

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения»

Уровень основной образовательной программы \_\_\_\_\_ Бакалавриат \_\_\_\_\_

Направление подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Профиль «Оптические системы и сети связи»

Форма обучения \_\_\_\_\_ заочная \_\_\_\_\_

Факультет \_\_\_\_\_ Радиотехнический \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР) \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_ четвертый, пятый \_\_\_\_\_ Семестр \_\_\_\_\_ восьмой, девятый \_\_\_\_\_

Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Семестр 9	Всего	Единицы
1.	Лекции						4	8	12	часов
2.	Лабораторные работы						4	4	8	часов
3.	Практические занятия						4	4	8	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)								-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)						12	16	28	часов
6.	Самостоятельная работа студентов (СРС)						60	119	179	часов
7.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)						72	135	207	часов
8.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена							9	9	часов
9.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)								216	часов
	(в зачетных единицах)								6	ЗЕТ

Экзамен \_\_\_\_\_ девятый \_\_\_\_\_ семестр

Томск 2017

Согласована на портале №

14457

## Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденного Приказом Минобрнауки России 06 марта 2015 г. регистрационный номер 174, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « » \_\_\_\_\_ 2016 г., протокол № \_\_\_\_

Разработчик Профессор каф. СВЧиКР \_\_\_\_\_ Шандаров В.М.  
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой СВЧиКР \_\_\_\_\_ Шарангович С.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами.

Декан РТФ \_\_\_\_\_ Попова К.Ю.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей  
кафедрой СВЧиКР \_\_\_\_\_ Шарангович С.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей  
кафедрой СВЧиКР \_\_\_\_\_ Шарангович С.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

### Эксперты:

ТУСУР, каф.ТОР, доц. \_\_\_\_\_ С.И.Богомолв

ТУСУР, каф. СВЧиКР Профессор \_\_\_\_\_ А.Е. Мандель

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:**

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами основных принципов построения волоконно - оптических устройств и систем сбора, передачи и обработки измерительной информации; физических основ измерения возмущений различной природы с помощью волоконно - оптических датчиков; вопросов расчета характеристик таких датчиков и путей улучшения этих характеристик.

В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить самостоятельный анализ явлений и эффектов в области волоконной оптики, а также эффективно работать в области проектирования, технологии и эксплуатации волоконно-оптических элементов, устройств и систем. Студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие подготовку для усвоения последующих дисциплин.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:**

Дисциплина по выбору вариативной части профессионального цикла (Б1.В.ДВ.4.1)

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- 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 (ПК-9);
- способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики (ПК-17).

В результате изучения дисциплины студент должен

### **знать:**

- основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур (ПК-17);
- основы физики взаимодействия света со средой и основы нелинейной оптики в приложении к оптическим направляющим структурам (ПК-17);
- устройство, принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков и измерительных систем различных физических воздействий (ПК-9, ПК-17);
- устройство, принципы работы и характеристики современных волоконно-оптических лазеров (ПК-9, ПК-17);

### **уметь:**

- объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических компонентов и приборов (ПК-17);
- применять на практике известные методы исследования волоконно-оптических элементов, устройств и систем (ПК-17);
- выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик волоконно-оптических компонентов, устройств и систем (ПК-17);
- проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов, устройств и систем, а также иметь представление о методах их компьютерной оптимизации (ПК-9);

- пользоваться справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи, сопоставляя особенности характеристик таких компонентов и приборов (ПК-9);

**владеть:**

- навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики (ПК-9);

- навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов и устройств (ПК-9);

- навыками практической работы с волоконно-оптическими элементами, а также с лабораторными макетами различных волоконно-оптических приборов и с контрольно-измерительной аппаратурой (ПК-9, ПК-17).

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		8	9
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	28	12	16
В том числе:			
Лекции	12	4	8
Лабораторные работы (ЛР)	8	4	4
Практические занятия	8	4	4
<b>Самостоятельная работа (всего), в том числе:</b>	179	60	119
Изучение материала лекций	60	20	40
Подготовка к контрольным работам	60	20	40
Самостоятельное изучение отдельных тем	59	20	39
Подготовка к экзамену и сдача экзамена	9		9
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		Экзамен	
Общая трудоемкость	216	72	144
Зачетные единицы трудоемкости	6	2	4

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	Практ. Зан.	СРС	Всего час. (без экз.)	Формируемые компетенции (ПК)
1	Введение. Классификация волоконно - оптических приборов и систем	1	-	-	4	3	ПК-9
2	Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков	1	4	4	30	35	ПК-9, ПК-17
3	Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи	2	4	4	35	34	ПК-9, ПК-17
4	Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом	2	-		30	34	ПК-9, ПК-17
5	Волоконно - оптические гироскопы	1	-		40	24	ПК-9, ПК-17
6	Волоконные лазеры	1	-		40	24	ПК-9, ПК-17
7	Волоконно – оптические измерительные системы	4	-		10	26	ПК-9, ПК-17
Итого:		12	8	8	179	180	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ПК)
1	Введение. Классификация волоконно – оптических приборов и систем.	Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, основная и дополнительная литература. Классификация волоконно-оптических систем. Классификация волоконно-оптических датчиков по функциональному назначению волоконно-оптического тракта и методам модуляции оптического излучения.	1	ПК-9
2	Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков.	Волоконные световоды (ВС): ВС с двойным лучепреломлением; некарцевые ВС, особенности физических свойств и характеристик ВС для волоконно-оптических датчиков. Делители световых пучков, сумматоры, направленные ответвители, поляризаторы, оптические вентили, фазовые пластинки. Интегрально-оптические интерферометры, модуляторы интенсивности света и фазовые модуляторы, элементы для сдвига частоты света.	1	ПК-9, ПК-17
3	Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи	Датчики амплитудного типа для измерения температуры, механических величин, концентрации химических веществ. Датчики поляризационного типа для измерения магнитного поля, напряженности электрического поля, давления и ускорения. Датчики на основе сдвига частоты света для измерения скорости твердых тел, скорости сыпучих или жидких веществ. Схемы построения, основные	2	ПК-9, ПК-17

		характеристики, функции преобразования, области применения датчиков с волокном - линией передачи.		
4	Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом	Датчики с использованием модуляции потерь для измерения микроперемещений, датчики на основе эффектов люминесценции. Волоконно-оптические брэгговские решетки и датчики на их основе. Датчики на основе интерференции света. Интерферометрические схемы Маха - Цендера, Майкельсона, Фабри – Перо. Схемы построения, основные характеристики, функции преобразования и области применения.	2	ПК-9, ПК-17
5	Волоконно - оптические гироскопы	Эффект Саньяка, основные схемы лазерных и волоконно – оптических гироскопов, основные характеристики и методы их улучшения, методы повышения чувствительности и снижения шумов. Примеры реализации волоконно-оптических гироскопов, основные особенности и характеристики реальных приборов.	1	ПК-9, ПК-17
6	Волоконные лазеры	История развития волоконных лазеров. Особенности конструкции и основные характеристики современных волоконных лазеров. Принцип работы, особенности конструкции, основные характеристики волоконных рамановских лазеров.	1	ПК-9, ПК-17
7	Волоконно – оптические измерительные системы	Идеология построения квазираспределенных волоконно-оптических систем для измерения характеристик распределения возмущения по площади. Типовые чувствительные элементы и примеры реализации волоконно-оптических измерительных систем квазираспределенного типа. Принципы построения распределенных волоконно-оптических измерительных систем. Волоконно-оптические датчики распределения возмущения. Примеры реализации и характеристики волоконно-оптических измерительных систем распределенного типа.	4	ПК-9, ПК-17

### 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
<b>Предшествующие дисциплины</b>							
1	Математический анализ		+	+	+	+	+
2	Физика	+	+	+	+	+	+
3	Информатика	-	+	+	+	+	+
4	Электромагнитные поля и волны	-	-	+	+	+	+
5	Оптические направляющие среды	-	-	+	+	-	-
6	Основы физической и квантовой оптики	-	+	+	+	+	+
7	Основы оптоэлектроники и волоконной оптики	+	+	+	+	+	+
<b>Последующие дисциплины</b>							
1	Оптические цифровые телекоммуникационные системы	-	+	-	+	+	+
2	Метрология в оптических телекоммуникационных системах	-	+	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля по всем видам занятий
	Л	Лаб	Пр.	КР/КП	СРС	
ПК-9	+	+	+	-	+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Зачет
ПК-9, ПК-17	+	+	+	-	+	Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Зачет

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

#### 6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе, с учетом требований к объему занятий в интерактивной форме.

#### 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)	ПК
2	Исследование волоконно – оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна	4	ПК-9, ПК-17
3	Исследование эффективности ввода света в волоконный световод	4	ПК-9, ПК-17

#### 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№	Раздел дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ПК
1	2	Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов волоконно-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок, оптических изоляторов	4	ПК-9, ПК-17
2	3	Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков. Семинар.	4	ПК-9, ПК-17

#### 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы (детализация)	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ПК	Контроль выполнения работы
1	1	Изучение теоретического материала.	4	ПК-9	Зачет.
2	2	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе.	30	ПК-9, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Экзамен.
3	3	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к	35	ПК-9, ПК-17	Выступления на семинаре. Отчет по лаборатор-

		лабораторной работе.			ной работе. Экзамен.
4	4	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе.	30	ПК-9, ПК-17	Выступления на семинаре. Экзамен.
5	5	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	40	ПК-9, ПК-17	Выступления на семинаре. Экзамен.
6	6	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	40	ПК-9, ПК-17	Выступления на семинаре. Экзамен.
7	7	Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).	10	ПК-9, ПК-17	Выступления на семинаре. Экзамен.

## 10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

## 11. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

### 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 балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости, действующей с 2009 г., которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга (раздел 6).

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

$$КТx|_{x=1,2} = \frac{(Сумма\_баллов,\_набранная\_к\_КТx)*5}{Требуемая\_сумма\_баллов\_по\_балльной\_раскладке}$$

После окончания семестра студент, набравший менее 50 баллов, считается неуспевающим, не получившим зачет. **Студент, выполнивший все запланированные лабораторные работы, и т.д.** и набравший сумму 50 и более баллов, получает зачет «автоматом».

**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 11.1 Распределение баллов в течение семестра**

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	3	3	4	<b>10</b>

Тестовые контрольные работы на практических занятиях	8	8	8	<b>24</b>
Выполнение и защита результатов лабораторных работ		12	12	<b>24</b>
Компонент своевременности	4	4	4	<b>12</b>
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>70</b>
Сдача экзамена (максимум)				<b>30</b>
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>15</b>	<b>42</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

**Таблица 11.2 Пересчет баллов в оценки за контрольные точки**

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

**Таблица 11.3 Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку**

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

## **12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:**

### **12.1. Основная литература**

1. В.М. Шандаров. Волоконно-оптические устройства технологического назначения. – Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие – Томск: ТУСУР, 2013. – 190 с. Режим доступа <http://edu.tusur.ru/training/publications/3709>

### **12.2. Литература дополнительная**

1. В.И.Бусурин, Ю.Р.Носов. Волоконно - оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения. - М.: Энергоатомиздат, 1990 г. (3)
2. Б.А.Красюк, Г.И.Корнеев. Оптические системы связи и световодные датчики (вопросы технологии). - М.: Радио и связь, 1985. - 192 с. (6)
3. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2011.- 528 с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/view/book/690>

### **12.3. Перечень методических указаний по практическим занятиям и лабораторным работам**

1. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование волоконно – оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе – 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/59>
2. Шандаров В. М., Карпушин П. А. Исследование оптического датчика линейного перемещения объекта, построенного по схеме оптического зонда: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе – 2011. 6 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/61>
3. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе – 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/120>
5. Шандаров В.М. Волоконно-оптические устройства и приборы: [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи. - Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 60 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/3712>

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **13.1 Общие требования**

1. Компьютерный класс, оборудованный компьютерами класса Pentium II и выше, включенный в сеть Internet.

### **13.2 Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

2. Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

3. При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями

слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

4. При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

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

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П.Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**  
**Волоконно-оптические устройства и системы технологического**  
**назначения**

Уровень основной образовательной программы: **БАКАЛАВРИАТ**

Направление(я) подготовки (специальность): 11.03.02 **«ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ»**

Профиль(и): **ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ СВЯЗИ**

Форма обучения **ЗАОЧНАЯ**

Факультет **РТФ (РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ)**

Кафедра **СВЧиКР (СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ И КВАНТОВОЙ РАДИОТЕХНИКИ)**

Курс 4, 5

Семестр 8, 9

Учебный план набора **2016** года

Зачет \_\_\_\_\_ семестр

Диф. зачет \_\_\_\_\_ семестр

Экзамен **9** семестр

Томск 2017

## Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Волоконно-оптические устройства технологического назначения» 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 используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций**

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
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	<p><b>Должен знать</b> устройство, принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий и принципы работы волоконно-оптических лазеров.</p> <p><b>Должен уметь</b> проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов и устройств, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств; пользоваться справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи.</p> <p><b>Должен владеть</b> навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов и устройств.</p>
ПК-17	способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	<p><b>Должен знать</b> основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; характеристики современных волоконно-оптических устройств и приборов.</p> <p><b>Должен уметь</b> объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических компонентов и приборов; применять известные методы исследования волоконно-оптических элементов и устройств; рассчитывать параметры и характеристики волоконно-оптических компонентов и устройств.</p> <p><b>Должен владеть</b> навыками практической работы с волоконно-оптическими элементами, а также с контрольно-измерительной аппаратурой.</p>

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

**Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическим и теоретическим знанием 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 решения простых задач.	Работает при прямом наблюдении.

## 2. Реализация компетенций

### 2.1. Компетенция ПК-9

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

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

**Таблица 3–Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Устройство, принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий и принципы работы волоконных лазеров и волоконно-оптических измерительных систем.	Проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов, устройств и систем, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации их характеристик; пользоваться справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи.	Навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов, устройств и систем.

Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Экзамен.	Задачи. Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Экзамен.

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

**Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Знает устройство, принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий, принципы работы волоконных лазеров и принципы построения волоконно-оптических измерительных систем.	Проводит компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов, устройств и систем; имеет представление о методах их компьютерной оптимизации; пользуется справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи.	Свободно владеет Навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики; навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов, устройств и систем.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	Понимает суть принципов работы волоконно-оптических датчиков и измерительных систем и принципов работы волоконно-оптических лазеров.	Умеет самостоятельно выбирать методы решения задач в области проектирования и исследования волоконно-оптических приборов и систем.	Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с проектированием и исследованием волоконно-оптических приборов и систем.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	Дает определения основных понятий в области приложений волоконной оптики.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить информацию, связанную с приложениями волоконной оптики.

## 2.2. Компетенция ПК-17

ПК-17: способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики. 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	Основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; характеристики современных волоконно-оптических устройств, приборов и систем.	Объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических компонентов и приборов; применять известные методы исследования волоконно-оптических элементов и устройств; рассчитывать параметры и характеристики волоконно-оптических компонентов, устройств и систем.	Навыками практической работы с волоконно-оптическими элементами и приборами, а также с контрольно-измерительной аппаратурой.
Виды занятий	Лекции. Практические занятия.	Лабораторные работы. Практические занятия. Самостоятельная работа студентов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов.
Используемые средства оценивания	Задачи. Экзамен.	Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Экзамен.
Используемые средства оценивания	Задачи. Зачет.	Оформление отчетности и защита лабораторных работ.	Защита лабораторных работ. Зачет.

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

**Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции**

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Знает основные законы и соотношения волновой оптики и оптики направляющих диэлектрических структур; основы физики взаимодействия света со средой и нелинейной оптики; характеристики современных волоконно-оптических устройств, приборов и систем.	Умеет объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических компонентов и приборов; применять известные методы исследования волоконно-оптических элементов и устройств; рассчитывать параметры и характеристики волоконно-оптических компонентов и устройств.	Свободно владеет навыками практической работы с волоконно-оптическими элементами, а также с контрольно-измерительной аппаратурой.
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	Понимает связи между различными понятиями в области волоконно-оптических приборов. Имеет представление о принципах построения волоконно-оптических элементов, приборов и систем.	Имеет представление о методах компьютерной оптимизации характеристик волоконно-оптических элементов и приборов; Умеет самостоятельно определять методы решения задач проектирования.	Владеет навыками работы с литературными источниками в области волоконной оптики.
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	Имеет представление о принципах построения волоконно-оптических элементов и приборов.	Умеет работать со справочной литературой; умеет представлять результаты своей работы.	Может корректно представить знания и информацию, связанную с оптическими явлениями.

### 3. Типичные контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- 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:

**Контрольные задачи (типичные) по элементарным знаниям и практическим навыкам по темам:**

#### 3.1. ТЕМА: Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков.

##### Задача 2.

На пленочный поляризатор падает линейно поляризованный световой пучок мощностью 1 мВт, плоскость поляризации света отклонена от направления главной оси поляризатора на

30°. Какова величина световой мощности, прошедшей через поляризатор, если поляризующий материал заключен между двумя стеклянными пластинками (для стекла  $n=1,51$ ), а френелевскими отражениями на границе между стеклом и этим материалом можно пренебречь?

**Решение:**

Уменьшение мощности световой волны, прошедшей через поляризатор, обусловлено в реальных элементах эффектами частичного отражения света на границах раздела сред с разными свойствами, поглощения света в материале структуры, а также собственно поляризующим действием такого элемента.

Для наглядности представим схему данного элемента (рис. 1.2). Частичное отражение света может наблюдаться здесь на границах раздела 1 – 4 (отмечены стрелками). Согласно условиям задачи, можно пренебречь эффектом отражения света на границах 2 и 3. Поскольку условиями не определена величина оптического поглощения в материале поляроида, им также пренебрегаем. В итоге, для определения прошедшей световой мощности учитываем эффект частичного отражения света на входной и выходной границах структуры (границы 1 и 4), а также отклонением плоскости поляризации света от главного направления поляроида. определяемым законом Малюса.

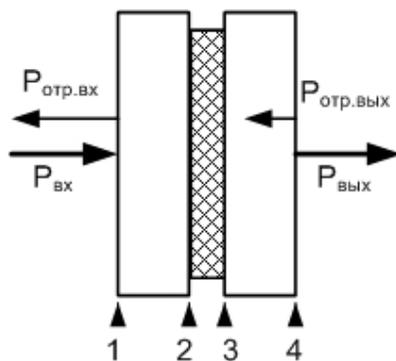


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

Поскольку коэффициент отражения света (по интенсивности) на границе диэлектрической среды с показателем преломления  $n$  и воздуха определяется соотношением  $r = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$  [2, 3], то интенсивность (или мощность) прошедшего пучка при полном пропускании поляроида была бы равна  $P_{np} = P_{над} \cdot (1-r)(1-r) = P_{над} \cdot (1-r)^2$ . Учет поворота главной оси поляроида относительно плоскости поляризации световой волны приводит это соотношение к виду:

$$P_{np} = P_{над} \cdot (1-r)^2 \cdot \cos^2 \theta, \text{ где } \theta=30^\circ. \text{ Для } n=1,51 \text{ в итоге получаем:}$$

$$r=0,0413; P_{np}=1 \cdot (1-0,0413)^2 \cdot \cos^2(30^\circ)=0,9178 \cdot 0,75=0,6884 \text{ мВт.}$$

Таким образом, мощность прошедшего через поляризатор светового пучка в данном случае составляет 0,6884 мВт.

**3.2. ТЕМА: Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи**

**Задача 1**

Оптический датчик напряженности магнитного поля построен на основе эффекта Фарадея в свинцовом стекле с показателем преломления  $n=1,6$ . Источником излучения является

светодиод, излучение которого подводится к чувствительному элементу и отводится от него с помощью многомодовых волоконных световодов с градиентными стержневыми линзами. В качестве поляризатора и анализатора используются пленочные поляроиды с начальными оптическими потерями 20%. Определите собственные оптические потери прибора, считая, что его рабочая точка находится в середине линейного участка, а торцевые поверхности градиентных линз просветлены (потерями на отражение света от этих поверхностей можно пренебречь).

### Решение

Оптические потери в данном устройстве обусловлены начальными оптическими потерями поляризатора и анализатора, а также поворотом друг относительно друга главных направлений поляризатора и анализатора, определяющим положение рабочей точки прибора. Середина линейного участка соответствует углу между ними в  $45^\circ$ . Таким образом, световая мощность на выходе анализатора может быть найдена как:

$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot \cos^2(45^\circ) = 0,64 \cdot 0,5 \cdot P_{\text{вх}} = 0,32 P_{\text{вх}}$ . Соответственно, потери мощности составляют 68% или

$$B_0 = 10 \cdot \lg(P_{\text{вх}}/P_{\text{вых}}) = 10 \cdot \lg(1/0,32) = 10 \cdot \lg(3,125) = 4,95 \text{ дБ}$$

### 3.3. ТЕМА: Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом

#### Задача 2.10

В волоконно-оптическом интерферометре Маха-Цендера соотношение интенсивностей света в опорном и сигнальном каналах составляет 1:2. На какую величину изменяется при этом максимальная чувствительность интерферометра в сравнении со случаем одинаковых интенсивностей света в обоих каналах?

### 4. Темы самостоятельной работы студентов

4.1. Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков.
4.2. Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи
4.3. Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом
4.4 Волоконно - оптические гироскопы
4.5. Волоконные лазеры

### 5. Темы лабораторных работ

1. Исследование волоконно – оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна.
2. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод.

### 6. Экзаменационные вопросы

1. Структурная схема преобразования физической величины в волоконно – оптических датчиках.
2. Основные параметры ВОД.
3. Механизмы птерь света в волоконных световодах.
4. Неволоконные компоненты волоконно – оптических устройств: фазовые пластинки.
5. Оптические изоляторы: пример реализации.
6. Пример электрооптического модулятора интенсивности света.

7. Принцип работы волоконно – оптического лазера, использующего эффект комбинационного рассеяния.
8. Структурная схема распределенной ВО измерительной системы, принцип ее работы
9. Принцип построения датчика температуры с измерением теплового излучения в ВОД с волокном - линией передачи.
10. Схема оптического зонда для измерения смещений и колебаний.
11. Принцип действия и схема ВОД поляризационно - вращательного типа.
12. Схема датчика магнитного поля на основе эффекта Фарадея (волокно - линия передачи).
13. Типы волоконно - оптических интерферометров.
14. Базовая схема гомодинного интерферометра Маха - Цендера.
15. Выражение для интенсивности света на выходе интерферометра Маха - Цендера.
16. Как выбирают рабочую точку в интерферометре Маха - Цендера?
17. Схема и принцип работы интерферометра Фабри - Перо. Пример ВОД на основе интерферометра Фабри - Перо.
18. Суть эффекта Саньяка. Классическая схема волоконно - оптического гироскопа.
19. Схема волоконно - оптического гироскопа с кольцевым резонатором пассивного типа.
20. Волоконно-оптические брэгговские решетки и длинно-периодные волоконные решетки – что это такое и в чем их различия?
21. Соотношение между периодом волоконно-оптической брэгговской решетки и длиной волны света, на которой решетка является брэгговской.
22. Принцип работы чувствительного элемента датчика упругих деформаций на основе волоконно-оптической брэгговской решетки.
23. Методы формирования ВОБР. Пример схемы формирования ВОБР.
24. Пример схемы обработки сигнала датчика на основе ВОБР.
25. Схема волоконно-оптического лазера. Основные компоненты. Пути достижения высокой выходной мощности в таких лазерах.

## 7. Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы для оценивания знаний и характеризующие этапы формирования компетенций ( все методические материалы приведены в рабочей программе):

1. В.М. Шандаров. Волоконно-оптические устройства технологического назначения. – Томск: Томск. гос. Ун-т систем упр. и радиоэлектроники, [Электронный ресурс]: учебное пособие – Томск: ТУСУР, 2013. – 190 с. Режим доступа <http://edu.tusur.ru/training/publications/3709>
2. Карпушин П. А., Шандаров В. М. Исследование волоконно – оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе – 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/59>
3. Шандаров В. М., Карпушин П. А. Исследование оптического датчика линейного перемещения объекта, построенного по схеме оптического зонда: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе – 2011. 6 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/61>
4. Тренихин П. А., Шандаров В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе – 2011. 7 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/120>
5. Шандаров В.М. Волоконно-оптические устройства и приборы: [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи. - Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 60 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/3712>