

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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Волоконно-оптические 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 \_\_\_\_\_ третий \_\_\_\_\_ Семестр \_\_\_\_\_ шестой \_\_\_\_\_

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 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                                       |           |           |           |           |           | 16        |           |           | 16    | часов   |
| 2.  | Лабораторные работы                          |           |           |           |           |           | 12        |           |           | 12    | часов   |
| 3.  | Практические занятия                         |           |           |           |           |           | 12        |           |           | 12    | часов   |
| 4.  | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)    |           |           |           |           |           |           |           |           | -     | часов   |
| 5.  | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)         |           |           |           |           |           | 40        |           |           | 40    | часов   |
| 6.  | Из них в интерактивной форме                 |           |           |           |           |           | -         |           |           | -     | часов   |
| 7.  | Самостоятельная работа студентов (СРС)       |           |           |           |           |           | 32        |           |           | 32    | часов   |
| 8.  | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)             |           |           |           |           |           | 72        |           |           | 72    | часов   |
| 9.  | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена |           |           |           |           |           | 36        |           |           | 36    | часов   |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9)               |           |           |           |           |           | 108       |           |           | 108   | часов   |
|     | (в зачетных единицах)                        |           |           |           |           |           | 3         |           |           | 3     | ЗЕТ     |

Экзамен \_\_\_\_\_ шестой \_\_\_\_\_ семестр

Томск 2016

## 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. ГОР, доц. \_\_\_\_\_ С.И. Богомолов

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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Дисциплина «Волоконно-оптические системы технологического назначения» разработана на основе требований федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению подготовки бакалавров 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», по профилю «Оптические системы и сети связи».

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

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.8.2)

## 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 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 и устройств (ПК-17);
- выполнять расчеты, связанные с определением параметров и характеристик волоконно-оптических компонентов и устройств (ПК-17);

- проводить компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов и устройств, а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств (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 |
|---|-------------|----------|
|   |             | 6        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                   | 40          | 40       |
| В том числе:  |             |          |
| Лекции  | 16          | 16       |
| Лабораторные работы (ЛР)                            | 12          | 12       |
| Практические занятия                                | 12          | 12       |
| <b>Самостоятельная работа (всего), в том числе:</b> | 32          | 32       |
| Изучение материала лекций                           | 12          | 12       |
| Подготовка к контрольным работам                    | 12          | 12       |
| Самостоятельное изучение отдельных тем              | 8           | 8        |
| Подготовка к экзамену и сдача экзамена              | 36          | 36       |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)       | Экзамен     |          |
| Общая трудоемкость                                  | 108         | 108      |
| Зачетные единицы трудоемкости                       | 3           | 3        |

## 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 (ОК, ПК) |
|--------|--|-------|-----------|-------------|-----|-----------------------|----------------------------------|
| 1      | Введение. Классификация волоконно - оптических приборов и систем   | 1     | -         | -           | 2   | 3                     | ПК-9, ПК-17                      |
| 2      | Оптические компоненты волоконно-оптических датчиков                | 3     | 4         | 4           | 8   | 19                    | ПК-9, ПК-17                      |
| 3      | Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи          | 4     | 8         | 4           | 8   | 24                    | ПК-9, ПК-17                      |
| 4      | Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом | 4     | -         | 4           | 8   | 16                    | ПК-9, ПК-17                      |
| 5      | Квазираспределенные волоконно – оптические измерительные системы   | 2     | -         | -           | 4   | 6                     | ПК-9, ПК-17                      |
| 6      | Распределенные волоконно-оптические измерительные системы          | 2     | -         | -           | 2   | 4                     | ПК-9, ПК-17                      |
| Итого: |  |       |           |             |     | 72 часа               |                                  |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                                   | Содержание раздела  | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, 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. Краткая история вопроса.  | 1                   | ПК-9, ПК-17                      |
| 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. | 3                   | 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   | 4                   | ПК-9, ПК-17                      |

|   |  |   |   |             |
|---|--|---|---|-------------|
|   |  | твердых тел, скорости сыпучих или жидких веществ. Схемы построения, основные 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 датчиков с волокном в качестве чувствительного элемента. | 4 | ПК-9, ПК-17 |
| 5 | Квазираспределенные волоконно – оптические измерительные системы   | Идеология построения квазираспределенных волоконно-оптических систем для измерения характеристик распределения возмущения по площади. Типовые чувствительные элементы квазираспределенных систем. Примеры реализации волоконно-оптических измерительных систем квазираспределенного типа.   | 2 | ПК-9, ПК-17 |
| 6 | Распределенные волоконно-оптические измерительные системы          | Принципы построения распределенных волоконно-оптических измерительных систем. Волоконно-оптические датчики распределения возмущения. Примеры реализации и характеристики волоконно-оптических измерительных систем распределенного типа.  | 2 | 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                                | Математические методы описания сигналов   | -  | - | + | + | + | + |
| 5                                | Физические основы оптоэлектроники   | -  | - | + | + | - | - |
| 6                                | Введение в оптические системы и сети связи  | +  | - | - | + | + | + |
| 7                                | Основы физической оптики  | -  | + | + | + | + | + |
| 8                                | Основы волоконной оптики  | +  | + | + | + | + | + |
| <b>Последующие дисциплины</b>    |   |  |   |   |   |   |   |
| 1                                | Оптические цифровые телекоммуникационные системы                                  | -  | + | - | + | + | + |
| 2                                | Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства                                  | -  | + | + | + | + | + |

#### 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-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.) | ОК, ПК                  |
|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| 2                    | 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             |
| 3                    | Исследование эффективности ввода света в волоконный световод  | 4                    | ОК-9, ПК-2, ПК-4, ПК-14 |

#### 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № | Раздел дисциплины из табл. 5.1 | Тематика практических занятий   | Трудо-емкость (час.) | Компетенции ОК, 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        |
| 3 | 6                              | Расчет характеристик волоконно-оптических датчиков распределенного типа на основе эффекта рэлеевского рассеяния. Семинар.                                 | 4                    | ПК-9, ПК-17        |

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | Разделы дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы (детализация)  | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК | Контроль выполнения работы                                    |
|-------|---------------------------------|--|---------------------|--------------------|---|
| 1.    | 1                               | Изучение теоретического материала.   | 2                   | ПК-9, ПК-17        | Зачет.  |
| 2.    | 2                               | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе. | 8                   | ПК-9, ПК-17        | Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет. |
| 3.    | 3                               | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе. | 8                   | ПК-9, ПК-17        | Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет. |
| 4.    | 4                               | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам). Подготовка к лабораторной работе. | 8                   | ПК-9, ПК-17        | Выступления на семинаре. Отчет по лабораторной работе. Зачет. |
| 5.    | 5                               | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).                                   | 4                   | ПК-9, ПК-17        | Выступления на семинаре. Зачет.                               |
| 6     | 6                               | Изучение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям (семинарам).                                   | 2                   | ПК-9, ПК-17        | Выступления на семинаре. Зачет.                               |

## 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:

$$КТх|_{x=,2} = \frac{(Сумма \_ баллов, \_ набранная \_ к \_ КТх) * 5}{Требуемая \_ сумма \_ баллов \_ по \_ балльной \_ раскладке}.$$

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 пересдачи 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**

| Баллы на дату контрольной точки                       | Оценка   |
|---|----------|
| ≥ 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**

| Оценка (ГОС)                          | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|---------------------------------------|--|-------------------------|
| 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)   |
| <b>65 – 69</b>                        |  |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)       | <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>
4. 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.

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 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 3

Семестр 6

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 и последующих лет.

Зачет \_\_\_\_\_ семестр

Диф. зачет \_\_\_\_\_ семестр

Экзамен 6 семестр

Томск 2016

## Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Волоконно-оптические системы 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>  |

## 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 волоконно-оптических лазеров и волоконно-оптических систем технологического назначения. | 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. | Навыками чтения и изображения схем волоконно-оптических систем и сетей на основе современной элементной базы волоконной оптики;<br><br>навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования волоконно-оптических элементов и устройств. |
| Виды занятий                     | Лекции.<br><br>Практические занятия.  | Лабораторные работы.<br><br>Практические занятия.<br><br>Самостоятельная работа студентов.  | Лабораторные работы.<br><br>Самостоятельная работа студентов.   |
| Используемые средства оценивания | Задачи.<br><br>Экзамен.   | Задачи.<br><br>Оформление отчетности и защита лабораторных работ.   | Защита лабораторных работ.<br><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.                  |
| Хорошо (базовый уровень)  | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах   | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в                        | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведе- |

|  |                                    |  |  |
|--|------------------------------------|--|--|
|  | изучаемой области.                 | области исследования.  | ние к обстоятельствам в решении проблем. |
| Удовлетворительно<br>(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   |
|--|---|--|---|
| <b>Отлично<br/>(высокий уровень)</b>             | Знает устройство, принципы работы и характеристики волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий и принципы работы волоконно-оптических лазеров и волоконно-оптических систем технологического назначения. | Проводит компьютерное моделирование и проектирование волоконно-оптических компонентов и устройств; имеет представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств; 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 и устройств. |
| <b>Хорошо<br/>(базовый уровень)</b>              | Понимает суть принципов работы волоконно-оптических датчиков различных физических воздействий и принципов работы волоконно-оптических лазеров и волоконно-оптических систем технологического назначения.                    | Умеет самостоятельно выбирать методы решения задач в области проектирования и исследования волоконно-оптических приборов.  | Владеет навыками работы с литературными источниками, связанными с проектированием и исследованием волоконно-оптических приборов.  |
| <b>Удовлетворительно<br/>(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 волоконно-оптических систем технологического назначения. | 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 волоконно-оптических систем технологического назначения. | Навыками практической работы с волоконно-оптическими элементами, 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>Зачет.  | Оформление отчетности и защита лабораторных работ.  | Защита лабораторных работ.<br>Зачет.   |

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

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

| Показатели и критерии                 | Знать  | Уметь  | Владеть   |
|---------------------------------------|--|--|---|
| Отлично (высокий уровень)             | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах 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**

| 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 волоконно-оптических систем технологического назначения. | 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, устройств и волоконно-оптических систем технологического назначения. | 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 и волоконно-оптических систем технологического назначения. Имеет представление о принципах построения волоконно-оптических элементов и приборов.   | 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 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.

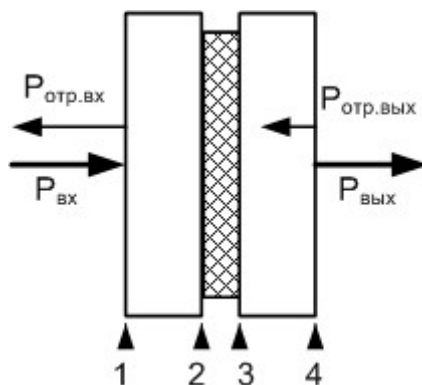


Рис. 1.2. Схема пленочного поляроида.

Поскольку коэффициент отражения света (по интенсивности) на границе диэлектрической среды с показателем преломления  $n$  и воздуха определяется соотношением  $r = \left( \frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$  [2,

3], то интенсивность (или мощность) прошедшего пучка при полном пропускании поляроида была бы равна  $P_{пр} = P_{над} \cdot (1 - r)(1 - r) = P_{над} \cdot (1 - r)^2$ . Учет поворота главной оси поляроида относительно плоскости поляризации световой волны приводит это соотношение к виду:

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

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

Таким образом, мощность прошедшего через поляроид 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 изменится 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 измерительные системы                                  |
| 4.5. Волоконно-оптические системы технологического назначения распределенного типа |

## 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.

## 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 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>