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**
«22» 06 **2016 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

«ОПТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ»

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 3 **Семестр** 5 и 6

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					20	20			40	часов
2.	Лабораторные работы					4	12			16	часов
3.	Практические занятия					12	12			24	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)										часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)					36	44			80	часов
6.	Из них в интерактивной форме										часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)					36	64			100	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)					72	108			180	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена						36			36	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)					72	144			216	часов
	(в зачетных единицах)					2	4			6	ЗЕТ

Зачет пятый **семестр** **Диф. зачет** _____ **семестр**

Экзамен шестой **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 190

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
Проф. кафедрой СВЧиКР _____ В. И. Ефанов
(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 № 190

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Целью преподавания дисциплины является: изучение современных тенденций развития оптических линий связи (ЛС), теории направляющих оптических сред, конструкций и характеристик направляющих оптических кабелей и пассивных компонентов, а также ознакомление студентов с российскими и международными стандартами и нормативными документами в области телекоммуникаций и перспективами развития оптических направляющих сред передачи.

Задачами изучения дисциплины являются:

- изучение оптических направляющих сред и пассивных компонентов волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) в объеме: основы теории оптических направляющих сред передачи (ОНСП), оптическое волокно (ОВ);
- типы ОВ и их основные характеристики в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т;
- распространение сигнала по ОВ;
- оптические кабели, их конструкции и характеристики;
- пассивные компоненты ВОЛС;
- разъемные и неразъемные соединители;
- оптические разветвители; оптические изоляторы, аттенюаторы;
- оптические фильтры, оптические коммутаторы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:

Данная дисциплина является дисциплиной вариативной части профессионального цикла (Б1.В.ОД.10). Для изучения курса требуется знание: теории электрических цепей, электроники, общей теории связи, схемотехники телекоммуникационных устройств, вычислительной техники и информационных технологий, цифровой обработки сигналов, основ построения инфокоммуникационных систем и сетей.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для курсов: оптические цифровые телекоммуникационные системы, структурированные кабельные системы, сети связи и системы коммутации, проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС и др.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью использовать нормативную и правовую документацию, характерную для области инфокоммуникационных технологий и систем связи (нормативные правовые акты Российской Федерации, технические регламенты, международные и национальные стандарты, рекомендации (ОПК-5)
- 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:

- основные физические принципы распространения света в ОВ;
- знать методы расчета затухания и дисперсии в ОВ;
- конструкции и характеристики оптических направляющих сред;
- технические характеристики пассивных компонент ВОЛС;
- рекомендации: Международный союз электросвязи МСЭ-Т (ITU-T)
- многомодовые оптические волокна рек. ITU-T. G.651
- одномодовые оптические волокна рек. ITU-T. G.652- G.657

Согласована на портале № 190

– специальные типы ОВ
– нормативно - правовую документацию ВОЛС;

уметь:

– использовать полученные знания для расчета основных технических характеристик ОНС с учетом требований быстродействия, затухания, надежности и удобства технической эксплуатации;
– определять и измерять передаточные, физические, механические и конструктивные характеристики оптических направляющих сред;
– выполнять расчеты, связанные с определением параметров пассивного оборудования ;

владеть:

– навыками работы с оптическим волокном, методами его монтажа.
– методами работы с приборами и аппаратурой по настройке и испытанию ОК;
– навыками применения теоретических и экспериментальных методов исследования для освоения новых перспективных оптических направляющих сред передачи.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Аудиторные занятия (всего)	80					36	44		
В том числе:									
Лекции	40					20	20		
Лабораторные работы (ЛР)	16					4	12		
Практические занятия (ПЗ)	24					12	12		
Семинары (С)									
Коллоквиумы (К)									
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)									
Другие виды аудиторной работы									
Самостоятельная работа (всего)	100					36	64		
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									
Подготовка к экзамену	36						36		
Вид аттестации (зачет, экзамен)	Экз					Зач	Экз		
Общая трудоемкость час.	216					72	144		
Зачетные Единицы Трудоемкости	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)
1.	Построение первичных сетей электросвязи	2		2		6	10	ПК-8, ПК-9
2.	Физические основы передачи света по ОВ	8		8		16	44	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
3.	Характеристики оптических потерь в ОВ	4	2					
4.	Дисперсия: виды и методы компенсации	6	2					
5.	Характеристики стандартных оптических волокон	4		4		12	26	ОПК-5, ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 190

6.	Конструкции и характеристики оптических кабелей	4	4	2		12	18	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
7.	Пассивные компоненты ВОЛС	8	4	2		18	30	ПК-8, ПК-9
8.	Расчет длины элементарного кабельного участка	4	4	4		18	30	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
	ВСЕГО	40	16	24		100	180	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

5.2.1. 5 семестр

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК,ПК)
1.	Построение первичных сетей электросвязи	Предмет и задачи курса. Общие принципы построения сети электросвязи РФ. Классификация направляющих сред передачи и сравнительная оценка средств передачи информации с использованием электрических направляющих систем и ВОЛС. Место и роль оптических направляющих сред передачи (ОНСП) в современных системах связи. Структура волоконно-оптической линии связи	2	ПК-8, ПК-9
2.	Физические основы передачи света по ОВ	Типы ОВ и их конструкции. Лучевой анализ распространения излучения в ОВ: полное внутреннее отражение, числовая апертура. Волновой анализ распространения излучения в ОВ: профиль показателя преломления, нормированная частота, число мод многомодового волокна, длинна волны отчески. Изготовление оптических волокон.	8	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
3.	Характеристики оптических потерь в ОВ	Затухание света в ОВ: Окна прозрачности, рэлеевское рассеяние и его применение, УФ и ИК потери в ОВ, потери на микроизгибах и суммарные потери.	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
4.	Дисперсия: виды и методы компенсации	Дисперсия и полоса пропускания ОВ. Межмодовая, материальная, и внутримодовая (волноводная) дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия. Влияние дисперсии на передачу сигналов по ОВ. Пропускная способность ОВ.	6	ОПК-5, ПК-8, ПК-9

5.2.2. 6 семестр

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК,ПК)
1.	Характеристики стандартных оптических волокон	Международный союз электросвязи МСЭ-Т (ITU-T) Многомодовые оптические волокна рек. ITU-T. G.651 Одномодовые оптические волокна рек. ITU-T. G.652- G.657 Специальные типы ОВ	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
2.	Конструкции и характеристики оптических кабелей	Типы и конструкции оптических кабелей. Классификация ОК. Магистральные, зоновые, городские и объектовые кабели связи. Система обозначений и маркировки. Основные компоненты ОК. Подземные, подводные и подвесные конструкции ОК, их характеристики, особенности их соединения. Механические параметры: масса; разрывная прочность; раздавливающие усилие; стойкость к изгибам.	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
3.	Пассивные компоненты ВОЛС	Устройства ввода излучения. Разъёмные и неразъемные соединения. Типы коннекторов и их технические характеристики. Сварка ОВ. Оптические разветвители и ответвители. Типы и основные параметры симметричных и несимметричеких распределителей оптического излучения. Оптические аттенюаторы, изоляторы, циркуляторы. Оптические переключатели (коммутаторы). Коммутационно-распределительные устройства.	8	ПК-8, ПК-9
4.	Расчет длины эле-	Приемные и передающие модули ВОЛС – основные техниче-	4	ОПК-5,

Согласована на портале № 190

	ментарного кабельного участка	ские характеристики. Расчет длины ЭКУ по затуханию Расчет ЭКУ по дисперсии		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	
Предшествующие дисциплины										
1	Физические основы оптоэлектроники		+	+	+		+		+	
2	Электромагнитные поля и волны		+	+	+					
3	Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей	+		+	+	+	+	+	+	
Последующие дисциплины										
	Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства	+	+	+	+					
	Структурированные кабельные системы			+	+	+	+	+		
	Метрология в оптических телекоммуникационных системах			+	+	+	+	+		
	Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС		+	+	+	+	+	+		
	Оптические цифровые телекоммуникационные системы			+	+	+	+	+		
	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.	СРС	
ОПК-5	+	+	+	+	Конспект. Отчет по практической и лабораторной работе. Экзамен
ПК-8		+	+	+	Отчет по практической и лабораторной работе. Экзамен
ПК-9			+	+	Отчет по практической работе. Экзамен

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	4			4
Работа в группе			4	4
Дискуссия		4		4
Итого интерактивных занятий				12

Согласована на портале № 190

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетеции (ОК,ПК)
1	2	Исследование затухания в ОВ и потерь на макроизгибах	2	ПК-8, ПК-9
2	2	Исследование дисперсионных характеристик ОВ	2	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
3	6	Исследование потерь в разъемных соединениях и коэффициентов деления делителей оптической мощности	4	ПК-8, ПК-9
4	5	Исследование оптических и конструктивных параметров ОВ и ОК	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
5	2	Исследование эффективности ввода оптического излучения в ОВ	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№	Раздел дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК
1	2	Распространение оптических сигналов в ОВ, лучевая и волновая трактовка.	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
2	2	Затухание сигналов в ОВ	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
3	2	Дисперсия и полоса пропускания ОВ	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
4	3	Расчет характеристик многомодового и одномодового ОВ	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
5	6	Расчет пассивных компонентов ВОЛС	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9
6	7	Расчет длины элементарного кабельного участка	4	ОПК-5, ПК-8, ПК-9

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.	2, 3, 4, 5, 6,7	Проработка теоретического материала. Темы: 1. Электродинамика оптических направляющих сред передачи 2. Передаточные характеристики ОВ 3. Конструкции и характеристики оптических кабелей 4. Проектирование направляющих сред передачи	30	ОПК-5, ПК-8, ПК-9	Конспект. Контрольные работы и тестирование. Экзамен.
2.	4, 6	Подготовка к практическим занятиям. Темы для самостоятельного изучения: 1. Пассивные компоненты ВОЛС: Коннкторы, сплиттеры, изоляоры, фильтры, циркуляторы. 2. Нелинейные эффекты. 3. Активные компоненты ВОЛС	24	ОПК-5, ПК-8, ПК-9	Сдача инд. задания. Конспект. Презентация, выступление на семинаре. Экзамен
3.	3, 7	Решение задач индивидуальных заданий. Темы расчетных заданий: 1. Расчет характеристик многомодового оптического волокна 2. Расчет характеристик одномодового оптического волокна 3. Расчет длины элементарного кабельного участка.	32	ОПК-5, ПК-8, ПК-9	Сдача инд. задания. Экзамен
4.	2, 3, 4, 5, 6	Подготовка к лабораторным работам	14	ОПК-5,	Допуск к лабора-

Согласована на портале № 190

				ПК-8, ПК-9	торной работе. Экзамен.

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 объёма дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга (раздел 8) 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 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	3	4	3	**10**
Выступление на семинарах	8	8	8	**24**
Выполнение и защита результатов лабораторных работ		12	12	**24**
Компонент своевременности	4	5	5	**12**
Итого максимум за период:	**15**	**27**	**28**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	15	42	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

Согласована на портале № 190

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).

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

12.1.Основная литература

1. Андреев В.А., Портнов Э.Л., Кочановский Л.Н. Направляющие системы электросвязи. Учебник для вузов. В 2-х томах. Том. 1. Теория передачи и влияния. Учебное пособие. 7-е изд., перераб. и доп.- . М. Горячая линия –Телеком. 2009 г.- 424с.:ил. (10 экз. в библ.)
2. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 150 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/802

12.2. Дополнительная литература

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи.: учеб. пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2006. – 236 с. (26 экз. в библ.)
2. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: (40 экз. в библ.)
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ - М.: Техносфера, 2006. – 495 с. (14 экз. в библ.)
4. Портнов Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи: Учебное пособие для вузов. – М: Горячая линия-Телеком, 2009. – 544с.: ил. (30 экз. в библ.)
5. Оптические телекоммуникационные системы [Электронный ресурс] : Учебник для вузов / В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев и др. Под ред. профессора В. Н. Гордиенко. – М: Горячая линия-Телеком, 2011. – 368 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/5147/page368/ .

12.3. Перечень методических указаний по лабораторным работам, практическим занятиям, самостоятельной работе

1. Оптические направляющие системы и пассивные компоненты ВОЛС [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам / Ефанов В. И. – 2012. 43 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/790
2. Сборник задач по волоконно-оптическим линиям связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Ефанов В. И. – 2012. 50 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/788
3. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи [Электронный ресурс]: Методические указания по организации самостоятельной работы / Ефанов В. И. – 2009. 41 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1266

БИБЛИОТЕКА ТУСУР

Согласована на портале № 190

12.4. Перечень интернет-ресурсов

1. Springer Journals_– полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer. http://link.springer.com/
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/defaultx.asp;
3. Словари и справочники издательства Оксфордского университета http://www.oxfordreference.com/pub/views/home.html;
4. Университетская информационная система Россия http://uisrussia.msu.ru/is4/-main.jsp;
5. Рекомендация МСЭ-Т G.651 - Характеристики многомодовых градиентных волоконно-оптических кабелей 50/125 мкм: http://izmer-ls.ru/g651.pdf
6. Рекомендации МСЭ-Т G.652 - Стандартное одномодовое оптоволокно: http://izmer-ls.ru/g652.pdf
7. Рекомендации МСЭ-Т G.653 - Одномодовое оптоволокно с нулевой смещенной дисперсией: http://izmer-ls.ru/g653.pdf
8. Рекомендации МСЭ-Т G.654 - Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со смещенной дисперсией и отсечкой: http://izmer-ls.ru/g654.pdf
9. Рекомендации МСЭ-Т G.655 - Характеристики одномодового волоконно-оптического волокна и кабеля с ненулевым дисперсионным смещением: http://izmer-ls.ru/g655.pdf
10. Рекомендации МСЭ-Т G.656 - Характеристики волокна и кабеля с ненулевой дисперсией для широкополосной оптической передачи: http://izmer-ls.ru/g656.pdf
11. Рекомендации МСЭ-Т G.657 - Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля, не чувствительного к потерям на макроизгибе, для использования в сетях доступа: http://izmer-ls.ru/g657.pdf
12. Рекомендация МСЭ-Т G.664 - Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.664-200603-S!!PDF-R&type=items
13. Рекомендация МСЭ-Т G.666 - Характеристики компенсаторов ПМД и приемники с компенсацией ПМД: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.666-200507-S!!PDF-R&type=items
14. Рекомендация МСЭ-Т G.671 - Характеристики передачи оптических компонентов и подсистем: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.671-200612-S!Amd2!PDF-R&type=items
15. Рекомендация МСЭ-Т G.694.2 - Спектральные сетки для применения технологий WDM: сетка длин волн технологии CWDM: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.671-200612-S!Amd2!PDF-R&type=items

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Учебная лаборатория (333 б) оборудована необходимыми установками и приборами для проведения лабораторных работ по дисциплинам, обеспечиваемым кафедрой СВЧиКР.

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

14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Объём часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только наиболее важные моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным и практическим занятиям, к написанию реферата. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии познакомить их с основными положениями и требованиями рабочей программы, с подлежащими изучению темами, списком основной и дополнительной литературы, с положениями балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности.

Согласована на портале № 190

Приложение 1

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 НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ»

(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы БАЛАКВАРИАТ
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление(я) подготовки (специальность) 210700.62 «ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ»
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ СВЯЗИ
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет РТФ (радиотехнический)
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра СВЧиКР (СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ И КВАНТОВОЙ РАДИОТЕХНИКИ)
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс ___3 **Семестр 5, 6**

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Зачет _____5_____**семестр** **Диф. зачет** _____ **семестр**

Экзамен ____6_____**семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 190

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-5	способность использовать нормативную и правовую документацию, характерную для области инфокоммуникационных технологий и систем связи (нормативные правовые акты Российской Федерации, технические регламенты, международные и национальные стандарты, рекомендации Международного союза электросвязи)	***В результате изучения дисциплины студент должен знать***: основные принципы построения первичных сетей электросвязи; конструкции и характеристики оптических направляющих сред; технические характеристики пассивных компонент ВОЛС; рекомендации МСЭ-Т (G.651 – G.657); нормативно- нормативную и правовую документацию правовую документацию ВОЛС; ***уметь:*** использовать полученные знания для расчета основных технических характеристик ВОЛС и их проектирования с учетом требований быстродействия, надежности, технологичности и удобства технической эксплуатации; определять и измерять передаточные, физические, механические и конструктивные характеристики оптических направляющих сред; ***владеть:*** навыками работы с оптическим волокном, методами его монтажа. Иметь опыт работы с приборами и аппаратурой по настройке и испытанию ОК; навыками применения теоретических и экспериментальных методов исследования для освоения новых перспективных оптических направляющих сред передачи.
ПК-8	умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов	***В результате изучения дисциплины студент должен знать***: основные принципы построения первичных сетей электросвязи; конструкции и характеристики оптических направляющих сред; технические характеристики пассивных компонент ВОЛС; рекомендации МСЭ-Т (G.651 – G.657); нормативно- нормативную и правовую документацию правовую документацию ВОЛС; ***уметь:*** использовать полученные знания для расчета основных технических характеристик ВОЛС и их проектирования с учетом требований быстродействия, надежности, технологичности и удобства технической эксплуатации; определять и измерять передаточные, физические, механические и конструктивные характеристики оптических направляющих сред; ***владеть:*** навыками работы с оптическим волокном, методами его монтажа. Иметь опыт работы с

Согласована на портале № 190

		приборами и аппаратурой по настройке и испытанию ОК; навыками применения теоретических и экспериментальных методов исследования для освоения новых перспективных оптических направляющих сред передачи.
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 программ	***Должен знать:*** алгоритмы расчета характеристик устройств и систем связи, в том числе, и с использованием самостоятельно создаваемых оригинальных программ; методики проектирования устройств и систем связи, в том числе, и с использованием средств автоматизации проектирования. ***уметь:*** проводить расчеты по проекту средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием; использовать методики проектирования устройств и систем связи, в том числе, и с использованием средств автоматизации проектирования. ***владеть:*** методиками расчета характеристик средств инфокоммуникаций; навыками проектирования узлов и устройств средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием.

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-5

ОПК-5: способность использовать нормативную и правовую документацию, характерную для области инфокоммуникационных технологий и систем связи (нормативные правовые акты Российской Федерации, технические регламенты, международные и национальные стандарты, рекомендации Международного союза электросвязи)

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	Знает нормативную и правовую документацию, характерную для ВОЛС (нормативные правовые акты Российской Федерации, технические регламенты,	Умеет использовать нормативную и правовую документацию, характерную для ВОЛС (нормативные правовые акты Российской Федерации, технические регламенты, международные и национальные стандарты, рекомендации	Владеет навыками использования нормативной и правовой документации, характерной для ВОЛС

Согласована на портале № 190

	международные и национальные стандарты, рекомендации Международного союза электросвязи)	Международного союза электросвязи).	
Виды занятий	Лекции; Практические занятия Групповые консультации;	Лабораторные работы; Выполнение домашнего задания; Самостоятельная работа студентов	Лабораторные работы;
Используемые средства оценивания	Тест; Контрольная работа; Выполнение домашнего задания; Экзамен	Оформление отчетности и защита лабораторных работ; Оформление и защита домашнего задания; Конспект самостоятельной работы	Защита лабораторных работ, Зачет Экзамен

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, требуе-мыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

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

Согласована на портале № 190

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает нормативную и правовую документацию, характерную для ВОЛС; представляет способы и результаты использования выбранных данных.	Умеет свободно использовать нормативную и правовую документацию, характерную для ВОЛС, обосновывает выбор метода и план решения поставленной задачи	Владеет навыками использования нормативной и правовой документации, характерной для ВОЛС.
Хорошо (базовый уровень)	Знает нормативную и правовую документацию, характерную для ВОЛС; выбирает способы и результаты использования выбранных данных.	Самостоятельно подбирает нормативную и правовую документацию,; характерную для ВОЛС; умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать выбор метода и план решения поставленной задачи	Владеет способами использования нормативной и правовой документации, характерной для ВОЛС.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Имеет основные понятия по поиску нормативной и правовую документации ; знает основные методы использования выбранных данных	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы	Владеет терминологией предметной области знания; Работает при прямом наблюдении.

2.2 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 5.

Таблица 5– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает, как собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования ВОЛС	Умеет собирать необходимые информацию для формирования исходных данных для проектирования ВОЛС.	Владеет навыками получения и обработки исходных данных для проектирования ВОЛС.
Виды занятий	Лекции; Практические занятия	Лабораторные работы; Выполнение домашнего задания;	Лабораторные работы

Согласована на портале № 190

	Групповые консультации;	Самостоятельная работа студентов	
Используемые средства оценивания	Тест; Контрольная работа; Выполнение домашнего задания; Экзамен	Оформление отчетности и защита лабораторных работ; Оформление и защита домашнего задания; Конспект самостоятельной работы	Защита лабораторных работ, Зачет, Экзамен.

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 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 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Уверенно знает, как собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования ВОЛС, представляет способы и	Умеет свободно собирать необходимую информацию для формирования исходных данных для проектирования ВОЛС; умеет математически выражать и	Способен руководить междисциплинарной командой; Владеет навыками получения и обработки исходных данных для проектирования ВОЛС, свободно

Согласована на портале № 190

	результаты использования исходных данных, анализирует связи между ними; обосновывает выбор метода и план решения составления проекта.	аргументированно доказывать выбор исходных данных.	владеет способами представления выбранной информации.
Хорошо (базовый уровень)	Имеет представление, как собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования ВОЛС, представляет способы и результаты использования исходных данных; обосновывает выбор метода и план решения составления проекта.	Самостоятельно подбирает информацию для формирования исходных данных для проектирования ВОЛС; умеет математически выражать и аргументированно доказывать выбор исходных данных.	Критически осмысливает полученные знания; компетентен в информации для формирования исходных данных для проектирования ВОЛС (работа в междисциплинарной команде); владеет разными способами представления выбранной информации.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Дает определения основных понятий; знает основные методы формирования исходных данных для проектирования ВОЛС, представляет способы и результаты использования исходных данных; обосновывает выбор метода и план решения составления проекта.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы	Владеет терминологией в области ВОЛС; способен корректно представить знания в математической форме. Работает при прямом наблюдении.

2.3 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 программ

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 8.

Таблица 8– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть

Согласована на портале № 190

Содержание этапов	Знает теоретические основы расчетов по проекту ВОЛС в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	Умеет проводить расчет основных технических характеристик ОВ, проводить расчеты по проекту ВОЛС; определять и измерять передаточные, физические, механические и конструктивные характеристики оптических направляющих сред.	Владеет методиками расчета характеристик ОВ,; навыками проектирования ВОЛС в соответствии с техническим заданием
Виды занятий	Лекции; Практические занятия Групповые консультации;	Лабораторные работы; Выполнение домашнего задания; Самостоятельная работа студентов	Лабораторные работы; Практические занятия
Используемые средства оценивания	Тест; Контрольная работа; Выполнение домашнего задания; Экзамен	Оформление отчетности и защита лабораторных работ; Оформление и защита домашнего задания; Конспект самостоятельной работы	Защита лабораторных работ, отчеты по практическим занятиям, Зачет, Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 8.

Таблица 9 – 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	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к

Согласована на портале № 190

		проблем в области исследования	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 10.

Таблица 10– Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	Обосновывает алгоритмы расчета ВОЛС; анализирует методики проектирования ВОЛС.	Грамотно проводит расчеты по проекту ВОЛС в соответствии с техническим заданием; уверенно применяет алгоритмы расчета ВОЛС.	Уверенно владеет навыками расчета характеристик ОВ; навыками проектирования ВОЛС в соответствии с техническим заданием; свободно использует приемы проектирования ВОЛС.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает алгоритмы расчета характеристик ВОЛС; аргументирует порядок проектирования ВОЛС.	Самостоятельно проводит расчеты по проекту ВОЛС в соответствии с техническим заданием; корректно применяет алгоритмы расчета ВОЛС.	Владеет навыками расчета ВОЛС; использует приемы проектирования ВОЛС.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Воспроизводит основные положения расчета ВОЛС; имеет представление о методиках проектирования ВОЛС.	Умеет представлять результаты расчетов ВОЛС; умеет работать со справочной литературой; Обладает основными умениями для выполнения простых задач	Владеет терминологией в области проектирования ВОЛС; способен корректно представить результаты расчета ВОЛС. Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 190

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:

Тест 1: Компьютерный тестовый контроль знаний (контрольно-измерительные материалы) для контроля знаний студентов по основным техническим характеристикам многомодовых и одномодовых оптических волокон (локальная сеть кафедры СВЧиКР).

Тест 2:

1. В чем заключается основное конструктивное отличие одномодового ОВ от многомодового?

а) диаметр сердцевины; *в) некруглость оболочки;*

б) коэффициент затухания; *г) неконцентричность сердцевины и оболочки.*

2. В каких единицах измеряется коэффициент широкополосности МОВ?

а) МГц/км; *в) МГц·км;*

б) дБ/км; *г) пс/нм^2·км.*

3. Назовите основные характеристики ПРОМ

а) пороговая чувствительность; *е) а), б), г);*

б) квантовая эффективность; *ж) только в) и г);*

в) полоса пропускания; *з) а), б) и д);*

г) отношение сигнал/шум; *и) все из перечисленных.*

д) время отклика;

4. Какие виды дисперсии имеют место в одномодовом ОВ?

а) хроматическая *в) хроматическая, ПМД, межмодовая*

б) хроматическая и ПМД *г) ПМД*

5. Каково значение коэффициента широкополосности для ОВ с градиентным ППП?

*а) 10-20 МГц*км* *в) 50-250 МГц*км*

*б) 20-50 МГц*км* *г) 400 -1200 МГц*км*

6. Каково типичное значение коэффициента обратного отражения и вносимого затухания для разъёма класса РС?

а) $\alpha_{отр} = -30\ дБ$ *и* $\alpha = 0,2\ дБ$

б) $\alpha_{отр} = -40\ дБ$ *и* $\alpha = 0,8\ дБ$

в) $\alpha_{отр} = -50\ дБ$ *и* $\alpha = 0,5\ дБ$

г) $\alpha_{отр} = -60\ дБ$ *и* $\alpha = 0,6\ дБ$

7. Какими механизмами обусловлено затухание света в ОВ?

а) УФ поглощение;

б) затухание на макроизгибах;

в) релеевское рассеяние;

г) затухание на микроизгибах;

д) ИК поглощение;

8. К пассивным компонентам ВОЛС относятся:

Согласована на портале № 190

а) *коннекторы, адаптеры, разветвители, оптические коммутаторы, аттенюаторы;*
б) коннекторы, адаптеры, разветвители, передающие оптоэлектронные модули, аттенюаторы;
в) коннекторы, адаптеры, усилители, оптические коммутаторы, аттенюаторы;
г) коннекторы, приемные оптоэлектронные модули, оптические коммутаторы, аттенюаторы, адаптеры.

9. Какими факторами ограничена длина регенерационного участка?

а) затухание;
б) строительной длиной;
в) дисперсией;
г) способом прокладки;

10. Каково значение числовой апертуры для ООВ?

а) 0,01 – 0,02 *в) 0,1 – 0,15*
б) 0,06 – 0,08 *г) 0,2 – 0,3*

11. Назовите основные характеристики ПОМ.

а) $\lambda 0$, P, $\Delta\lambda$;
б) P, $\Delta\lambda$, θ;
в) Коэффициент усиления, $\lambda 0$, P;
г) P, Массогабаритные показатели, λ;

12. Чему равен допустимый минимальный радиус изгиба ОК?

а) 5 диаметров кабеля
б) 10 диаметров кабеля
в) 20 диаметров кабеля
г) 30 диаметров кабеля

13. Чему равны потери на выходных портах разветвителя 1х2?

а) 3,4 дБ; *б) 6,8 дБ;*
в) 10 дБ; *г) 12 дБ;*

14. Каковы способы увеличения пропускной способности ВОЛС?

1) Компенсация дисперсии; 2) Усилители; 3) WDM системы; 4) Повторители; 5) Сплиттеры; 6) Коммутаторы.

а) 1, 2, 3; *б) 2, 4, 6;*
в) 1, 3; *г) 2, 5;*

15. Чему равно численное значение потерь в С – диапазоне для ООВ?

а) 0,55 дБ/км;
б) 0,2 дБ/км;
в) 0,35 дБ/км;
г) 2 дБ/км;

16. Для каких ВОЛС используется ОВ с ненулевой смещенной дисперсией (рек. G655)?

а) системы PON;
б) локальные сети;
в) системы СКС;
г) системы со спектральным уплотнением DWDM;

Согласована на портале № 190

Контрольные работы:

1. Расчет характеристик одномодовых и многомодовых ОВ (варианты)

Типовые параметры ВОЛС	Единицы измерения	Значения							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Диаметр сердцевины / оболочки	мкм	50 / 125			62,5 / 125			100/140	
Рабочая длина волны, λ	нм	820		1320	840		1280	850	1300
Профиль показателя преломления		ГПИП	СПИП	ГПИП	ГПИП	СПИП	ГПИП	ГПИП	ГПИП
Коэффициент затухания	дБ/км	2,5	2,5	0,8	3	3	0,7	4	1,5
Числовая апертура		0,23	0,23	0,23	0,28	0,238	0,28	0,29	0,29
Скорость передачи цифрового потока	Мбит/с	200	300	400	155	500	622	700	800
Энергетический потенциал	дБ	18	20	16	18	20	16	24	20
Энергетический запас	дБ	2	4	6	3	4	6	4	3
N_{PC}=4, α_{PC}=0,4 дБ									

2. Расчет длины элементарного кабельного участка (варианты)

Типовые параметры ВОЛС	**Единицы измерения**	**Значения**							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Тип ОВ		*SSF*	*SMF*	*SSF*	*SMF*	*SSF*	*NZDSF*	*DSF*	*NZDSF*
Рекомендация UTI.T		(G.652)	(G.652)	(G.652)	(G.652)	(G.652)	(G.655)	(G.653)	(G.655)
Коэффициент затухания	дБ/км	0,35	0,35	0,2	0,2	0,35	0,25	0,3	0,25
Коэффициент удельной хроматической дисперсии, D(λ)	пс/нм·км	7	3,5	18	18	4	4	4	4
Скорость передачи цифрового потока	Мбит/с	622	622	140	622	2000	2500	2500	622
Рабочая длина волны, λ	нм	1260	1320	1530	1550	1330	1550	1550	1600
Ширина спектра излучения,	нм	4,2	4,2	2	0,8	1,2	0,5	0,4	1,35
Мощность излучения оптического передатчика	дБм	15	10	10	10	17	7	3	2

Согласована на портале № 190

Чувствительность оптического приемника	дБм	-28	-34	-35	-37	-38	-38	-37	-38
Энергетический запас	дБ	2	3	4	5	6	3	5	4
Средняя строительная длина	км	2,2	4,4	4,4	2,2	4,4	2,2	4,4	2,2
$N_{РС}$=2, $\alpha_{РС}$=0,2 дБ, $\alpha_{НС}$=0,05 дБ									

Выполнение домашнего задания:

Решение задач индивидуальных заданий.

Темы расчетных заданий:

1. Расчет характеристик многомодового оптического волокна
2. Расчет характеристик одномодового оптического волокна
3. Расчет длины элементарного кабельного участка.

Темы лабораторных работ:

1. Исследование эффективности ввода оптического излучения в ОВ
2. Исследование затухания в ОВ и потерь на макроизгибах
3. Исследование дисперсионных характеристик ОВ
4. Исследование потерь в разъемных соединениях и коэффициентов деления делителей оптической мощности
5. Исследование оптических и конструктивных параметров ОВ и ОК
6. Работа по технологии сварки, монтажа и разделки ОВ

Темы практических работ (семинары):

1. Распространение оптических сигналов в ОВ, лучевая и волновая трактовка.
2. Затухание сигналов в ОВ
3. Дисперсия и полоса пропускания ОВ
4. Расчет характеристик многомодового и одномодового ОВ
5. Расчет пассивных компонентов ВОЛС
6. Расчет длины элементарного кабельного участка

Темы для самостоятельной работы:

Проработка теоретического материала:

1. Электродинамика оптических направляющих сред передачи
2. Передаточные характеристики ОВ
3. Конструкции и характеристики опти-ческих кабелей
4. Проектирование направляющих сред передачи

Подготовка к практическим занятиям.

1. Пассивные компоненты ВОЛС: коннкторы, сплиттеры, изоляоры, фильтры, циркуляторы.
2. Нелинейные эффекты.
3. Активные компоненты ВОЛС

Формой отчетности по разделам самостоятельной работы является реферат, реферат-доклад или презентация.

Темы курсового проекта:

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

Согласована на портале № 190

Экзаменационные вопросы:

Оптическое волокно (ОВ).

1. Дайте полную классификацию ОВ, численные значения передаточных характеристик.
2. Назовите все виды дисперсии, имеющие место в ОВ. Сравните дисперсию одномодовых и многомодовых ОВ.
3. В чем достоинства и недостатки одномодовых ОВ? Назовите типичные значения их передаточных характеристик для G.652
4. Какие стандарты ОВ наиболее широко используются в ВОЛС в настоящее время? Дайте численные значения их основных передаточных характеристик. Какова их область применения?
5. От чего зависят собственные потери в ОВ и потери в ОК?
6. Вследствие чего возникает поляризационная межмодовая дисперсия? В каких ОВ она появляется, к чему она приводит и как она рассчитывается?
7. Назовите «области прозрачности» кварцевых ОВ и приведите типичные численные значения потерь в каждом.
8. Перечислите на какие параметры ОВ влияет относительная разность показателей преломления сердцевины и оболочки. Каково его среднее значение для различных типов ОВ?
9. Из каких составляющих состоит хроматическая дисперсия? Коэффициент удельной дисперсии. Какой составляющей можно менять знак и что из этого следует?
10. Дайте определение дисперсии. Какие виды дисперсии вы знаете? В каких типах ОВ превалируют те или иные виды? В чем измеряется дисперсия?
11. Как связан коэффициент широкополосности с различным ППП? Каково его численное значение для разных ППП?
12. От какого параметра ОВ зависит величина эффективности ввода излучения? Каково ее значение для ООВ и МОВ?
13. Дайте определение межмодовой дисперсии. От каких параметров зависит величина межмодовой дисперсии в ОВ со ступенчатым и градиентным ППП?
14. Дайте определение нормированной частоты. Каково ее значение в случае ООВ и МОВ?
15. От чего зависит числовая апертура? На какие параметры ВОЛС влияет числовая апертура ОВ и каковы ее численные значения для ООВ и МОВ?
16. Перечислите геометрические и механические характеристики МОВ. Дайте их численное значение.
17. Дайте определение дисперсии. Какими методами и способами получают ОВ со смещенной или сглаженной дисперсией? Каким рекомендациям они соответствуют? В каких случаях используется?
18. Перечислите окна прозрачности кварцевых ОВ, величину затухания в них и интервалы длин волн соответствующие им.
19. Какими физическими процессами обусловлены потери световой мощности в ОВ?
20. От чего зависит межмодовая дисперсия в МОВ? Где она больше: в ОВ со ступенчатым ППП или параболическим ППП? Область применения МОВ.
21. Каковы основные преимущества использования оптических волокон в системах связи?
22. Чем определяется число направляемых мод в ступенчатом и градиентном МОВ? От чего оно зависит?

Согласована на портале № 190

Оптические кабели (ОК)

1. Опишите основные типы конструкции ОК.
2. Какие марки кабелей предназначены для подземной прокладки?
3. От чего зависят суммарные потери элементарного кабельного участка?
4. Опишите принципы маркировки.
5. Какие марки кабелей предназначены для подвесных ОК.
6. Перечислите основные компоненты ОК.
7. Технические требования к оптическим кабелям связи.
8. Кабели для наружной прокладки. Какие марки кабелей предназначены для прокладки в грунт?
9. Перечислите достоинства и недостатки ОК по сравнению с электрическими линиями связи.
10. От каких параметров зависит длина регенерационного участка? Назовите методы увеличения длины регенерационного участка.
11. Кабели для воздушной подвески. Какие марки кабелей предназначены для подвески?
12. Перечислите основные конструктивные элементы ОК. Что относится к специальным кабелям?
13. Дайте классификацию оптических кабелей по конструкции.
14. Перечислите типы распределителей оптического излучения (РОИ) и приведите их основные параметры.
15. Дайте определение энергетического потенциала ВОЛС. От чего он зависит и каково его значение для магистральных, зоновых линий связи?
16. Каковы методы изготовления ОВ?
17. Дайте классификацию оптических кабелей по назначению.
18. Виды прокладки ОК при строительстве ВОЛС.
19. Перечислите основные компоненты ОК. Какие марки кабелей предназначены для прокладки в кабельной канализации?
20. Для чего на оптическое волокно наносят полимерное покрытие?
21. Назовите методы увеличения длины регенерационного участка.
22. Чем ограничена длина регенерационного участка и каковы методы увеличения пропускной способности регенерационного участка?

Пассивные компоненты (ПК)

1. Назовите типы оптических коммутаторов. Опишите принцип работы оптического коммутатора.
2. Принцип работы оптического изолятора. Каково его назначение?
3. Назовите виды и характеристики ответвителей, приведите типовые значения их параметров.
4. Назовите типы торцевых разветвителей с оптическими элементами и нарисуйте схемы их построения.
5. Назначение и классификация соединительных муфт.
6. Перечислите все известные вам виды пассивных компонентов ВОЛС и их основные характеристики.
7. Каково назначение WDM устройств, каковы их основные параметры и перечислите физические явления, используемые в них.
8. Дайте сравнительный анализ различных типов оптических переключателей (коммутаторов) и приведите их параметры.

Согласована на портале № 190

9. Перечислите методы соединения ОВ, проанализируйте их достоинства и недостатки с указанием среднего значения потерь.
10. Как влияет диаметр модового поля на параметры WDM устройств и как зависит от длины волны?
11. Каковы требования к оптическим разъемным соединителям (коннекторам)? Причины возникновения в них потерь.
12. Какие типы неразъемных оптических соединителей вы знаете? Где применяются разъемные и неразъемные соединения?
13. Перечислите достоинства и недостатки WDM устройств на дифракционных решетках и сравните их с WDM других видов.
14. Какие существуют способы соединения ОВ? Основные передаточные характеристики соединителей. Дайте их численное значение.
15. Конструкции соединительных муфт.
16. Назовите и дайте определения основных параметров оптических разветвителей.
17. Для чего предназначен аттенюатор? Какие типы аттенюаторов вы знаете?
18. Типы контакта в соединителях (коннекторах).
19. Виды оптических коннекторов, их основные характеристики и область применения.
20. В чем заключается технология PON. Архитектура PON?
21. Назовите основные виды разветвителей. Опишите принцип работы разветвителя.
22. Каково назначение оптического коммутатора. Принцип работы оптического коммутатора.

Типовые задачи Государственного экзамена.

1. Определить наибольшую длину участка регенерации и величину энергетического потенциала магистральной ВОЛС, использующей ОВ G.652 на длине волны $\lambda =$ 1560 *нм* ($S_0 = 0.09$ *пс/нм^2*км* и $\lambda_0 = 1310$ *нм*) при передаче потока *STM–4*, линейный код передачи -NRZ. Источник излучения- LD со спектральной шириной $\Delta\lambda = 0.8$ *нм*. При расчете учесть: энергетический запас; потери на соединениях ОВ (разъемных, неразъемных), макроизгибах (кабельные потери). В ВОЛС использованы пассивные компоненты: 3 ответвителя с коэффициентом деления 10/90% и 1 переключатель каналов.

2. В горизонтальной проводке ЛВС (LAN) длиной 500 *м*, используется многомодовое ОВ. Определить максимальную скорость передачи, реализуемую МОВ (рек. G.651) с показателем преломления сердцевины n_1=1,47 и числовой апертурой NA=0.2. Рассмотреть два варианта: ступенчатый и градиентный ППП. Оценить минимальный необходимый энергетический потенциал линии, исходя из экономической эффективности ЛВС (рассмотреть возможность применения СИД или ЛД)

Задачи повышенной сложности.

Ниже приведены задачи по расчету длины регенерационного участка современных ВОЛС.

1. Определить величину энергетического потенциала и наибольшую длину участка регенерации магистральной ВОЛС, использующей ОВ по Рек. G.653 при передаче потока STM-64, линейный код – NRZ. Источник излучения – LD со спектральной шириной $\Delta\lambda$=0,01 нм. При расчете учесть: энергетический запас; потери на соединениях ОВ (разъемных, неразъемных), макроизгибах (кабельные потери). В ВОЛС использованы пассивные компоненты: 1 ответвитель с коэффициентом деления 20/80% и 1 переключатель резервного канала.

Согласована на портале № 190

4 Методические материалы

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций соответствуют рабочей программе курса 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

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, в составе:

12.1.Основная литература

1. Андреев В.А., Портнов Э.Л., Кочановский Л.Н. Направляющие системы электросвязи. Учебник для вузов. В 2-х томах. Том. 1. Теория передачи и влияния. Учебное пособие. 7-е изд., перераб. и доп.- . М. Горячая линия –Телеком. 2009 г.- 424с.:ил. (10 экз. в библ.)
2. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 150 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/802

12.2. Дополнительная литература

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи.: учеб. пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2006. – я с. (26 экз. в библ.)
2. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: (40 экз. в библ.)
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ - М.: Техносфера, 2006. – 495 с. (14 экз. в библ.)
4. Портнов Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи: Учебное пособие для вузов. – М: Горячая линия-Телеком, 2009. – 544с.: ил. (5 экз. в библ.)
5. Оптические телекоммуникационные системы [Электронный ресурс] : Учебник для вузов / В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев и др. Под ред. профессора В. Н. Гордиенко. – М: Горячая линия-Телеком, 2011. – 368 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/5147/page368/ .

12.3. Перечень методических указаний по лабораторным работам, практическим занятиям, самостоятельной работе

1. Оптические направляющие системы и пассивные компоненты ВОЛС [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам / Ефанов В. И. – 2012. 43 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/790
2. Сборник задач по волоконно-оптическим линиям связи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Ефанов В. И. – 2012. 50 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/788
3. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи [Электронный ресурс]: Методические указания по организации самостоятельной работы / Ефанов В. И. – 2009. 41 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/1266

12.4. Перечень интернет-ресурсов

1. Springer Journals_– полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства

Согласована на портале № 190

Springer. http://link.springer.com/

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/defaultx.asp;
3. Словари и справочники издательства Оксфордского университета http://www.oxfordreference.com/pub/views/home.html;
4. Университетская информационная система Россия http://uisrussia.msu.ru/is4/-main.jsp;
5. Рекомендация МСЭ-Т G.651 - Характеристики многомодовых градиентных волоконно-оптических кабелей 50/125 мкм: http://izmer-ls.ru/g651.pdf
6. Рекомендации МСЭ-Т G.652 - Стандартное одномодовое оптоволокно: http://izmer-ls.ru/g652.pdf
7. Рекомендации МСЭ-Т G.653 - Одномодовое оптоволокно с нулевой смещенной дисперсией: http://izmer-ls.ru/g653.pdf
8. Рекомендации МСЭ-Т G.654 - Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со смещенной дисперсией и отсечкой: http://izmer-ls.ru/g654.pdf
9. Рекомендации МСЭ-Т G.655 - Характеристики одномодового волоконно-оптического волокна и кабеля с ненулевым дисперсионным смещением: http://izmer-ls.ru/g655.pdf
10. Рекомендации МСЭ-Т G.656 - Характеристики волокна и кабеля с ненулевой дисперсией для широкополосной оптической передачи: http://izmer-ls.ru/g656.pdf
11. Рекомендации МСЭ-Т G.657 - Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля, не чувствительного к потерям на макроизгибе, для использования в сетях доступа: http://izmer-ls.ru/g657.pdf
12. Рекомендация МСЭ-Т G.664 - Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.664-200603-S!!PDF-R&type=items
13. Рекомендация МСЭ-Т G.666 - Характеристики компенсаторов ПМД и приемники с компенсацией ПМД: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.666-200507-S!!PDF-R&type=items
14. Рекомендация МСЭ-Т G.671 - Характеристики передачи оптических компонентов и подсистем: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.671-200612-S!Amd2!PDF-R&type=items
15. Рекомендация МСЭ-Т G.694.2 - Спектральные сетки для применения технологий WDM: сетка длин волн технологии CWDM: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.671-200612-S!Amd2!PDF-R&type=items

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Учебная лаборатория (333 б) оборудована необходимыми установками и приборами для проведения лабораторных работ по дисциплинам, обеспечиваемым кафедрой СВЧиКР.

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

Согласована на портале № 190