МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем связи

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Оптические системы и сети связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	24	24	часов
2	Лабораторные работы	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	42	42	часов
4	Самостоятельная работа	66	66	часов
5	Всего (без экзамена)	108	108	часов
6	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
7	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 8 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 32536

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 8 от « 26 » 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

заведующий кафедрой каф. СВЧиКР _____ С. Н. Шарангович

Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР _____ С. Н. Шарангович

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР _____ С. Н. Шарангович

Эксперты:

Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР) _____ А. Ю. Попков

Профессор кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР) _____ А. Е. Мандель

Согласована на портале № 32536

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

изучение принципов построения средств спектрального уплотнения и усиления оптических сигналов в многоволновых оптических системах связи, позволяющих многократно увеличить пропускную способность цифровых ВОСП, ознакомление с их техническими характеристиками, ограничениями и перспективами развития отдельных элементов мультиплексорного и усилительного оборудования оптических цифровых систем связи.

1.2. Задачи дисциплины

– □ изучение физических принципов построения и теоретических основ функционирования оптических мультиплексоров и усилителей;

– □ получение необходимых знаний по структурной организации оптических мультиплексо-ров и многоволновых усилителей;

– □ изучение характеристик и стандартов оптических мультиплексоров и многоволновых усилителей;

– □ ознакомление с перспективами развития элементов мультиплексорного и усилительного оборудования многоволновых оптических цифровых систем связи.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем связи» (Б1.В.ДВ.6.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Оптические направляющие среды, Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства, Основы физической и квантовой оптики, Проектирование, строительство и эксплуатация волоконно-оптических линий связи.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Оптические цифровые телекоммуникационные системы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-8 умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов;

– ПК-9 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 программ;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** □ физические и теоретические основы описания многоволновых оптических мультиплексо-ров и усилителей ; □ классификацию многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей; □ принципы построения и работы блоков и устройств мультиплексорного и усилительного оборудования многоволновых оптических систем связи □ основы схемотехники многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей; □ метрологические принципы измерения и стандарты характеристик многоволновых опти-ческих мультиплексоров и усилителей ;

– **уметь** □ выбирать схемотехническую реализацию оптических мультиплексоров и усилителей многоволновых оптических систем и сетей связи; □ выполнять расчеты, связанные с выбором режимов работы и определением параметров оптических мультиплексоров и усилителей; □ проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических мультиплексоров и усилителей; □ пользоваться справочными данными фирм-производителей оптических мультиплексоров и усилителей, при проектировании многоволновых оптических систем и сетей связи;

– **владеть** □ методами анализа и расчета основных функциональных узлов оптических мультиплексо-ров и усилителей, а также иметь представление о методах компьютерной

Согласована на портале № 32536

оптимизации таких устройств; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мульти-плексоров и усилителей многоволновых оптических систем связи; навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем мультиплексорного и усилительного оборудования многоволновых оптических систем связи на основе со-временной элементной базы.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	42	42
Лекции	24	24
Лабораторные работы	18	18
Самостоятельная работа (всего)	66	66
Подготовка к контрольным работам	12	12
Оформление отчетов по лабораторным работам	24	24
Проработка лекционного материала	30	30
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр					
1 Введение. Классификация многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей	2	0	4	6	ПК-8, ПК-9
2 Физические принципы построения и теоретические основы функционирования многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	6	5	20	31	ПК-8, ПК-9
3 Структура и параметры многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	6	8	18	32	ПК-8, ПК-9
4 Стандарты на оборудование и компоненты оптических мультиплексоров и усилителей	4	5	16	25	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 32536

5 Мониторинг и тестирование мультиплексорного и усилительного оборудования	4	0	4	8	ПК-8, ПК-9
6 Перспективы развития элементов мультиплексорного и усилительного оборудования на основе волноводных интегрально-оптических схем	2	0	4	6	ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	24	18	66	108	
Итого	24	18	66	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Введение. Классификация многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей	Предмет и задачи курса. История развития многоволновых ВОСП. Устройства волнового уплотнения WDM Классифи-кация многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей . Мировой уровень развития оптической связи с ис-пользованием технологии WDM	2	ПК-8, ПК-9
	Итого	2	
2 Физические принципы построения и теоретические основы функционирования многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	Физические принципы построения и теоретические основы функционирования: многоволновых оптических мультиплексоров на основе тонкопленочных.фильтров, резонаторов Фабри-Перо, дифракционных структур, периодических волноводных решеток; многоволновых оптических усилителей на основе примесных волокон, полупрводниковых лазерных усилителей, рамановского и бриллюэновского рассеяния. Принципы построения оптических мультиплексоров ввода/вывода каналов, устройств оптической кросс-коммутации, устройств компенсации дисперсии .	6	ПК-8, ПК-9
	Итого	6	
3 Структура и параметры многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	Мультиплексоры и демультиплексоры – число каналов, полоса пропускания, : центральная частота и межканальный интервал, изоляция и дальние переходные помехи, неравномерность распределения потерь по каналам; поляризационные явления – поляризационно зависимые потери, поляризационно-модовая дисперсия; спектральная зависимость вносимых потерь; направленность – ближние переходные помехи; потери на отражение. Оптические усилители - спектральная зависимость и	6	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 32536

	равномерность коэффициента усиления, коэффициент усиления слабых сигналов и перекрестного насыщения, выходная мощность насыщения, шумовые параметры.		
	Итого	6	
4 Стандарты на оборудование и компоненты оптических мультиплексоров и усилителей	Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Междуна-родной электротехнической комиссия IEC для оборудования SDH/SONET оптических цифровых систем передачи. Ча-стотный 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
	Итого	4	
5 Мониторинг и тестирование мультиплексорного и усилительного оборудования	Системы мониторинга BOCC2..Современные системы мониторинга ВОЛС.Основные методы, параметры и приборы для тестирования систем со спектральным уплотнением. Параметры сигналов и компонентов. Методы измерения и контроля. Измерения DWDM на производстве.	4	ПК-8, ПК-9
	Итого	4	
6 Перспективы развития элементов мультиплексорного и усилительного оборудования на основе волноводных интегрально-оптических схем	Перспективы использования ВСМ/Д на оконечных станциях ВОЛС, связанные с возможностями их интеграции с источниками излучения, приемниками, усилителями и др.Интегральные источники излучения - матрицы из Y-соединителей, путем соединения излучения лазеров с помощью ВСМ, объединения усилителей и ВСМ. Интеграция ВСМ и фотоприемников. Интеграция фотоприемников на InP и демультиплексоров на отражательных ре-шетках и решетках проходного типа. Интеграция демультиплексоров с фотодетекторами на основе волноводов из SiO2 а также InP	2	ПК-8, ПК-9
	Итого	2	
Итого за семестр		24	

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин					
	1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины						
1 Оптические направляющие среды		+				

Согласована на портале № 32536

2 Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства		+	+			
3 Основы физической и квантовой оптики		+				
4 Проектирование, строительство и эксплуатация волоконно-оптических линий связи			+			
Последующие дисциплины						
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты		+	+	+	+	+
2 Оптические цифровые телекоммуникационные системы			+	+	+	

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

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

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-8	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест
ПК-9	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Физические принципы построения и теоретические основы функционирования многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	Исследование параметров и характеристик многоволнового волоконно-оптического усилителя - (по выбору: предвари-тельного, линейного, усилителя мощности)	5	ПК-8, ПК-9
	Итого	5	
3 Структура и параметры	Исследование параметров и характеристик оптических демультиплексоров на основе	4	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 32536

многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	интерференционных фильтров и фильтров Фабри-Перро		
	Исследование параметров и характеристик оптических демультиплексоров на основе наложенных голографических решёток в фотополимерных материалах	4	
	Итого	8	
4 Стандарты на оборудование и компоненты оптических мультиплексоров и усилителей	Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов (AWG)	5	ПК-8, ПК-9
	Итого	5	
Итого за семестр		18	

8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП.

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Введение. Классификация многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей	Проработка лекционного материала	4	ПК-8, ПК-9	Тест, Экзамен
	Итого	4		
2 Физические принципы построения и теоретические основы функционирования многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	Проработка лекционного материала	8	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	20		
3 Структура и параметры многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей.	Проработка лекционного материала	6	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	18		
4 Стандарты на оборудование и	Проработка лекционного материала	4	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Отчет по лабораторной

Согласована на портале № 32536

компоненты оптических мультиплексоров и усилителей	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	16		
5 Мониторинг и тестирование мультиплексорного и усилительного оборудования	Проработка лекционного материала	4	ПК-8, ПК-9	Тест, Экзамен
	Итого	4		
6 Перспективы развития элементов мультиплексорного и усилительного оборудования на основе волноводных интегрально-оптических схем	Проработка лекционного материала	4	ПК-8, ПК-9	Тест, Экзамен
	Итого	4		
Итого за семестр		66		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		102		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Контрольная работа	10	10	10	30
Отчет по лабораторной работе	10	10	10	30
Тест	2	3	5	10
Итого максимум за период	22	23	25	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	22	45	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5

Согласована на портале № 32536

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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – 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)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи: Учебное пособие / Довольнов Е. А., Шарангович С. Н., Миргород В. Г., Кузнецов В. В. - 2016. 156 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6022 (дата обращения: 19.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 136 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Скляров, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О.К. Скляров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 268 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/104959 (дата обращения: 18.06.2018). [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/104959 (дата обращения: 19.06.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем связи: Компьютерный лабораторный практикум / Шарангович С. Н. - 2016. 158 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6021 (дата обращения: 19.06.2018).
2. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем связи: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Шарангович С. Н. - 2016. 55 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6020 (дата обращения: 19.06.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Согласована на портале № 32536

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Рекомендуется использовать профессиональные и информационные базы данных, список и адреса которых доступны по ссылке: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебно-вычислительная лаборатория им. Е.С. Коваленко «Лаборатория волоконно-оптических линий связи и измерений»

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 333б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (8 шт.);
- Генератор оптических и электрических импульсов комбинированный ОГ5-87 (3 шт.);
- Ваттметр поглощаемой мощности оптический ОМ3-65 (4 шт.);
- Ваттметр поглощаемой мощности оптический ОМ3-66 (1 шт.);
- Генератор импульсов Г5-54 (1 шт.);
- Осциллограф С1-75 (2 шт.);
- Осциллограф С1-73 (1 шт.);
- Измеритель коэффициента ошибок 832 (1 шт.);
- Генератор сигналов оптический ОГ4-162 (1 шт.);
- Генератор высокочастотный СПТГ4-102 (1 шт.);
- ФПУ (1 шт.);
- Комплект для сварки оптического волокна КСС-111 (1 шт.);
- Комплект для сварки оптического волокна КСС-121 (1 шт.);
- Блок индикации ОМК3 (2 шт.);
- Источник постоянного тока Б5-21 (1 шт.);
- Источник питания постоянного тока Б5-45 (1 шт.);
- Рефлектометр оптических погрешностей OFT-12 (2 шт.);
- Демонстрационное оборудование для презентаций (проектор 1 шт., экран 1 шт.) ;

Согласована на портале № 32536

- Лабораторный стенд "Компоненты волоконно-оптической линии связи";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая линия связи";
- Лабораторный комплекс "Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая связь";
- Типовой комплект учебного оборудования "Монтаж и эксплуатация волоконно-оптических структурированных кабельных систем";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Microsoft Office 2007

– PTC Mathcad 15

– Компьютерная лабораторная работа Исследование оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров Фабри-Перро

– Компьютерная лабораторная работа Исследование оптических демультиплексоров на основе наложенных голограмм в фотополимерныом материале

– Компьютерная лабораторная работа Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов

– Компьютерная лабораторная работа Компьютерное исследование многоволновых эрбиевых волоконно-оптических усилителей

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в

Согласована на портале № 32536

лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

Предварительный усилитель в ВОСП используется для…	усиления сигнала перед приемом сигнала
	усиления сигнала перед передачей сигнала
	усиления сигнала перед передачей и приемом сигнала
	в промежуточной точке линии связи

Усилитель по мощности в ВОСП используется для…	усиления сигнала перед приемом сигнала
	усиления сигнала перед передачей сигнала
	усиления сигнала перед передачей и приемом сигнала
	в промежуточной точке линии связи

Линейный усилитель в ВОСП используется для…	усиления сигнала перед приемом сигнала
	усиления сигнала перед передачей сигнала
	усиления сигнала перед передачей и приемом сигнала
	в промежуточной точке линии связи

К полупроводниковым усилителям относятся...	Резонансные усилители
	Усилители бегущей волны
	Резонансные усилители и усилители бегущей волны
	Все усилители, имеющие в своем составе полупроводник

DFA- усилители основаны на…	эшелоне Майкельсона
	оптическом волокне с примесью редкоземельных металлов
	резонаторе Фабри-Перо
	на дифракционных структурах

Модовое уплотнение каналов (MDM) основано на…	разделении информационных каналов по оптическим модам, распространяющимся в ОВ под разными

Согласована на портале № 32536

	углами
	передаче информации на разных длинах волн
	передаче информации различных информационных потоков в разные промежутки времени
	передаче информации с различных информационных потоков в разных ОВ

Волновое уплотнение каналов (WDM) основано на…	разделении информационных каналов по оптическим модам, распространяющимся в ОВ под разными углами
	передаче информации на разных длинах волн
	передаче информации различных информационных потоков в разные промежутки времени
	передаче информации с различных информационных потоков в разных ОВ

EDFA усилители, в большинстве своём, работают на длине волны накачки, равной…	1480 и 980 нм
	1480 нм
	980 нм
	456 и 1480 нм

В EDFA усилителях используют…	прямую накачку
	обратную накачку
	прямую и обратную накачки
	боковую накачку

Стабилизация коэффициента усиления в EDFA может быть…	оптической, электрической и совмещенной
	оптической и электрической
	Оптической
	электрической и совмещенной

Аппаратная функция фильтра на основе резонатора Фабри-Перо…	не периодическая
	периодическая
	повторяется 2 раза
	повторяется 4 раза

Демультиплексирование с применением интерференционных фильтров основано на…	дифракции Брэгга
	дифракции Рамана-Ната
	дифракции Фраунгофера
	поглощении сигнала

Демультиплексоры на голографических решетках основаны на …	пространственном разделении каналов
	временном разделении каналов
	модовом разделении каналов
	пространственно-временном разделении каналов

Согласована на портале № 32536

Коэффициент передачи между двумя портами показывает…	отношение эффективных площадей двух ОВ
	временную связь этих каналов
	часть переданной мощности между этими портами
	количество переданной информации

Коэффициент усиления показывает…	максимальную мощность на выходе усилителя
	мощность на выходе усилителя
	отношение сигнал-шума на входе и выходе усилителя
	отношение мощностей на входе и выходе усилителя

Переходная помеха показывает…	влияние на j-й канал соседних каналов
	влияние на j-й канал всех остальных каналов
	влияние на j-й канал j+1 канала
	влияние на j-й канал j-1 канала

Вносимые потери показывают…	максимальную мощность на выходе пассивного элемента
	мощность на выходе пассивного элемента
	Отношение сигнал-шум на выходе пассивного элемента
	уменьшение оптической мощности между входным и выходным портами пассивного элемента

Канальный интервал представляет собой…	интервал между центральными длинами волн соседних каналов
	интервал между центральными длинами волн всех каналов
	интервал между центральными длинами волн первого и последнего каналов
	интервал между центральными длинами волн первого и центрального каналов

Полоса пропускания канала – это …	интервал частот, в котором значение амплитудно-частотной характеристики аналогового передающего оптоэлектронного модуля равно половине его максимального значения
	интервал частот, в котором значение амплитудно-частотной характеристики аналогового передающего оптоэлектронного модуля меньше или равно половине его максимального значения
	интервал частот, в котором значение

Согласована на портале № 32536

	амплитудно-частотной характеристики аналогового передающего оптоэлектронного модуля больше или равно половине его максимального значения
	интервал частот, в котором значение амплитудно-частотной характеристики аналогового передающего оптоэлектронного модуля меньше половины его максимального значения

Рамановский усилитель выполняется в виде…	волоконного устройства
	интегрального устройства
	системы дифракционных структур
	Системы фазовых решеток

14.1.2. Экзаменационные вопросы

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 исполь-зования, 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 оборудо-вания, 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 оп-тических волокон, пассивных и активных компонент оборудования WDM.

7. Общая структура и параметры оптических систем волнового уплотнения. Критерии обеспечения требу-емых характеристик Оценка энергетического бюджета

8. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и пара-метры DWDM, HDWDM систем. Определение запаса по мощности.

9. Характеристики передающих компонент систем волнового уплотнения – выходная мощность, стабиль-ность 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 уси-литель.,. (мультилазер, мультиплексор, усилитель).

13. Принципы построения коммутаторов для устройств оптической кросс-коммутации OXC. Волновые раз-ветвители.

14. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры -односторонние фильтры (фильтры коротких и длинных длин волн).

15. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры - избирательные режекторные и поло-совые 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

Согласована на портале № 32536

интерференционным покры-тием. и основные характеристики перестраиваемого оптического фильтра компании DiCon

19. Акустооптические фильтры, а также резонаторы Фабри-Перо как Волоконно-оптические -оптические фильтры.

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. Стимулиро¬ванное брил-люэновское 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 приме-нения

26. Принцип действия EDFA Технические параметры и характеристики EDFA Основные структурные схемы EDFA.

27. Математическая модель многоволнового EDFA Основные характеристики усилителей EDFA производителя THORLABS (Япония, 2002)

28. Разновидности усилителей EDFA Усилители EDFA на кремниевой основе , и на фтор-цирконатной основе. Сравнительная характеристика.

29. Типовые характеристики EDFA Усиление волоконно-оптического усилителя. Усиление слабого сигнала Насыщенное усиление Зависимость усиления от поляризации Спектральный провал усиления.

30. Типовые характеристики EDFA Неравномерность и спад усиления Расширение полосы частот усилителей -использовании EDFA усилителей с оптическими фильтрами, выравнивающими усиление;

31. Сравнительная характеристика оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров, фильтров Фабри-Перро,

32. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров Основные параметры и характеристики.

33. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро Основные пара-метры и характеристики

34. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе дифракционных решеток. Основные пара-метры и характеристики.

35. Оптические мультиплексоры с добавлением и отводом каналов. Конфигурация и характенистики волно-водного многоканального оптического мультиплексора

36. Интеграция оптических устройств. Перспективы использования ВСМ/Д на оконечных станциях ВОЛС, свя-занные с возможностями их интеграции с источниками излучения,

37. Принципиальная схема и основные характеристики волноводной оптической системы спектрального мультиплексирования/демультиплексирования на основе анализатора спектра типа эшелона Майкельсона

38. Принципиальная схема и основные характеристики волноводной оптической системы спектрального мультиплексирования/демультиплексирования на основе матрицы сфазированных волноводов (фазар).

39. Особенности тестирования систем со спектральным уплотнением. Основные параметры сигналов и компонентов. Требования к измерительному оборудованию

14.1.3. Темы контрольных работ

1. Принципы построения оптических мультиплексоров и усилителей.
2. Структура и параметры мультиплексоров и усилителей.
3. Стандарты на оборудование и компоненты оптических мультиплексоров и усилителей.

14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование параметров и характеристик многоволнового волоконно-оптического

Согласована на портале № 32536

усилителя - (по выбору: предвари-тельного, линейного, усилителя мощности)

Исследование параметров и характеристик оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров Фабри-Перро

Исследование параметров и характеристик оптических демультиплексоров на основе наложенных голографических решёток в фотополимерных материалах

Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов (AWG)

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;

Согласована на портале № 32536

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 32536