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

«МНОГОВОЛНОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ»

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль Оптические системы и сети связи
Квалификация (степень) бакалавр
Форма обучения очная
Факультет Радиотехнический (РТФ)
Профилирующая кафедра Телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)
Выпускающая кафедра Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)
Курс 4 Семестр 8

Учебный план набора 2016 года и последующих лет

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								24	24	часов
2.	Лабораторные работы								18	18	часов
3.	Практические занятия										часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)										часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)								42	42	часов
6.	Из них в интерактивной форме										часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)								66	66	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)								108	108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена								36		часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)								144	144	часов
	(в зачетных единицах)								4	4	ЗЕТ

Зачет ___ ___ семестр **Диф. зачет ____ семестр**

Экзамен __восьмой _ семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 5814

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № от «___» _____ 20__ 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 «28» апреля 2016 г., протокол № 8

Разработчик

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

Зав. кафедрой СВЧиКР _____ 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 ТОР _____ А.Я. Демидов
(название кафедры) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. обеспечивающей и выпускающей
кафедрой СВЧиКР _____ 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 СВЧиКР _____ А.Е. Мандель
(место работы, занимаемая должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Согласована на портале № 5814

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Целью преподавания дисциплины является изучение принципов построения, организации и компонентой базы многоволновых оптических система связи, ознакомление с их техническими характеристиками и перспективами развития оборудования оптических цифровых систем связи.

Задачами преподавания дисциплины являются:

- изучение принципов построения волоконно-оптических систем связи со спектральным уплотнением;
- изучение физических основ функционирования активных и пассивных компонент оборудования многоволновых оптических система связи ;
- изучение характеристик и стандартов пассивных (мультиплексоров, демультиплексоров) и активных (оптических усилителей, источников излучения) компонент.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:

Данная дисциплина является дисциплиной по выбору вариативной части цикла дисциплин (Б1.В.ДВ.6.1).

Для изучения курса требуется знание следующих дисциплин: Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства, Оптические направляющие среды, Оптические цифровые телекоммуникационные системы.

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 и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи;
- основы организации и параметры многоволновых оптических система связи;
- стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения;

уметь:

- выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем и сетей связи;
- выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования ;
- пользоваться справочными данными фирм-производителей активного и пассивного оборудования при проектировании многоволновых оптических систем и сетей связи;

владеть:

- методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и усилителей) , а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств;
- навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей многоволновых оптических систем связи;
- навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы.

Согласована на портале № 5814

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____4_____ зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Аудиторные занятия (всего)	42								42
В том числе:									
Лекции	24								24
Лабораторные работы (ЛР)	18								18
Практические занятия (ПЗ)									
Семинары (С)									
Коллоквиумы (К)									
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)									
Другие виды аудиторной работы									
Самостоятельная работа (всего)	66								66
В том числе:									
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)									
Расчетно-графические работы									
Реферат									
Другие виды самостоятельной работы									
Подготовка к практическим занятиям (семинрам)									
Подготовка к лабораторным работам	24								24
Подготовка к экзамену	36								36
Вид аттестации (зачет, экзамен)	Экз								Экз
Общая трудоемкость час.	144								144
Зачетные Единицы Трудоемкости	4								4

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)
1.	Введение. Классификация многоволновых оптических систем связи	2				4	6	ПК-8, ПК-9
2.	Методы уплотнения информационных потоков	4				6	10	ПК-8, ПК-9
3.	Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи	4				6	10	ПК-8, ПК-9
4.	Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения	4	6			16	26	ПК-8, ПК-9
5.	Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения	4	6			16	26	ПК-8, ПК-9
6.	Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи	4	6			16	26	ПК-8, ПК-9
7	Перспективы развития многоволновых оптических систем связи	2				2	4	ПК-8, ПК-9
	ВСЕГО	24	18			66	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК,ПК)

Согласована на портале № 5814

1.	Введение. Классификация многоволновых оптических систем связи	Предмет и задачи курса. История развития многоволновых ВОСП. Классификация многоволновых оптических систем связи. Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM	2	ПК-8, ПК-9
2.	Методы уплотнения информационных потоков	Метод временного уплотнения. Метод частотного уплотнении. Модовое уплотнение. Уплотнение по поляризации. Многоволновое уплотнение оптических несущих. Оптическое временное уплотнение. Методы уплотнения каналов по полярности Сравнительная характеристика, области использования, перспективы	4	ПК-8, ПК-9
3.	Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи	Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры CWDM, DWDM, HDWDM систем. Критерии обеспечения требуемых характеристик. Определение запаса по мощности. Оценка энергетического бюджета	4	ПК-8, ПК-9
4.	Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения	Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссия IEC для оборудования SDH/SONET оптических цифровых систем передачи. Частотный план, стандартизованный ITU-T. Рекомендации ITU-T G.mcs на оптические интерфейсы для многоканальных систем и IEC 6129x для оптических волокон, пассивных и активных компонент оборудования WDM.	4	ПК-8, ПК-9
5.	Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения	Передатчики – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения. Методы модуляции – внутренняя и внешняя . Методы стабилизации длины волны.. Оптическое волокно – хроматическая дисперсия, поляризационная модовая дисперсия; нелинейные эффекты. Мультиплексоры и демультиплексоры – число каналов, полоса пропускания, центральная частота и межканальный интервал, изоляция и дальние переходные помехи, неравномерность распределения потерь по каналам; поляризационные явления. направленность . Оптические усилители - спектральная зависимость и равномерность коэффициента усиления, коэффициент усиления слабых сигналов и перекрестного насыщения, выходная мошность насыщения, шумовые параметры.	4	ПК-8, ПК-9
6.	Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи	Волоконно-оптические фильтры. Оптические усилители. Оптические мультиплексоры ввода/вывода каналов. Устройства оптической кросс-коммутации. Волновые разветвители. Устройства компенсации дисперсии Волноводные оптические компоненты спектрального мультиплексирования /демультиплексирования. Мониторинг и тестирование оборудования оптических систем связи	4	ПК-8, ПК-9
7.	Перспективы развития многоволновых оптических систем связи	Перспективы развития многоволновых оптических систем связи	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		
Предшествующие дисциплины										
1	Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства		+	+	+	+				

Согласована на портале № 5814

2	Оптические направляющие среды	+	+	+						
3	Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС			+	+	+	+	+		
5	Оптические цифровые телекоммуникационные системы			+	+	+	+	+		
Последующие дисциплины										
1										

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. Опрос на лабораторных работах. Контрольные работы. Зачет
ПК-9	+	+			+	Конспект. Опрос на лабораторных работах. Контрольные работы. Зачет

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

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы \ Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лабораторные занятия (час)	Всего
Использование мультимедийных средств				
Работа в группе				
Дискуссия				
Итого интерактивных занятий				0

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	ОК, ПК
1	4,5,6	Исследование параметров и характеристик многоволнового волоконно-оптического усилителя мощности	5	ПК-8, ПК-9
2	4,5,6	Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров Фабри-Перро	4	ПК-8, ПК-9
3	4,5,6	Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе наложенных голографических решёток в фотополимерных материалах	4	ПК-8, ПК-9
4	4,5,6	Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов	5	ПК-8, ПК-9

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

Практические занятия (семинары) учебным планом не предусмотрены.

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.		Проработка теоретического материала.	30	ПК-8,	Конспект. Кон-

Согласована на портале № 5814

	1,2,3,4,5,6,7	.		ПК-9	трольные работы и тестирование. Зачет.
2.	4,5,6	Подготовка к лабораторным работам	24	ПК-8, ПК-9	Допуск к лабораторной работе и отчет.
3.	2.3.4,5,6	Изучение теоретического материала. Подготовка к контрольным работам .Темы: 1. Методы и стандарты оптического уплотнения информационных потоков 2. Параметры мноволновых оптических систем связи 3. Компоненты мноволновых оптических систем связи	12	ПК-8, ПК-9	Ответы на контрольные работы.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

11. 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 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 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.

Экзаменационный билет содержит два вопроса. Максимальная оценка за каждый вопрос составляет 15 баллов. Максимальная экзаменационная оценка составляет 30 баллов. Экзаменационная составляющая менее 10 баллов – не сдача экзамена, требует повторной перездачи в установленном порядке.

Формирование итоговой суммы баллов осуществляется путем суммирования семестровой (до 70 баллов) и экзаменационной составляющих (до 30 баллов).

Таблица распределения баллов в течение семестра

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл за 1-ю КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1 КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	10	5	**15**
Выполнение контрольных работ	10	5	**15**
Выполнение и защита резуль-татов лабораторных работ	6	18	**24**
Компонент своевременности	10	6	**16**

Согласована на портале № 5814

Итого максимум за период:	**36**	**34**	**70**
Сдача экзамена (максимум)			**30**
Нарастающим итогом	**36**	**70**	**100**

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

Пересчет итоговой суммы баллов в традиционную международную оценку

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

Преобразование суммы баллов в традиционную оценку и в международную буквенную оценку происходит один раз в конце семестра после подведения итогов изучения дисциплины(успешной сдачи экзамена).

Согласована на портале № 5814

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1.Основная литература

1. Шарангович С. Н. Многоволновые оптические системы связи [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Томск: ТУСУР, 2016. – 156 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/6028.**

12.2. Дополнительная литература

1. Гордиенко В.Н., Крухмалев В.В., Моченов А.Д., Шарафутдинов Р.М. Оптические телекоммуникационные системы [Электронный ресурс]: учебник для вузов. – М.: Горячая линия –Телеком, 2011. – 368 с. Режим доступа: **http://e.lanbook.com/view/book/5147/**
2. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 136 с. **(20)**
3. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: **(40).**
4. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп.. - М.: Техносфера, 2003. - 447 с. **(2)**
5. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ - М.: Техносфера, 2006. – 495 с. (**14**)
6. РД 45.286-2002 Аппаратура волоконно-оптической системы передачи со спектральным разделением. Технические требования. -2002. -21 с. -Режим доступа: **http://www.russgost.ru/catalog/item44155**.
7. РД 45.186-2001 Аппаратура волоконно-оптических усилителей для применения на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации. Технические требования. Режим доступа: **http://www.russgost.ru/catalog/item44130**.

12.3. Перечень методических указаний по лабораторным работам и самостоятельной работе

1. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи. Компьютерный лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. метод. пособие. - Томск : ТУСУР, 2016 – 158 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/6030.**
2. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи [Электронный ресурс] : Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». - Томск: ТУСУР, 2016 – 52 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/6029.**

12.4 Перечень интернет-ресурсов: базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Springer Journals – полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer. Режим доступа: **http://link.springer.com/**
2. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина». Режим доступа: **http://www.ph4s.ru**/;
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Режим доступа: **http://elibrary.ru/defaultx.asp**;
4. Optical Society of America; OpticsInfoBase, доступ с IP адресов ТУСУРа (“Applied Optics”, “Optics Express”, “J. Opt. Technol.” и др.). Режим доступа: **http://www.opticsinfobase.org/**;
5. Полнотекстовая БД диссертаций РГБ. Режим доступа: **http://rsl.ru**;
6. Словари и справочники издательства Оксфордского университетаю Режим доступа: **http://www.ox-fordreference.com/pub/views/home.html;**

Согласована на портале № 5814

7. Университетская информационная система Россия. Режим доступа: **http://uisrussia.msu.ru/is4/-main.jsp**;
8. Архив электронных препринтовю Режим доступа: **http://xxx.lanl.gov**.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Учебная лаборатория (333 б) и вычислительная лаборатория (ауд.337 б), кафедры СВЧиКР оборудованы персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть каф. СВЧиКР с выходом в Internet.

Согласована на портале № 5814

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего 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
«МНОГОВОЛНОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ»

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 (СВЧиКР)
Курс 4 Семестр 8

Учебный план набора 2016 года

Разработчик:

зав. каф. СВЧ и КР Шарангович С.Н.

Зачет _____ ___ семестр Диф. зачет _____ семестр

Экзамен _восьмой__ **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 5814

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Многоволновые оптические системы связи» 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 используется при проведении текущего контроля успеваемости (контрольные точки) и промежуточной аттестации (зачет) студентов.

Перечень закрепленных за компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной «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**: – принципы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи; **уметь**: – выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем и сетей связи; – пользоваться справочными данными фирм-производителей оптических мультиплексоров и усилителей, при проектировании многоволновых оптических систем и сетей связи; **владеть**: – навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы. .
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**: – основы организации и параметры многоволновых оптических систем связи; – стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения; **уметь**: – выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования; **владеть**: – методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и усилителей) , а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств; – навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей многоволновых оптических систем связи;

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 2.

Таблица 2 - Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	– принципы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи;	– выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем и сетей связи; – пользоваться справочными данными фирм-производителей оптических	– навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы

Согласована на портале № 5814

		мультиплексоров и усилителей, при проектировании многоволновых оптических систем и сетей связи	
Виды занятий	• Лекции • Лабораторные занятия. • Самостоятельная работа.	• Лекции • Лабораторные занятия. • Самостоятельная работа.	• Лекции • Лабораторные занятия. • Самостоятельная работа.
Используемые средства оценивания	• Конспект • Устный ответ • Контрольная работа • Зачет	• Контрольная работа • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Конспект самостоятельной работы.	• Защита лабораторной работы • Отчет по лабораторной работе • Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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

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 / зачтено (90-100 баллов)	Знает принцпы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи.	Умеет свободно выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм- производителей при их проектировании.	Владеет навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы
Хорошо / (70-89 баллов)	Имеет представление о принцпах и методах спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи..	Самостоятельно выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм- производителей при их проектировании.	Владеет основными чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы
Удовле-	Дает определения	Показывает неполное, не-	Демонстрирует неполное,

Согласована на портале № 5814

творительно / (60-69 баллов)	основных принцпов и методов спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи.	достаточное умение выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм- производителей при их проектировании..	недостаточное владение чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы
Неудовлетворительно / (<60 баллов)	Имеет существенные пробелы или отсутствие знаний об основных принцпы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи.	Показывает отсутствие умений схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм- производителей при их проектировании..	Демонстрирует отсутствие навыков чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы.

Примечание: количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

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
Содержание этапов	– основы организации и параметры многоволновых оптических систем связи; – стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения;	– выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования;	– методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей
Виды занятий	• Лекции • Лабораторные занятия. • Самостоятельная работа.	• Лекции • Лабораторные занятия. • Самостоятельная работа.	• Лекции • Лабораторные занятия. • Самостоятельная работа.
Используемые средства оценивания	• Конспект • Устный ответ • Контрольная работа • Зачет	• Контрольная работа • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Конспект самостоятельной работы.	• Защита лабораторной работы • Отчет по лабораторной работе • Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучае-	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития твор-	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы

Согласована на портале № 5814

	мой области с пониманием границ применимости	ческих решений, абстрагирования проблем	
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

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично / (90-100 баллов)	Знает основы организации и параметры многоволновых оптических систем связи и стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения.	Умеет свободно выполнять выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования	Владеет навыками и методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей ;
Хорошо / (70-89 баллов)	Имеет представление об основах организации и параметрах многоволновых оптических систем связи и стандартах на системы, обо-рудование и компоненты волнового уплотнения;	Самостоятельно выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования.	Владеет основными навыками и методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей
Удовлетворительно / (60-69 баллов)	Дает определения по основам организации и параметрам многоволновых оптических систем связи и стандартам на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения.	Показывает неполное, недостаточное умение выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования	Демонстрирует неполное, недостаточное владение методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей
Неудовлетворительно / (<60 баллов)	Имеет существенные пробелы или отсутствие знаний об основах схемотехники, метрологических принципах измерений и стандартах на характеристики многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей	Показывает отсутствие умений выполнять расчеты, и проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических мультиплексоров и усилителей..	Демонстрирует отсутствие владения методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей

Согласована на портале № 5814

Примечание: количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- 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 составе:

3.1 Контрольные работы по темам:

1. Методы и стандарты оптического уплотнения информационных потоков.
2. Параметры мноволновых оптических систем связи.
3. Компоненты мноволновых оптических систем связи.

Содержание контрольных работ приведено в учебно-методическом пособии [8].

3.2 Лабораторные работы по темам:

1. Исследование параметров и характеристик многоволнового волоконно-оптического усилителя мощности.
2. Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров Фабри-Перро.
3. Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе наложенных голографических решёток в фотополимерных материалах
4. Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов.

Указания к лабораторным работам приведены в учебно-методическом пособии [7],

3.3 Вопросы для проведения экзамена:

1. История развития многоволновых ВОСП и устройств волнового уплотнения WDM Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM.
2. Методы уплотнения информационных потоков - Метод временного уплотнения (TDM). Области использования, перспективы
3. Методы уплотнения информационных потоков -.Модовое уплотнение (MDM). Области использования, перспективы
4. Методы уплотнения информационных потоков - Многоволновое уплотнение оптических несущих (WDM). Области использования, перспективы
5. Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссия IEC для оборудования SDH/SONET оптических цифровых систем передачи. Частотный план, стандартизованный ITU-T.
6. Рекомендации ITU-T G.mcs на оптические интерфейсы для многоканальных систем и IEC 6129x для оптических волокон, пассивных и активных компонент оборудования WDM.
7. Общая структура и параметры оптических систем волнового уплотнения. Критерии обеспечения требуемых характеристик Оценка энергетического бюджета
8. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры DWDM, HDWDM систем. Определение запаса по мощности.
9. Характеристики передающих компонент систем волнового уплотнения – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения
10. Характеристики компонент систем волнового уплотнения . Передатчики -методы модуляции – внутренняя (токовая) и внешняя (интерферометры Маха-Цендера, электрооптическая).
11. Методы стабилизации длины волны оптических передатчиков – температурная, токовая. Стабилизаторы длины волны на основе диэлектрических фильтров. Выравнивание спектрального распределения мощности.
12. Принципы интеграции передающих оптических модулей – (лазер, модулятор, полупроводниковый усилитель.,. (мультилазер, мультиплексор, усилитель).
13. Принципы построения коммутаторов для устройств оптической кросс-коммутации ОХС. Волновые разветвители.
14. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры -односторонние фильтры (фильтры коротких и длинных длин волн).
15. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры - избирательные режекторные и полосовые фильтры, , характеристики фиксированного оптического фильтра компании DiCon
16. Волоконно-оптические -оптические фильтры на основе дифракционных решеток. Типовые параметры
17. Периодическая волноводная решетка AWG, Принцип действия AWG и параметры
18. Фильтры с регулируемой полосой пропускания, настраиваемые фильтры с интерференционным покрытием. и основные характеристики перестраиваемого оптического фильтра компании DiCon
19. Акустооптические фильтры, а также резонаторы Фабри-Перо как Волоконно-оптические -оптические фильтры.

Согласована на портале № 5814

20. WDM Волоконно-оптические интерференционные фильтры - реализация для много-входовых селекторов на основе трехполюсного делителя (непоглощающего интерференционного фильтра),
21. Оптические усилители для WDM систем – особенности построения и характеристик.
22. Оптические усилители на волокне, использующие бриллюэновское рассеяние. Стимулированное бриллюэновское рассеяние - нелинейный эффект. Характеристики
23. Оптические усилители на волокне, использующие рамановское рассеяние. переходные помехи между усиливаемыми каналами
24. Полупроводниковые лазерные усилители – принцип действия, характеристики, . интеграция ППЛУ с другими оптическими устройствами.
25. Усилители на примесном волокне Общие сведения об EDFA Классификация EDFA по способам применения
26. Принцип действия EDFA Технические параметры и характеристики EDFA Основные структурные схемы EDFA.
27. Математическая модель многоволнового EDFA Основные характеристики усилителей EDFA
28. Типовые характеристики EDFA Усиление волоконно-оптического усилителя. Усиление слабого сигнала Насыщенное усиление Зависимость усиления от поляризации Спектральный провал усиления.
29. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров Основные параметры и характеристики.
30. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро Основные параметры и характеристики
31. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе дифракционных решеток. Основные параметры и характеристики.
32. Оптические мультиплексоры с добавлением и отводом каналов. Конфигурация и характенистики волноводного многоканального оптического мультиплексора
33. Принципиальная схема и основные характеристики волноводной оптической системы спектрального мультиплексирования/демультиплексирования на основе матрицы сфазированных волноводов (фазар).
34. Особенности тестирования систем со спектральным уплотнением. Основные параметры сигналов и компонентов. Требования к измерительному оборудованию.

Методические материалы для подготовки к зачету приведены в [1-8],

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

4.1.Основная литература

2. Шарангович С. Н. Многоволновые оптические системы связи [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2016. – 156 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/6028.**

4.2. Дополнительная литература

8. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 136 с. **(20)**
9. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: **(40).**
10. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп.. - М.: Техносфера, 2003. - 447 с. **(2)**
11. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ - М.: Техносфера, 2006. – 495 с. (**14**)
12. РД 45.286-2002 Аппаратура волоконно-оптической системы передачи со спектральным разделением. Технические требования . -2002. -21 с. -Режим доступа: **http://www.russgost.ru/catalog/item44155.**
13. РД 45.186-2001 Аппаратура волоконно-оптических усилителей для применения на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации. Технические требования. Режим доступа: **http://www.russgost.ru/catalog/item44130.**

4.2 Перечень методических указаний по лабораторным работам и самостоятельной работе

14. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи: Компьютерный лабораторный практикум. [Электронный ресурс]: учеб. метод. пособие. - Томск : ТУСУР, 2016 – 158 с. Режим доступа: **http://edu.tusur.ru/training/publications/6030.**
15. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». - Томск : ТУСУР, 2016 – 56 с. Режим доступа:

Согласована на портале № 5814

http://edu.tusur.ru/training/publications/6029.

Согласована на портале № 5814