**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

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

**УТВЕРЖДАЮ**
**Проректор по учебной работе**

_____ **П. Е. Троян**

«___» _____ 2016 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# «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**_____очная_____

**Факультет** _____Радиотехнический_____

**Кафедра** _____Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)_____

**Курс** ____четвертый_____ **Семестр** __седьмой_____

**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 | | | | | | | 40 | | 40 | часов |
| 2. | Лабораторные работы | | | | | | | 20 | | 20 | часов |
| 3. | Практические занятия | | | | | | | 48 | | 48 | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | | | | | | | - | | - | часов |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | | | | | | | 108 | | 108 | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | | | | | | | - | | | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | | | | | | | 72 | | 72 | часов |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | | | | | | | 180 | | 180 | часов |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | | | | | | | 36 | | 36 | часов |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | | | | | | | 216 | | 216 | часов |
| | (в зачетных единицах) | | | | | | | 6 | | 6 | ЗЕТ |

**Экзамен** ___седьмой_____ **семестр**

**Томск 2016**

Согласована на портале № 9653

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 5 от « 22 » 12 2016 г.

**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 номер174, 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.Богомолов

ТУСУР, каф. СВЧиКР Профессор _____ А.Е. Мандель

Согласована на портале № 9653

## 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);

Согласована на портале № 9653

- 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 |
|---|---|---|
| | | 7 |
| **Аудиторные занятия (всего)** | 108 | 108 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 40 | 40 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 20 | 20 |
| Практические занятия | 48 | 48 |
| **Самостоятельная работа (всего), в том числе:** | 72 | 72 |
| Изучение материала лекций | 24 | 24 |
| Подготовка к контрольным работам | 24 | 24 |
| Самостоятельное изучение отдельных тем | 24 | 24 |
| Подготовка к экзамену и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | Экзамен | |
| Общая трудоемкость | 216 | 216 |
| Зачетные единицы трудоемкости | 6 | 6 |

Согласована на портале № 9653

## 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 | - | - | 2 | 3 | ПК-9 |
| 2 | Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков | 7 | 8 | 8 | 12 | 35 | ПК-9, ПК-17 |
| 3 | Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи | 6 | 8 | 8 | 12 | 34 | ПК-9, ПК-17 |
| 4 | Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом | 10 | 4 | 8 | 12 | 34 | ПК-9, ПК-17 |
| 5 | Волоконно - оптические гироскопы | 4 | - | 8 | 12 | 24 | ПК-9, ПК-17 |
| 6 | Волоконные лазеры | 4 | - | 8 | 12 | 24 | ПК-9, ПК-17 |
| 7 | Волоконно – оптические измерительные системы | 8 | - | 8 | 10 | 26 | ПК-9, ПК-17 |
| Итого: | | 40 | 20 | 48 | 72 | 180 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины

| **№ п/п** | **Наименование раздела дисциплины** | **Содержание раздела** | **Трудоемкость (час.)** | **Формируемые компетенции (ПК)** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Введение. Класссификация 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; некварцевые 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. | **7** | 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 | **6** | ПК-9, ПК-17 |

Согласована на портале № 9653

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 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. | **10** | 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. | **4** | ПК-9, ПК-17 |
| 6 | Волоконные лазеры | История развития волоконных лазеров. Особенности конструкции и основные характеристики современных волоконных лазеров средней и большой мощности. Принцип работы, особенности конструкции, основные характеристики волоконных рамановских лазеров. | **4** | 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. | **8** | 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 |
| **Предшествующие дисциплины** | | | | | | | |
| 1 | Математика | - | + | + | + | + | + |
| 2 | Физика | + | + | + | + | + | + |
| 3 | Информатика | - | + | + | + | + | + |
| 4 | Оптические направляющие среды | - | - | + | + | - | - |
| 5 | Основы построения инфокоммуника-ционных систем и сетей | + | - | - | + | + | + |
| 6 | Основы физической и квантовой оптики | - | + | + | + | + | + |
| 7 | Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства | - | + | + | + | + | + |
| 8 | Электромагнитные поля и волны | + | + | + | + | + | + |
| 9 | Основы оптоэлектроники и волоконной оптики | - | + | + | + | + | + |

Согласована на портале № 9653

| Последующие дисциплины | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Оптические цифровые телекоммуникационные системы | - | + | - | + | + | + |
| 2 | Многоволновые оптические системы связи | - | + | + | + | + | + |
| 3 | 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. Экзамен. |
| ПК-17 | + | + | + | - | + | Выступление на семинарах. Опрос на лабораторных работах. Экзамен. |

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 |
|---|---|---|---|
| 3 | Исследование волоконно – оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна | 4 | ПК-9, ПК-17 |
| 3 | Исследование оптического датчика линейного перемещения объекта, построенного по схеме оптического зонда | 4 | ПК-9, ПК-17 |
| 2 | Исследование эффективности ввода света в волоконный световод | 4 | ПК-9, ПК-17 |
| 2 | Исследование эффективности ввода света в планарный волновод | 4 | ПК-9, ПК-17 |
| 4 | Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде | 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. Семинар. | 8 | ПК-9, ПК-17 |
| 2 | 3 | Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, | 8 | ПК-9, ПК-17 |

Согласована на портале № 9653

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | характеристик датчиков. Семинар. | | |
| 3. | 4 | Расчет характеристик волоконных брэгговских и длиннопериодных решеток, встроенных интерферометров Фабри-Перо. Семинар. | 8 | ПК-9, ПК-17 |
| | 5 | Расчет характеристик волоконных интерферометров Саньяка, как датчиков угловой скорости объекта. Семинар. | 8 | ПК-9, ПК-17 |
| | 6 | Расчет характеристик элементов волоконных лазеров. Семинар. | 8 | ПК-9, ПК-17 |
| | 7 | Расчет характеристик волоконных измерительных систем квазираспределенного и распределенного типа. Семинар. | 8 | ПК-9, ПК-17 |

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | Разделы дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы *(детализация)* | Трудо-емкость (час.) | Компе-тенции ПК | Контроль выполнения работы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Изучение теоретического материала. | 2 | ПК-9 | Зачет. |
| 2 | 2 | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе. | 12 | ПК-9, ПК-17 | Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Экзамен. |
| 3 | 3 | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе. | 12 | ПК-9, ПК-17 | Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Экзамен. |
| 4 | 4 | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе. | 12 | ПК-9, ПК-17 | Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Экзамен. |
| 5 | 5 | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). | 12 | ПК-9, ПК-17 | Выступления на семинаре. Экзамен. |
| 6 | 6 | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). | 12 | 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 бально- рейтинговой системе оценки успеваемости , действующей с

Согласована на портале № 9653

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:

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

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 | **10** |
| Тестовые контрольные работы на практических занятиях | 8 | 8 | 8 | **24** |
| Выполнение и защита результатов лабораторных работ | | 12 | 12 | **24** |
| Компонент своевременности | 4 | 4 | 4 | **12** |
| **Итого максимум за период:** | **15** | **27** | **28** | **70** |
| Сдача экзамена (максимум) | | | | **30** |
| **Нарастающим итогом** | **15** | **42** | **70** | **100** |

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

| **Баллы на дату контрольной точки** | **Оценка** |
|---|---|
| ≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | **5** |
| 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 № 9653

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

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

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

### 12.1. Основная литература

1. 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. Шандаров, В. М. Исследование волоконно-оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: Методические указания к лабораторной работе [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Карпушин П. А. — Томск: ТУСУР, 2011. — 7 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/118
2. Шандаров, В. М. Исследование оптического датчика линейного перемещения объекта, построенного по схеме оптического зонда: Методические указания к лабораторной работе [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Карпушин П. А. — Томск: ТУСУР, 2011. — 6 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/61
3. Шандаров, В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М. — Томск: ТУСУР, 2013. — 8 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3705
4. Шандаров, В. М. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Кущ Г. Г. — Томск: ТУСУР, 2013. — 11 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3703

Согласована на портале № 9653

5. Шандаров, В. М. Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М. — Томск: ТУСУР, 2013. — 9 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3708
6. 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:**

Лаборатории каф. СВЧиКР, в том числе, специализированная лаборатория «Оптоэлектроники» (ауд. 333б), а также лаборатории других кафедр РТФ. Вычислительная лаборатория (ауд.337 б), кафедры СВЧиКР оборудована персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть каф. СВЧиКР с выходом в Internet.

**14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

Объем часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только ключевые моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны достаточно много работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным занятиям и выполнении самостоятельной работы. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии снабдить их перечнем вопросов, которые подлежат изучению, списком основной и дополнительной литературы для самостоятельной работы, тематикой заданий для самостоятельной работы.

Для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется тестовый контроль знаний.

Лекционные занятия желательно проводятся с применением презентаций, а так же лекционных демонстраций. Это существенно улучшает динамику лекций и способствует лучшему усвоению материала. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности.

Согласована на портале № 9653

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

**УТВЕРЖДАЮ**
**Проректор по учебной работе**

**_____ П.Е. Троян**

**«___» _____ 2016 г.**

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# 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 ОЧНАЯ**

**Факультет РТФ (РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ)**

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

**Курс 4** **Семестр 7**

**Учебный план набора 2016 года.**

**Экзамен 7 семестр**

**Томск 2016**

Согласована на портале № 9653

## 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 | **Должен знать** устройство, принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий, принципы работы волоконно-оптических лазеров, принципы построения волоконно-оптических измерительных систем.<br>**Должен уметь** проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов, устройств и систем, а также иметь представление о методах их компьютерной оптимизации; пользоваться справочными данными по волоконно-оптическим компонентам и приборам при проектировании инфокоммуникационных систем и сетей связи.<br>**Должен владеть** 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. |
| ПК-17 | способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики | **Должен знать** 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.<br>**Должен уметь** объяснять физические эффекты, лежащие в основе работы волоконно-оптических компонентов, приборов и систем; применять известные методы исследования волоконно-оптических элементов и устройств; рассчитывать параметры и характеристики волоконно-оптических компонентов, устройств и систем.<br>**Должен владеть** навыками практической работы с волоконно-оптическими элементами, а также с контрольно-измерительной аппаратурой. |

Согласована на портале № 9653

## 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 2.

**Таблица 2–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;<br>навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов, устройств и систем. |
| Виды занятий | Лекции.<br>Практические занятия. | Лабораторные работы.<br>Практические занятия.<br>Самостоятельная работа студентов. | Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа студентов. |
| Используемые средства оценивания | Задачи.<br>Экзамен. | Задачи.<br>Оформление отчетности и защита лабораторных работ. | Защита лабораторных работ.<br>Экзамен. |

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

**Таблица 1 – 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. |

Согласована на портале № 9653

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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. |

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

**Таблица 2 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| **Показатели и критерии** | **Знать** | **Уметь** | **Владеть** |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | 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. |
| **Хорошо (базовый уровень)** | 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. |
| **Удовлетвори-тельно (пороговый уровень)** | 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. |

Согласована на портале № 9653

### 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.<br>Практические занятия. | Лабораторные работы.<br>Практические занятия.<br>Самостоятельная работа студентов. | Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа студентов. |
| Используемые средства оценивания | Задачи.<br>Экзамен. | Оформление отчетности и защита лабораторных работ. | Защита лабораторных работ.<br>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. |

Согласована на портале № 9653

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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**

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | 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. |
| **Хорошо (базовый уровень)** | Понимает связи между различными понятиями в области волоконно-оптических приборов.<br>Имеет представление о принципах построения волоконнно-оптических элементов, приборов и систем. | Имеет представление о методах компьютерной оптимизации характеристик волоконно-оптических элементов и приборов;<br>Умеет самостоятельно определять методы решения задач проектирования. | Владеет навыками работы с литературными источниками в области волоконной оптики. |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | 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:

Согласована на портале № 9653

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

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

**Задача 2.**

На пленочный поляроид падает линейно поляризованный световой пучок мощностью 1 мВт, плоскость поляризации света отклонена от направления главной оси поляроида 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 поляроид, 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.

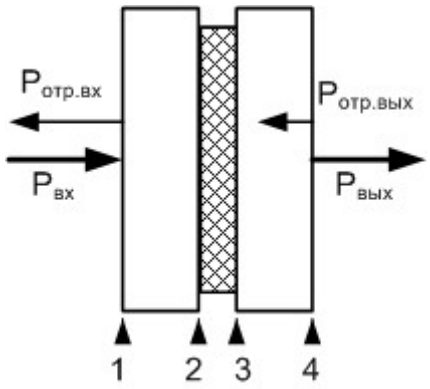


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

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

$P_{пр} = P_{пад} \cdot (1 - r)^2 \cdot \cos^2 \theta$, где θ=30º. Для n=1,51 в итоге получаем:

r=0,0413; $P_{пр}=1\cdot(1-0,0413)^2\cdot\cos^2(30º)=0,9178\cdot0,75=0,6884$ мВт.

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

Согласована на портале № 9653

### 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˚. Таким образом, световая мощность на выходе анализатора может быть найдена как:
$P_{вых}=P_{вх}\cdot 0,8\cdot 0,8\cdot \cos^2(45^\circ)=0,64\cdot 0,5\cdot P_{вх}=0,32\ P_{вх}$. Соответственно, потери мощности составляют 68% или
$B_0=10\cdot\lg(P_{вх}/P_{вых})=10\cdot\lg(1/0,32)=10\cdot\lg(3,125)=4,95$ 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 обеих 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 |
| 4.6. Волоконно-оптические измерительные системы |

## 5. Темы лабораторных работ

| | |
|---|---|
| 1 | Исследование волоконно – оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна |
| 2 | Исследование оптического датчика линейного перемещения объекта, построенного по схеме оптического зонда |
| 3 | Исследование эффективности ввода света в волоконный световод |
| 4 | Исследование эффективности ввода света в планарный волновод |
| 5 | Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде |

Согласована на портале № 9653

## 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.
26. Суть эффекта комбинационного рассеяния света. Принцип работы волоконно – оптического лазера, использующего эффект комбинационного рассеяния.
27. Классификация волоконно-оптических измерительных систем.
28. Схемы декодирования информации в ВО системах с чувствительными элементами в виде ВОБР.
29. Распределенные ВО датчики.
30. ВО технологические системы распределенного типа.

## 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

Согласована на портале № 9653

пособие – Томск: ТУСУР, 2013. – 190 с. Режим доступа http://edu.tusur.ru/training/publications/3709
2. Шандаров, В. М. Исследование волоконно-оптического датчика микроперемещений на основе полимерного оптического волокна: Методические указания к лабораторной работе [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Карпушин П. А. — Томск: ТУСУР, 2011. — 7 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/118
3. Шандаров, В. М. Исследование оптического датчика линейного перемещения объекта, построенного по схеме оптического зонда: Методические указания к лабораторной работе [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Карпушин П. А. — Томск: ТУСУР, 2011. — 6 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/61
4. Шандаров, В. М. Исследование эффективности ввода света в волоконный световод: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М. — Томск: ТУСУР, 2013. — 8 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3705
5. Шандаров, В. М. Исследование эффективности ввода света в планарный оптический волновод: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М., Кущ Г. Г. — Томск: ТУСУР, 2013. — 11 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3703
6. Шандаров, В. М. Исследование состояния поляризации лазерного излучения в полимерном волоконном световоде: Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления 210700.62 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (профиль - "Оптические системы и сети связи") [Электронный ресурс] / Шандаров В. М. — Томск: ТУСУР, 2013. — 9 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3708
7. 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

Согласована на портале № 9653