровень)	– имеет представление о стадиях и этапах проектирования оптических цифровых телекоммуникационных систем;	– самостоятельно подбирает методы проектирования ЦВОСП, устройств и блоков с технико-экономическим обоснованием принимаемых решений;	– способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования;
Удовлетвори	– понимает	– умеет работать со справочной	– владеет терминологией

Согласована на портале № 5000

тельно (пороговый уровень)	теоретические основы и основные подходы к проектированию оптических цифровых телекоммуникационных систем;	литературой; – использует приборы, указанные в описании лабораторной работы; – умеет представлять результаты своей работы;	в области проектирования сетей связи;

Согласована на портале № 5000

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Вопросы на самоподготовку

1. Блок схема линейного регенератора.
2. Виды помех и искажений. Коррекция помех.
3. Инжекционная люминесценция. Спектр излучения.
4. Внутренняя и внешняя квантовая эффективность.
5. Светодиод Барраса.
6. Гетероструктура, основные свойства.
7. Полезные свойства ДГС.
8. Светодиод Барраса на ДГС.
9. Светодиод на ДГС с торцевым излучением.
10. Пороговое условие генерации полупроводникового лазера.
11. Лазеры на ДГС.
12. Спектр излучения лазеров на ДГС.
13. Лавинные фотодиоды, их характеристики и область применения.
14. Шумы в фотоприемниках. Эквивалентные шумовые полосы различных источников шума.
15. Оптимальные приемники в случае пуассоновских шумов.
16. Фоточувствительность детекторов. Основные процессы, определяющие токовую чувствительность p-i-n фотодиода.
17. Полоса усиления п/п усилителей.
18. Учет вклада неосновных носителей в токовую чувствительность p-i-n фотодиода.
19. Погонный коэффициент усиления и полоса усиления в ВОУ.
20. Быстродействие фотодетекторов.
21. Шумы в фотодетекторах и их пороговая фоточувствительность.
22. Помехоустойчивость цифровых ВОСП. Вероятность ошибок в принятии решений в случае гауссовых шумов.
23. Принцип действия и пороговые характеристики п/п инжекционных лазеров.
24. Оценка качества работы регенератора методом глаз-диаграммы.
25. Мощность излучения и КПД п/п лазеров. Их временные характеристики.
26. Эквивалентные схемы и методика расчет уровня сигнала на выходе цифрового фотоприемника.
27. Практические схемы ВОУ и их характеристики.
28. Оценка помехоустойчивости ВОСП при учете шумов фотоприемника с прямоугольной импульсной характеристикой.
29. Оценка помехоустойчивости ВОСП в условиях флуктуаций интенсивности оптического сигнала.
30. Уравнения для сигнальной волны в ВОУ.
31. Максимальный коэффициент усиления в ВОУ и условия его получения.

3.2 Темы контрольных работ

1. **Структура цифровых оптических систем передачи.**
   1.1 Обобщенная структурная схема оптических систем передачи.
   1.2 Понятие оптического линейного тракта.
   1.3 Структура информационного оборудования оконечной и промежуточной станций оптического линейного тракта.

Согласована на портале № 5000

1.4 Одноволоконные и двухволоконные схемы организации двухсторонней связи.
1.5 Приемопередатчик первичной ЦВОСП, устройство и назначение его узлов. Кодеки с линейной и нелинейной амплитудной характеристикой.
1.6 Генераторное оборудование. Формирователь линейного сигнала, его структура и алгоритм работы.
1.7 Приемопередатчик дискретной информации (ДИ), методы ввода и вывода ДИ в аппаратуре ИКМ.
1.8 Полная структурная схема оконечной станции первичной ЦВОСП.

2. Алгоритмы и методы цифровой обработки сигналов.

2.1 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования сигнала. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ). Нелинейное квантование сигнала по уровню. Адаптивные дифференциальные методы модуляции: АДИКМ, адаптивная дельта-модуляция (АДМ).
2.2 Помехи квантования и ограничения сигнала по уровню, выбор метода формирования и определение параметров амплитудной характеристики квантующего устройства.
2.3 Помехи квантования и ограничения сигнала по уровню, выбор метода формирования и определение параметров амплитудной характеристики квантующего устройства.

3. Принципы временного группообразования. Системы синхронизации ЦВОСП.

3.1 Определение понятия цикла передачи.
3.2 Структура цикла передачи первичной цифровой системы передачи. Сверхцикл передачи.
3.3 Способы объединения цифровых потоков.
3.4 Синхронное объединение потоков, понятие о временном сдвиге, структура оборудования синхронного временного группообразования (ВГ).
3.5 Асинхронное объединение потоков, понятие о временной неоднородности, одно и двухстороннее согласование скоростей передачи объединяемых потоков.
3.6 Фазовые флуктуации при ВГ.

4. Линейные коды ЦВОЛТ и оценка их параметров.

4.1 Общие сведения о кодировании сигналов в цифровых системах передачи.
4.2 Линейные и стыковые коды. Требования к линейным кодам в ВОСП и критерии их выбора.
4.3 Типы линейных кодов и их основные параметры.
4.4 Линейные коды класса 1B2B. Коды NRZ, RZ, BI-L, BI-S, DBI, CMI, EP-1, EP-2, код Миллера, их алгоритмы образования, спектральные и временные характеристики.
4.5 Цифровые суммы кодов и применения текущих цифровых сумм в алгоритмах контроля ошибок на линии.
4.6 Области применения различных кодов класса 1B2B.
4.7 Блочные коды mBnB, принципы их формирования и возможные алгоритмы образования.
4.8 Характеристики блочных кодов, используемых в высокоскоростных волоконно-оптических системах связи.
4.9 Преобразования стыковых и линейных кодов в ВОСП.

5. Регенерация сигналов в ЦВОЛТ. Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП.

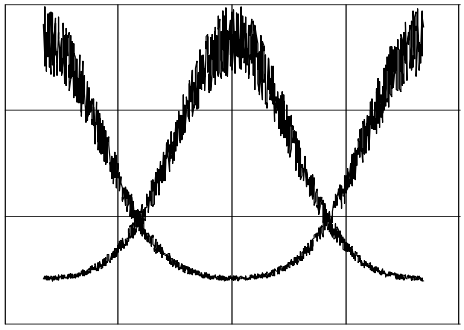
5.1 Принципы регенерации цифровых оптических сигналов.
5.2 Помехи и искажения в каналах и трактах ЦВОСП.
5.3 Структура линейного регенератора ЦВОЛТ.
5.4 Применение оптических усилителей на участках регенерации.
5.5 Помехоустойчивость линейного регенератора ЦВОЛТ при двухуровневом линейном кодировании.
5.6 Оценка помехоустойчивости регенератора с использованием глаз-диаграммы.

Согласована на портале № 5000

3.3 Темы расчетных работ

1. **Скремблирование сигналов в цифровых ВОСП.**
   Пример задачи для расчёта:
   1. Цифровой поток в NRZ коде 000000001111111111 далее скремблирован М-последовательностью, построенной на основе примитивного полинома GF(31). Нарисуйте схему скремблера и приведите цифровой поток после скремблирования. Почему М-последовательность называют псевдослучайным сигналом?
   2. Скремблированный фрейм цифрового потока имеет вид: 01100101100101101101001010000111010110011. Определить цифровой код на выходе дескремблера, построеного на основе примитивного полинома GF(15). Нарисуйте схему дескремблера. Что общего между М-последовательностью и белым шумом?
2. **Моделирование работы аналоговых ВОСП.**
   Пример задачи для расчёта:
   1. Передача аналогового сигнала по ВОСП осуществляется по SMF-ОВ с несмещенной дисперсией длиной L=90 км. путем модуляции интенсивности на частоте f_0=2.5 ГГц. в полосе частот Δf=1000 МГц. Светочувствительным элементом ПРОМ является *p-i-n* диод, работающий при комнатной температуре с квантовой эффективностью η=0.9, темновым током i_{tt}=2 *нА* и нагруженным на сопротивление R=1 *МОм*. Мощность оптического сигнала, генерируемого лазерным источником с шириной линии излучения Δν =10 ГГц. на длине волны λ=1.15 мкм. равна 10 дБм. Уровень шумов интенсивности ЛД определяется коэффициентом RIN=10^{-15}. Коэффициент шума предварительного усилителя А-ВОСП равен 2. Определить динамический диапазон А-ВОСП при минимально допустимом уровне отношения сигнал/шум равном ρ=0дБ., если коэффициент отражения оптического сигнала на обоих концах ОВ равен 1 проценту. Какой вид шума является определяющим в системе? Как изменится *D* если длину линии уменьшить вдвое?
3. **Помехоустойчивость цифровых линейных регенераторов.**
   Пример задачи для расчёта:
   1. Цифровой сигнал в форме NRZ – кода передается по ВОЛС со скоростью $B = 10^6$ бит/с методом модуляции на длине волны λ=0.85 мкм. После преобразований в линии этот импульс на входе ПРОМ приобретает гауссову форму с параметром α = 0,1. Полагая, что сквозная АЧХ ПРОМ имеет вид “приподнятого косинуса”, оценить чувствительность ПРОМ для коэффициента битовых ошибок $p_{ОШ} = 10^{-6}$, считая, что основной ПУ является интегрирующим усилителем, в первом каскаде которого используется *Si* – ПТШ. Светочувствительным элементом ПРОМ является *p-i-n* диод, работающий при комнатной температуре с квантовой эффективностью $\eta = 0{,}8$, темновым током $i_{TT} = 10$ *нА* и нагруженным на сопротивление R=1 *МОм*. Оценить номиналы элементов ПШК, полагая, что емкость ФД и входного каскада ПУ равна 5пФ.
4. **Помехоустойчивость цифровых ВОСП.**
   Пример задачи для расчёта:
   1. Линейный STM-1 сигнал (λ=1.55 мкм.) передается по зоновой ЦВОСП, построенной на основе SMF-ОВ с нулевой дисперсией длиной 500 км. Глаз-диаграмма сигнала на выходе ПРОМ с предварительным усилителем, выполненным на основе *Si*

Согласована на портале № 5000

Рис.1. 

на основе *Si* – ПТШ, приведена на рис.1. Считая, что сквозная АЧХ ПРОМ *H*(*f*) имеет вид «приподнятого косинуса», оценить уровень коэффициента ошибок данной системы. Укажите уровень порогового напряжения (в относительных единицах), обеспечивающего минимальный уровень BER. Удовлетворяет ли указанная ВОСП существующим нормам?

3.4 Темы лабораторных работ

1. Моделирование процессов формирования первичного группового потока в цифровых волоконно-оптических системах передачи.
2. Исследование характеристик лазерных диодов для цифровых ВОСП.
3. Исследование акустооптических модуляторов оптического излучения.
4. Исследование работы фотоприёмного устройства волоконно-оптической системы связи методом математического моделирования.
5. Конфигурация сети на основе аппаратуры ЦВОЛТ "Транспорт-8х30".
6. Исследование коэффициента ошибок в ЦВОЛТ "Транспорт-8х30".

3.5 Зачёт

Перечень вопросов, выносимых на зачет (6 семестр):

1. Виды и классификация ЦВОСП.
2. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигнала.
3. Кодеки ИКМ.
4. Обобщенная структурная схема цифровых оптических систем передачи.
5. Понятие цифрового оптического линейного тракта.
6. Структура информационного оборудования оконечной станции цифрового оптического линейного тракта
7. Структура информационного оборудования промежуточной станции цифрового оптического линейного тракта.
8. Способы мультиплексирования цифровых потоков.
9. Синхронное мультиплексирование, понятие о временном сдвиге, структура оборудования синхронного мультиплексирования.
10. Асинхронное мультиплексирование, одно- и двустороннее согласование скоростей передачи объединяемых потоков.
11. Структура оборудования асинхронного мультиплексирования.
12. Технология спектрального мультиплексирования (WDM).

Перечень вопросов, выносимых на зачет (8 семестр):

1. Интерфейс основного цифрового канала и его параметры.
2. Основные параметры сетевых интерфейсов.
3. Комплекс параметров качества передачи. Целевые и эксплуатационные нормы.
4. Общие принципы организации, методы и виды технического обслуживания ЦВОСП.
5. Основные показатели технического обслуживания ЦВОСП.
6. Принципы проектирования ЦВОСП.
7. Оценка протяженности участка ретрансляции в ЦВОСП при ограничении затуханием и дисперсионными искажениями.
8. Когерентные волоконно-оптические системы передачи.
9. Оптические когерентные DWDM системы связи.

Согласована на портале № 5000

10. Принцип работы когерентных оптических приемников и передатчиков с цифровой обработкой сигналов.
11. Транспортные сети нового поколения.
12. Принципы построения фотонных телекоммуникационных сетей.

3.6 Темы курсовых проектов

1. Проектирование каналов и трактов на оборудовании ВОСП СЦИ.
2. Проектирование внутризоновой ВОСП со спектральным разделением каналов.
3. Проектирование магистральной ВОСП на основе технологии CWDM, DWDM, HWDM.
4. Проектирование мультисервисной оптической сети передачи на основе технологии GEPON.

3.7 Экзаменационные вопросы

Перечень вопросов, выносимых на экзамен (7 семестр):

1. Иерархический принцип построения цифровых систем передачи.
2. Плезиохронные цифровые иерархии (ПЦИ), их особенности.
3. Синхронная цифровая иерархия (СЦИ), принципы формирования транспортных структур СЦИ, топологии сети СЦИ и схемы резервирования транспортных потоков.
4. Виды синхронизации в ЦВОСП. Требования к системам синхронизации.
5. Тактовая синхронизация, работа выделителя тактовой частоты (ВТЧ), фазовые флуктуации выделенного синхросигнала, способы улучшения параметров ВТЧ.
6. Цикловая и сверхцикловая синхронизация.
7. Система тактовой синхронизации СЦИ.
8. Структура и функции системы управления ЦВОСП.
9. Особенности передачи сигналов электросвязи по оптическим линейным трактам, методы модуляции и демодуляции оптической несущей.
10. Структура цифровых волоконно-оптических линейных трактов (ЦВОЛТ).
11. Основные компоненты волоконно-оптических линейных трактов и их характеристики.
12. Светоизлучающие диоды. Их характеристики и область применения в ВОСП.
13. Фотодетекторы ВОСП. Конструкция, принципы действия и характеристики фотодетекторов.
14. Оптимизация приема в цифровых оптических приемниках. Структурная схема оптимального приемника при гауссовых шумах.
15. Схемы включения и стабилизация режима п/п лазеров. Примеры п/п лазеров в ВОСП.
16. Одноволоконные и двухволоконные схемы организации линейных трактов.
17. Линейные коды ЦВОЛТ и их параметры.
18. Помехи и искажения в ЦВОЛТ.
19. Принципы регенерации цифровых оптических сигналов. Помехоустойчивость регенераторов.
20. Ретрансляторы и регенераторы в ВОСП. Классификация ретрансляторов и их структурные схемы.
21. Оптические усилители. Схемы включения и классификация ОУ.
22. Полупроводниковые оптические усилители, коэффициент усиления и его неравномерность.
23. Многоканальные волоконно-оптические линейные тракты со спектральным разделением.
24. Аппаратура ПЦИ и СЦИ и ее функциональные модули.
25. Аппаратура волоконно-оптических систем передачи со спектральным разделением и ее функциональные модули.

Согласована на портале № 5000

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 11 рабочей программы.

4.1.Основная литература

3. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2010. – 266 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=682
4. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей учебное пособие для вузов / Е.Б. Алексеев [и др.]; ред.: В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012 – 392 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **10**).

4.2. Дополнительная литература

8. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия, 2005. - 416 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **80)**
9. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др. Ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая линия, 2003. - 231 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **47**)
10. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2006. - 495 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **14**)
11. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 136 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **20**)
12. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов/ В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко и др. Ред. В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия, 2004. – 510 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - **6**)
13. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: (наличие в библиотеке ТУСУР - **40**).
14. Довольнов Е. А., Шарангович С. Н., Миргород В. Г. и Кузнецов В. В. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2012. – 156 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/739

4.3. Учебно-методические пособия и программное обеспечение

10. Проектирование оптических цифровых телекоммуникационных систем: [Электронный ресурс] учебно-методическое пособие по курсовому проектированию // Коханенко А.П., Шарангович С.Н. / Под ред. С.Н. Шаранговича – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2016. - 120 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/745
11. Оптические цифровые телекоммуникационные системы: [Электронный ресурс] учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе // Коханенко А.П., Шарангович С.Н. / Под ред. С.Н. Шаранговича – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 79 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/744

Согласована на портале № 5000

12. Моделирование процессов формирования первичного группового потока в цифровых волоконно-оптических системах передачи: [Электронный ресурс] методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Оптические цифровые телекоммуникационные системы» / С. Н. Шарангович, Н. П. Глущенко: – Томск: ТУСУР, 2011. – 24 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/76
13. Исследование характеристик лазерных диодов для цифровых ВОСП: [Электронный ресурс] Методические указания к выполнению лабораторной работы / Задорин А. С. Томск : ТУСУР, – 2011. 17 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/84
14. Исследование акустооптических модуляторов оптического излучения: [Электронный ресурс] Руководство к лабораторной работе для студентов / Задорин А. С. Томск: ТУСУР, – 2011. 17 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/77
15. Исследование работы фотоприёмного устройства волоконно-оптической системы связи методом математического моделирования: [Электронный ресурс] Методические указания к выполнению лабораторной работы / Шандаров В. М. – 2011. 12 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/85
16. Конфигурация сети на основе аппаратуры ЦВОЛТ "Транспорт-8х30": [Электронный ресурс] руководство к лабораторной работе для студентов специальности 210401 / А. П. Коханенко, С. Н. Шарангович Томск: ТУСУР, 2011. - 20 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/82
17. Исследование коэффициента ошибок в ЦВОЛТ "Транспорт-8х30": [Электронный ресурс] руководство к лабораторной работе для студентов специальности 210401 - Физика и техника оптической связи / Е. С. Черкашин, А. П. Коханенко, С. Н. Шарангович - Томск : ТУСУР, 2011. - 22 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/80
18. ОС ТУСУР 01-2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/education/documents/inside/tech_01-2013_new.pdf

Согласована на портале № 5000