

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**

Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности              | 2 семестр | Всего | Единицы |
|--|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                     | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия                   | 18        | 18    | часов   |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 8         | 8     | часов   |
| Лабораторные занятия                   | 12        | 12    | часов   |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 2         | 2     | часов   |
| Самостоятельная работа                 | 96        | 96    | часов   |
| Общая трудоемкость                     | 144       | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию)     | 4         | 4     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 2       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка обучающихся к исследованию и разработке приборов и систем управления оптическим излучением, предназначенных как для физических исследований и проведения высокоточных измерений, так и для создания перспективных систем и комплексов на основе изучения базовых физических принципов функционирования основных элементов лазерных систем.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Приобретение навыков разработки и проектирования устройств управления оптическим излучением.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция   | Индикаторы достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>  |   |   |
| -   | -   | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>   |   |   |
| -   | -   | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>   |   |   |
| ПКР-5. Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники | ПКР-5.1. Знает современные технологические процессы производства изделий микро- и нанoeлектроники.  | Знает основные принципы и физические эффекты, обеспечивающие эффективное управление оптическим излучением.  |
|   | ПКР-5.2. Умеет проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования для производства изделий микроэлектроники. | Умеет применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физических процессов и оптических явлений, лежащих в основе методов управления оптическим излучением                               |
|   | ПКР-5.3. Владеет навыками проектирования технологических процессов производства изделий микро- и нанoeлектроники.                                     | Владеет навыками анализа информации о новых методах управления оптическим излучением и типах оптических устройств при проектировании технологических процессов производства изделий устройств управления оптическим излучением. |

|   |  |   |
|---|--|---|
| ПКР-9. Готов осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства                       | ПКР-9.1. Знает методы авторского сопровождения разрабатываемых изделий микроэлектроники.                                     | Знает методы авторского сопровождения разрабатываемых приборов и устройств управления оптическим излучением.                                      |
|   | ПКР-9.2. Умеет анализировать причины брака выпускаемых изделий микроэлектроники.   | Умеет выявлять и анализировать результаты поверки приборов и устройств управления оптическим излучением.  |
|   | ПКР-9.3. Владеет навыками подготовки дефектных ведомостей устройств, приборов и систем электронной техники.                  | Владеет навыками анализа и подготовки отчетности по результатам поверки приборов и устройств управления оптическим излучением.                    |
| ПКР-11. Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию | ПКР-11.1. Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач.                             | Знает эффективные алгоритмы и их программные реализации для решения научно-исследовательских задач в области управления оптическим излучением.    |
|   | ПКР-11.2. Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования. | Умеет использовать эффективные алгоритмы и их программные реализации для исследования и проектирования приборов управления оптическим излучением. |
|   | ПКР-11.3. Владеет навыками разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и нанoeлектроники.                 | Владеет навыками методами и приемами разработки, проектирования и использования устройств управления оптическим излучением.                       |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 2 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 48          | 48        |
| Лекционные занятия  | 18          | 18        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия  | 12          | 12        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 96          | 96        |
| Подготовка к зачету   | 36          | 36        |
| Подготовка к тестированию   | 22          | 22        |
| Написание отчета по практическому занятию (семинару)  | 14          | 14        |
| Подготовка к защите отчета по лабораторной работе   | 8           | 8         |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 8           | 8         |

|                                     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-----|
| Подготовка к контрольной работе     | 8   | 8   |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b> | 144 | 144 |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 4   | 4   |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины                                   | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>   |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Введение. Классификация волоконно - оптических приборов и систем   | 2            | -             | -         | 4            | 6                          | ПКР-5, ПКР-9            |
| 2 Оптические компоненты волоконнооптических датчиков                 | 2            | 4             | 4         | 26           | 36                         | ПКР-5, ПКР-9, ПКР-11    |
| 3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи          | 4            | 6             | 4         | 26           | 40                         | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9    |
| 4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом | 4            | 4             | 4         | 20           | 32                         | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9    |
| 5 Волоконно - оптические гироскопы                                   | 4            | 4             | -         | 12           | 20                         | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9    |
| 6 Волоконные лазеры  | 2            | -             | -         | 8            | 10                         | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9    |
| Итого за семестр   | 18           | 18            | 12        | 96           | 144                        |                         |
| Итого  | 18           | 18            | 12        | 96           | 144                        |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины                                 | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)   | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>   |  |                                      |                         |
| 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. | 2                                    | ПКР-5, ПКР-9            |
|  | Итого  | 2                                    |                         |

|  |  |   |                      |
|--|--|---|----------------------|
| 2 Оптические компоненты волоконнооптических датчиков                 | Волоконные световоды (ВС): ВС с двойным лучепреломлением; не кварцевые 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  | 2 | ПКР-5, ПКР-9         |
| Итого  |  | 2 |                      |
| 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 характеристики, функции преобразования, области применения датчиков с волокном - линией передачи. | 4 | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 |
| Итого  |  | 4 |                      |
| 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 | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 |
| Итого  |  | 4 |                      |

|                                       |   |    |                         |
|---------------------------------------|---|----|-------------------------|
| 5 Волоконно -<br>оптические гироскопы | Эффект Саньяка, основные схемы лазерных и волоконно – оптических гироскопов, основные характеристики и методы их улучшения, методы повышения чувствительности и снижения шумов.<br>Примеры реализации волоконно-оптических гироскопов, основные особенности и характеристики реальных приборов. | 4  | ПКР-11,<br>ПКР-5, ПКР-9 |
|                                       | Итого   | 4  |                         |
| 6 Волоконные лазеры                   | История развития волоконно-оптических лазеров.<br>Особенности конструкции и основные характеристики современных волоконных лазеров средней и большой мощности. Принцип работы, особенности конструкции, основные характеристики волоконных рамановских лазеров.                                 | 2  | ПКР-11,<br>ПКР-5, ПКР-9 |
|                                       | Итого   | 2  |                         |
| Итого за семестр                      |   | 18 |                         |
| Итого                                 |   | 18 |                         |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем)<br>дисциплины   | Наименование практических занятий<br>(семинаров)   | Трудоемкость,<br>ч | Формируемые<br>компетенции |
|---|--|--------------------|----------------------------|
| <b>2 семестр</b>  |  |                    |                            |
| 2 Оптические<br>компоненты<br>волоконнооптических<br>датчиков                 | Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов волоконно-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок, оптических изоляторов | 4                  | ПКР-11, ПКР-5              |
|   | Итого  | 4                  |                            |
| 3 Волоконно-оптические<br>датчики с волокном –<br>линией передачи             | Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков.       | 6                  | ПКР-11,<br>ПКР-5, ПКР-9    |
|   | Итого  | 6                  |                            |
| 4 Волоконно-оптические<br>датчики с волокном -<br>чувствительным<br>элементом | Расчет характеристик волоконных брэгговских и длиннопериодных решеток, встроенных интерферометров Фабри-Перо.  | 4                  | ПКР-11,<br>ПКР-5, ПКР-9    |
|   | Итого  | 4                  |                            |

|                                    |  |    |                      |
|------------------------------------|--|----|----------------------|
| 5 Волоконно - оптические гироскопы | Примеры реализации волоконно-оптических гироскопов, основные особенности и характеристики реальных приборов. | 4  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 |
|                                    | Итого  | 4  |                      |
| Итого за семестр                   |  | 18 |                      |
| Итого                              |  | 18 |                      |

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины                                   | Наименование лабораторных работ   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>   |   |                 |                         |
| 2 Оптические компоненты волоконнооптических датчиков                 | Акустооптический модулятор лазерного излучения  | 4               | ПКР-11, ПКР-5           |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи          | Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода                   | 4               | ПКР-11, ПКР-5           |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом | Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда» | 4               | ПКР-11, ПКР-5           |
|  | Итого   | 4               |                         |
| Итого за семестр   |   | 12              |                         |
| Итого  |   | 12              |                         |

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины                                 | Виды самостоятельной работы                          | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля                            |
|--|--|-----------------|-------------------------|---|
| <b>2 семестр</b>   |  |                 |                         |   |
| 1 Введение. Классификация волоконно - оптических приборов и систем | Подготовка к зачету                                  | 2               | ПКР-5, ПКР-9            | Зачёт                                     |
|  | Подготовка к тестированию                            | 2               | ПКР-5, ПКР-9            | Тестирование                              |
|  | Итого  | 4               |                         |   |
| 2 Оптические компоненты волоконнооптических датчиков               | Подготовка к зачету                                  | 8               | ПКР-5, ПКР-9            | Зачёт                                     |
|  | Подготовка к тестированию                            | 6               | ПКР-5, ПКР-9            | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 4               | ПКР-11, ПКР-5           | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Подготовка к защите отчета по                        | 4               | ПКР-11, ПКР-5           | Защита отчета по лабораторной             |

|  |  |    |                      |   |
|--|--|----|----------------------|---|
| 3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи          | Подготовка к зачету                                  | 8  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Зачёт                                     |
|  | Подготовка к контрольной работе                      | 6  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Контрольная работа                        |
|  | Подготовка к тестированию                            | 4  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 4  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе    | 2  | ПКР-11, ПКР-5        | Защита отчета по лабораторной работе      |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета   | 2  | ПКР-11, ПКР-5        | Лабораторная работа                       |
|  | Итого  | 26 |                      |   |
| 4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом | Подготовка к зачету                                  | 8  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Зачёт                                     |
|  | Подготовка к тестированию                            | 4  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 4  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе    | 2  | ПКР-11, ПКР-5        | Защита отчета по лабораторной работе      |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета   | 2  | ПКР-11, ПКР-5        | Лабораторная работа                       |
|  | Итого  | 20 |                      |   |
| 5 Волоконно - оптические гироскопы                                   | Подготовка к зачету                                  | 6  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Зачёт                                     |
|  | Подготовка к тестированию                            | 4  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 2  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Итого  | 12 |                      |   |



|                     |                                 |    |                         |                    |
|---------------------|---------------------------------|----|-------------------------|--------------------|
| 6 Волоконные лазеры | Подготовка к зачету             | 4  | ПКР-11, ПКР-5,<br>ПКР-9 | Зачёт              |
|                     | Подготовка к контрольной работе | 2  | ПКР-11, ПКР-5,<br>ПКР-9 | Контрольная работа |
|                     | Подготовка к тестированию       | 2  | ПКР-11, ПКР-5,<br>ПКР-9 | Тестирование       |
|                     | Итого                           | 8  |                         |                    |
| Итого за семестр    |                                 | 96 |                         |                    |
| Итого               |                                 | 96 |                         |                    |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля  |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|---|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |   |
| ПКР-5                   | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Защита отчета по лабораторной работе, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Отчет по практическому занятию (семинару) |
| ПКР-9                   | +                         | +          |           | +         | Зачёт, Контрольная работа, Тестирование, Отчет по практическому занятию (семинару)  |
| ПКР-11                  | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Защита отчета по лабораторной работе, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Отчет по практическому занятию (семинару) |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля                            | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|--|---|---|------------------|
| <b>2 семестр</b>                          |  |   |   |                  |
| Зачёт                                     | 0  | 0   | 0   | 0                |
| Защита отчета по лабораторной работе      | 0  | 3   | 6   | 9                |
| Контрольная работа                        | 5  | 0   | 5   | 10               |
| Лабораторная работа                       | 0  | 2   | 4   | 6                |
| Тестирование                              | 15   | 15  | 15  | 45               |
| Отчет по практическому занятию (семинару) | 10   | 10  | 10  | 30               |
| Итого максимум за период                  | 30   | 30  | 40  | 100              |

|                    |    |    |     |     |
|--------------------|----|----|-----|-----|
| Нарастающим итогом | 30 | 60 | 100 | 100 |
|--------------------|----|----|-----|-----|

## 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

## 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | 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  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Волоконно-оптические устройства технологического назначения: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2013. 198 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3709>.

2. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника: учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М.: Абрис, 2012. - 656 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).

3. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов / М.М. Мирошников. - СПб.: Издательство "Лань", 2010. - 704 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/597>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Информационная оптика / Под ред. Н.Н. Евтихеева. Учебное пособие – М., Издательство МЭИ, 2000. – 516 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.).

2. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров - 2012. 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1578>.

3. Заказнов, Н. П. Теория оптических систем : учебное пособие / Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. И. Кузичев. — 4-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 448 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/147>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Оптоэлектронные активные и пассивные компоненты оптических систем: Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы / А. Е. Мандель - 2018. 19 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8071>.

2. Волоконные лазеры: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2018. 29 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8301>.

3. Радиофотоника: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2018. 34 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8438>.

4. Акустооптический модулятор лазерного излучения: Методические указания к лабораторной работе / А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2018. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8053>.

5. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений подготовки «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и наноэлектроника» / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2013. 19 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3494>.

6. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода: Методические указания к лабораторной работе / В. В. Щербина, Н. И. Буримов - 2013. 16 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2819>.

### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

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

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110

ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКПП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

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

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

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

### **8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

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

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания

для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

## **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины                                 | Формируемые компетенции | Формы контроля                            | Оценочные материалы (ОМ)                                  |
|--|-------------------------|---|---|
| 1 Введение. Классификация волоконно - оптических приборов и систем | ПКР-5, ПКР-9            | Зачёт                                     | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий                       |
| 2 Оптические компоненты волоконнооптических датчиков               | ПКР-5, ПКР-9, ПКР-11    | Зачёт                                     | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                         | Защита отчета по лабораторной работе      | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
|  |                         | Лабораторная работа                       | Темы лабораторных работ                                   |
|  |                         | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий                       |
|  |                         | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий                                 |

|  |                      |   |   |
|--|----------------------|---|---|
| 3 Волоконно-оптические датчики с волокном – линией передачи          | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Зачёт                                     | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                      | Защита отчета по лабораторной работе      | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
|  |                      | Контрольная работа                        | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ  |
|  |                      | Лабораторная работа                       | Темы лабораторных работ                                   |
|  |                      | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий                       |
|  |                      | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий                                 |
| 4 Волоконно-оптические датчики с волокном - чувствительным элементом | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Зачёт                                     | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                      | Защита отчета по лабораторной работе      | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
|  |                      | Лабораторная работа                       | Темы лабораторных работ                                   |
|  |                      | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий                       |
|  |                      | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий                                 |
| 5 Волоконно - оптические гироскопы                                   | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Зачёт                                     | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                      | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий                       |
|  |                      | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий                                 |
| 6 Волоконные лазеры  | ПКР-11, ПКР-5, ПКР-9 | Зачёт                                     | Перечень вопросов для зачета                              |
|  |                      | Контрольная работа                        | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ  |
|  |                      | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий                       |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков           |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания                             | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение    | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания   | сформированное умение                                       | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.   |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. В волоконном световоде показатель преломления сердцевины:
  - а) должен быть равен показателю преломления внутренней оболочки;
  - б) должен быть меньше показателя преломления внутренней оболочки;
  - в) должен быть больше показателя преломления внутренней оболочки;
  - г) должен быть меньше показателя преломления внешней оболочки
2. В градиентном волоконном световоде показатель преломления:
  - а) не изменяется в пределах сердцевины, резко уменьшаясь на границе с внутренней оболочкой;
  - б) плавно уменьшается от центра сердцевины к краям;
  - в) плавно увеличивается от центра сердцевины к краям;
  - г) плавно изменяется вдоль оси световода.
3. Основная мода волоконного световода HE<sub>11</sub>:
  - а) характеризуется нулевым значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
  - б) максимальным значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
  - в) постоянным значением напряженности электрического поля в сердцевине;
  - г) постоянным значением напряженности магнитного поля в сердцевине.
4. Волноводная дисперсия в волоконных световодах заключается:
  - а) в зависимости магнитной проницаемости сердцевинки от длины волны излучения;
  - б) в зависимости показателя преломления сердцевинки от длины волны излучения;
  - в) в зависимости показателя преломления внутренней оболочки от длины волны излучения;
  - г) в зависимости постоянной распространения моды от длины волны излучения.
5. В активирующих примесях волоконных световодов для получения лазерной генерации используются:
  - а) электронные переходы между уровнями незаполненной внутренней f-оболочки ионов редкоземельных элементов;
  - б) колебательно-вращательные переходы;
  - в) только безызлучательные переходы;
  - г) только спонтанные переходы
6. Для создания состояния инверсии населенностей в активной области волоконного лазера:
  - а) столкновения 1-го рода;
  - б) накачка электронным пучком;
  - в) оптическая накачка;
  - г) электронно-дырочная рекомбинация в пределах узкозонной области гетероструктуры
7. Брэгговские зеркала в волоконных световодах реализуются:
  - а) за счет отражения от атомных плоскостей кристаллов;
  - б) за счет сколов торцов волокон, ортогональных их оси;
  - в) за счет периодических возмущений магнитной проницаемости волокна;
  - г) за счет фотоиндуцированных решеток показателя преломления в волоконном световоде
8. В схемах накачки активных световодов используется:
  - а) точечное облучение сфокусированным излучением через цилиндрическую боковую поверхность;
  - б) сканирование пучка накачки по боковой поверхности световода;
  - в) принцип распределения вводимого излучения накачки по длине активного световода с использованием набора V-образных канавок или двойного волоконного световода с общим полимерным покрытием;
  - г) генерация излучения накачки в световоде за счет катодолюминесценции.
9. Пространственный период брэгговской решетки, обеспечивающей селективное отражение:
  - а) пропорционален произведению длины волны генерируемого излучения и эффективного показателя преломления используемой волноводной моды;
  - б) прямо пропорционален половине длины волны генерируемого излучения и обратно пропорционален эффективному показателю преломления используемой волноводной моды;
  - в) прямо пропорционален половине длины волны излучения накачки и обратно пропорционален эффективному показателю преломления используемой волноводной



- моды;
- г) обратно пропорционален произведению длины волны генерируемого излучения и эффективного показателя преломления используемой волноводной моды.
10. Использование брэгговских зеркал в волоконных лазерах обеспечивает:
- а) многомодовую генерацию в широкой области спектра;
  - б) эффективное использование излучения накачки;
  - в) одномодовую генерацию излучения с высокой степенью монохроматичности и большой длиной когерентности;
  - г) импульсный режим генерации.
11. Достоинством технологических волоконных лазеров является:
- а) доставка излучения с использованием коллимирующих устройств;
  - б) доставки излучения с помощью волоконного кабеля необходимой длины (50 м и более);
  - в) доставка излучения с использованием фокусирующих устройств;
  - г) доставка излучения через атмосферный канал.
12. В волоконных световодах восприимчивостью третьего порядка определяется:
- а) параметрическое четырехволновое смещение;
  - б) линейное распространение света в волокне;
  - в) генерация второй гармоники;
  - г) эффект оптического выпрямления.
13. Для обеспечения минимальной интенсивности света на выходе интерферометрического волноводного модулятора Маха-Цендера на его плечи нужно подать напряжение:
- а) равное полуволновому напряжению;
  - б) равное удвоенному значению полуволнового напряжения;
  - в) равное значению, превышающему полуволновое напряжение в 1,41 раза;
  - г) равное половине полуволнового напряжения.
14. В p-i-n-фотодиоде i-слой собственного полупроводника:
- а) обеспечивает увеличение емкости фотоприемного устройства и уменьшение поглощения регистрируемого светового излучения;
  - б) обеспечивает увеличение емкости фотоприемного устройства и увеличение поглощения регистрируемого светового излучения;
  - в) обеспечивает уменьшение емкости фотоприемного устройства и увеличение поглощения регистрируемого светового излучения;
  - г) обеспечивает уменьшение предельного обратного напряжения смещения при фотодиодном режиме.
15. В фотоприемных устройствах граничная частота демодуляции:
- а) прямо пропорциональна собственной постоянной времени фотодиода;
  - б) обратно пропорциональна собственной постоянной времени фотодиода;
  - в) обратно пропорциональна квадрату собственной постоянной времени фотодиода;
  - г) прямо пропорциональна корню квадратному из собственной постоянной времени фотодиода
16. Для лазерных интерферометрических систем целесообразно использование волоконных лазерных систем с брэгговскими зеркалами:
- а) вследствие высокой степени монохроматичности и большой длины когерентности излучения;
  - б) вследствие широкой полосы частот генерируемого излучения;
  - в) вследствие малого времени когерентности генерируемого излучения;
  - г) вследствие большой длины лазерного резонатора.
17. Для систем лазерной спектроскопии целесообразно использование волоконных лазерных систем с брэгговскими зеркалами:
- а) вследствие широкой полосы частот генерируемого излучения;
  - б) вследствие высокой степени монохроматичности генерируемого излучения;
  - в) вследствие малого времени когерентности генерируемого излучения;
  - г) вследствие большой длины лазерного резонатора.
18. Использование волоконных лазерных систем резки наиболее целесообразно:
- а) для тонких листовых материалов;
  - б) для толстых листовых материалов;

- в) для профилированных материалов;
  - г) для пищевых продуктов.
19. При полном внутреннем отражении:
- а) отраженная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
  - б) отраженная волна в оптически менее плотной среде отсутствует;
  - в) преломленная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
  - г) преломленная волна в оптически менее плотной среде отсутствует.
20. Частотная дисперсия света это:
- а) зависимость фазовой скорости световых волн в световодах от их поляризации;
  - б) вращение плоскости поляризации световой волны;
  - в) перераспределение интенсивности света в результате наложения (суперпозиции) нескольких световых волн;
  - г) совокупность явлений, обусловленных зависимостью абсолютного показателя преломления вещества от длины волны света.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Структурная схема преобразования физической величины в волоконно – оптических датчиках.
2. Основные параметры ВОД.
3. Механизмы потерь 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.

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Запишите формулы Френеля для поляризации, нормальной к плоскости падения, и поясните все обозначения.
2. Вычислите коэффициент отражения для волны, падающей нормально из воздуха на границу раздела со средой, имеющей показатель преломления  $n = 1,5$ .

3. Вычислите значение угла Брюстера для волны, падающей нормально из воздуха на границу раздела со средой, имеющей показатель преломления  $n = 1,5$ .
4. Как изменяется с углом падения фаза коэффициента отражения для волн, поляризованных в плоскости падения?
5. Что такое акустооптический эффект?
6. В чем отличие двуосного кристалла от одноосного?
7. В чем отличие продольного электрооптического эффекта от поперечного?
8. Как из результатов работы определить значение электрооптического коэффициента?
9. 1. Как измеряется эффективность дифракции ПАОМ
10. В чем различия между режимами дифракции Рамана-Ната и Брэгга?
11. Дифрагированная волна это....
12. Как измеряется эффективность работы АОМ?

#### **9.1.4. Темы лабораторных работ**

1. Акустооптический модулятор лазерного излучения
2. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода
3. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»

#### **9.1.5. Темы практических занятий**

1. Методики расчета характеристик дискретных оптических элементов волоконно-оптических устройств: поляризаторов, фазовых пластинок, оптических изоляторов
2. Расчет основных параметров волоконных световодов, параметров чувствительных элементов поляризационно-вращательного типа, характеристик датчиков.
3. Расчет характеристик волоконных брэгговских и длиннопериодных решеток, встроенных интерферометров Фабри-Перо.
4. Примеры реализации волоконно-оптических гироскопов, основные особенности и характеристики реальных приборов.

#### **9.1.6. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ**

1. Из уравнений Максвелла в дифференциальной форме и материальных уравнений для изотропной непроводящей среды получить волновое уравнение для вектора электрической напряженности  $E$ , считая свободные заряды и сторонние токи отсутствующими.
2. Монохроматическая световая волна накачки с максимальной амплитудой продольной компоненты  $E_{zm}=10$  В/м при  $z = 0$ , распространяется в активированном волоконном световоде, характеризуемом для неё коэффициентом затухания 50 дБ/км. Определите максимальную амплитуду напряженности поля для данной волны при  $z = 60$  м.
3. Монохроматическая световая волна накачки с максимальной интенсивностью  $I_m(0)=100$  Вт/м<sup>2</sup> при  $z = 0$ , распространяется в активированном волоконном световоде, характеризуемом для неё коэффициентом затухания 400 дБ/км. Определите максимальную интенсивность для данной волны при  $z = 7,5$  м.
4. Запишите балансное уравнение для числа частиц на уровне 3 четырехуровневой системы волоконного лазера на основе световода из кварцевого стекла, легированного ионами  $Nd^{3+}$ , с учетом воздействующего на нее электромагнитного поля, имеющего частоту  $\omega_1$ , и всех других возможных переходов.
5. Волоконный лазер с синхронизацией мод генерирует в периодическом режиме импульсы с длительностью 100 пс и частотой повторения 100 МГц и имеет среднюю выходную мощность 1 Вт. Оцените для данного лазера мощность и энергию в импульсе генерации.

#### **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает

работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

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

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

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

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол № 87 от «20» 11 2020 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП    | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления     | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4aba-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                    |              |  |
|--------------------|--------------|--|
| Доцент, каф. ЭП    | А.И. Аксенов | Согласовано,<br>d90d5f87-f1a9-4440-<br>b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано,<br>8afa57b7-3fcf-44bc-<br>922a-3c3f168876e6 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                                    |              |  |
|------------------------------------|--------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ЭП     | В. Дю        | Разработано,<br>73f269b2-fd48-4478-<br>85e8-00d695cea241 |
| и.о. заведующего кафедрой, каф. ЭП | Н.И. Буримов | Разработано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |