

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор



Иванов А.Г.

подпись

« 29 »

05

2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### ***Б1.В.07 ОПТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ***

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки / специальность

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация

Оптические системы и сети связи

*(наименование направленности (профиля) специализации)*

Программа подготовки

академическая

*(академическая /прикладная)*

Форма обучения

заочная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

*(бакалавр, магистр, специалист)*

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины Б1.В.07 «Оптические направляющие среды» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль «Оптические системы и сети связи»

Программу составил:

В.С. Дорош,  
доцент кафедры оптоэлектроники

  
подпись

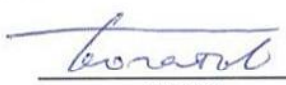
Рабочая программа дисциплины Б1.В.07 «Оптические направляющие среды» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 8 от 17.04.2015 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники  
докт. техн. наук, профессор Яковенко Н.А.

  
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 10 от 29 мая 2015 г.

Председатель УМК ФТФ  
докт. физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.

  
подпись

Рецензенты:

Абрамов Д.Е., канд. хим. наук, директор ООО «Ресурс»

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение оптических направляющих сред и их особенностей, изучение теории, конструкций и характеристик направляющих сред с целью применения их оптимальных конструкций на различных сетях связи на основании определения их пропускной способности. Ознакомление с российскими и международными стандартами и нормативными документами в области телекоммуникаций и перспективами развития направляющих сред электросвязи.

### 1.2 Задачи дисциплины

Ознакомление студентов с теоретическими основами работы оптических световодов и других пассивных элементов волоконно-оптических линий связи.

Формирование умений и навыков работы с современными компьютеризированными приборами и устройствами.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Оптические направляющие среды» относится к *базовой* части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения дисциплин базовой части модуля Б1, обеспечивая согласованность и преемственность с этими дисциплинами при переходе к оптическим и цифровым технологиям.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в базовой дисциплине «Физика» и является основой для изучения дисциплины «Проектирование, эксплуатация и строительство ВОЛС».

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК)

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                        | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны |                                                                |                                                |
|--------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                              | знать                                                       | уметь                                                          | владеть                                        |
| 1.     | ПК-19              | способностью по организации работ по практическому использованию и внедрению | принципы построения телекоммуникационных систем             | формулировать основные технические требования к телекоммуникац | решения теоретических и практических типовых и |

| №<br>п.п. | Индекс<br>компет<br>енции | Содержание<br>компетенции (или её<br>части)                                          | В результате изучения учебной дисциплины<br>обучающиеся должны                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                             |
|-----------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |                           |                                                                                      | <b>знать</b>                                                                                                                                                                                            | <b>уметь</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>владеть</b>                                                                                              |
| 2.        | ПК-33                     | результатов исследований                                                             | различных типов и способы распределения информации в сетях связи; современные и перспективные направления развития телекоммуникационных сетей и систем.                                                 | ионным сетям и системам, оценивать формулировать основные технические требования к телекоммуникационным сетям и системам, оценивать основные проблемы, связанные с эксплуатацией и внедрением новой телекоммуникационной техники; | системных задач, связанных с профессиональной деятельностью.                                                |
|           |                           | умением составлять заявку на оборудование, измерительные устройства и запасные части | принципы построения телекоммуникационных систем различных типов и способы распределения информации в сетях связи; современные и перспективные направления развития телекоммуникационных сетей и систем. | формулировать основные технические требования к телекоммуникационным сетям и системам, оценивать основные проблемы, связанные с эксплуатацией и внедрением новой телекоммуникационной техники;                                    | решения теоретических и практических типовых и системных задач, связанных с профессиональной деятельностью. |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ЗФО).

| Вид учебной работы                                                                                                                  | Всего часов              | Семестры |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------|--------------------------|
|                                                                                                                                     |                          | 5        | 6                        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                                                                                                   | 20                       | 16       | 4                        |
| В том числе:                                                                                                                        |                          |          |                          |
| Занятия лекционного типа                                                                                                            | 8                        | 8        | 0                        |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия) | 12                       | 4        | 8                        |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                                                                                       | 219                      | 58       | 163                      |
| В том числе:                                                                                                                        |                          |          |                          |
| Контролируемая самостоятельная работа                                                                                               | 13                       | 0        | 13                       |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)                                                                                       | зачет,<br>кр,<br>экзамен |          | зачет,<br>кр,<br>экзамен |
| Общая трудоемкость                                                                                                                  | час                      | 252      | 72                       |
|                                                                                                                                     | зач. ед.                 | 7        | 2                        |
|                                                                                                                                     |                          | 180      | 5                        |

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 сессии (для студентов ЗФО)

| № разд<br>ела | Наименование разделов                  | Количество часов |                   |    |    |                        |
|---------------|----------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|------------------------|
|               |                                        | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Самостоятельная работа |
|               |                                        |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                        |
| 1             | 2                                      | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                      |
| 1.            | Введение. Современная оптическая связь | 2                | 2                 |    |    |                        |
| 2.            | Построение сетей связи                 | 20               | 2                 | 2  |    | 16                     |
| 3.            | Основы электродинамики ОНС             | 24               | 2                 |    | 2  | 20                     |
| 4.            | Основы теории ОНСП                     | 26               | 2                 | 2  | 2  | 20                     |
|               | Итого по дисциплине:                   | 72               | 8                 | 4  | 4  | 56                     |

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 сессии (для студентов ЗФО)

| № разд<br>ела | Наименование разделов             | Количество часов |                   |    |    |                        |
|---------------|-----------------------------------|------------------|-------------------|----|----|------------------------|
|               |                                   | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Самостоятельная работа |
|               |                                   |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                        |
| 1             | 2                                 | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                      |
| 5.            | Конструкции и характеристики ОНСП | 87               | 2                 |    | 2  | 83                     |

|    |                      |     |   |  |   |     |
|----|----------------------|-----|---|--|---|-----|
| 6. | Строительство ОНСП   | 84  | 2 |  | 2 | 80  |
|    | Итого по дисциплине: | 180 | 4 |  | 4 | 163 |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

## 2.3 Содержание разделов дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела         | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Форма текущего контроля |
|----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                            | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4                       |
| 1. | Введение                     | Место и роль оптических направляющих сред передачи (ОНСП) в системе связи. Краткий обзор и этапы развития оптических линий связи и направляющих оптических систем передачи ОНС. Краткий обзор других направляющих систем и их история развития. Содержание и последовательность изучения курса, связь с другими дисциплинами, место курса в общей подготовке по настоящей специальности. Рекомендуемая литература.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |
| 2. | Современная оптическая связь | Тенденции развития современной связи. Типы линий связи и их основные свойства. Оптические линии в открытом пространстве. Оптические линии между космическими объектами. Направляющие оптические линии передачи. Структурная схема волоконно-оптической связи. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), их перспективы развития. Пассивные компоненты ОНС. Требования, предъявляемые к ОНС современной многоканальной и автоматической связью. Преимущества ОНС. Традиционные направляющие системы передачи. Направляющие оптические системы передачи и пассивные компоненты ВОЛС, световоды, оптические волокна, оптические кабели связи, лазеры, светодиоды, соединители, фотодиоды. Частотно-пропускная |                         |

|    |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |
|----|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|    |                            | <p>способность различных направляющих систем и технико-экономическое сравнение направляющих систем. Место применения и роль различных направляющих систем во взаимосвязанной сети связи Российской Федерации.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                            |
| 3. | Построение сетей связи     | <p>Общие принципы построения сети связи ВСС. Первичная и вторичная сеть связи. Магистральная сеть связи страны. Зоновая связь: построение внутризоновой и местной связи. Внутрипроизводственная связь. Локальные информационные сети и системы.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Компьютерное тестирование. |
| 4. | Основы электродинамики ОНС | <p>4.1. Основы теории электромагнитного поля.</p> <p>Электромагнитное поле: основные сведения и определения. Основные уравнения электродинамики. Материальные уравнения. Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Решение для изотропной среды. Волновые уравнения. Решение скалярного волнового уравнения для плоской волны. Параметры распространения волны. Явления на границе раздела двух сред.</p> <p>4.2. Распространение лазерного излучения в атмосфере.</p> <p>Поглощение лазерного излучения атмосферными газами. Коэффициент поглощения, оптическая толщина. Спектральное пропускание. Рассеяние лазерного излучения в атмосфере. Нелинейные эффекты при распространении лазерного излучения в атмосфере.</p> <p>4.3. Распространение электромагнитных волн в оптических и направляющих системах. Строение планарных и двухслойных световодов. Физические процессы в планарных и двухслойных световодах. Волновая и</p> | Компьютерное тестирование. |

|    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                            |
|----|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|    |                    | лучевая трактовка распространения оптических сигналов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |
| 5. | Основы теории ОНСП | <p>5.1. Основы теории распространения оптических сигналов в волоконных световодах. Строение волоконных световодов. Основные положения теории передачи по световодам. Основное уравнение передачи. Решение волнового уравнения для сердцевины и оболочки. Меридианальные лучи. Коэффициент распространения, скорость передачи по световоду и волновое сопротивление.</p> <p>5.2. Оптические волокна (ОВ). Критические длины волн и частота. Апертура оптического волокна. Понятие моды. Одномодовый и многомодовый режим передачи. Определение числа мод.</p> <p>5.3. Группы волн в оптическом волокне. Направляемые волны, волны оболочки и излучаемые волны. Математическое определение их существования. Нормированная частота и линейно-поляризованные волны.</p> <p>5.4. Ступенчатые и градиентные оптические волокна. Числовая апертура в ступенчатом и градиентном волокне. Особенности распространения оптических сигналов в градиентных волокнах. Определение числа распространения мод в градиентных волокнах.</p> <p>5.5. Одномодовая передача по оптическим волокнам. Поле в одномодовом волокне. Определение диаметра модового пятна. Влияние профиля показателя преломления на передачу по одномодовым волокнам.</p> <p>5.6. Затухание оптических сигналов в ОВ. Собственные потери в оптических волокнах. Механизм потерь поглощения и рассеяния в кварцевых оптических волокнах. Типовые зависимости составляющих потерь от длины волны, затухание энергии в оптических</p> | Компьютерное тестирование. |

|    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                            |
|----|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|    |                                   | <p>волокон при различных длинах волн. Дополнительные кабельные потери, обусловленные технологией производства оптических кабелей. Дополнительное затухание за счет изгибов. Затухание в галоидных, халькогенидных и фторидных стеклах в инфракрасном спектре.</p> <p>5.7. Потери излучения в пассивных компонентах ВОЛС. Основные понятия об источниках излучения и фотоприёмниках для ВОЛС. Ввод излучения в оптические волокна. Эффективность ввода. Ввод излучения с применением линзы. Чувствительность устройства ввода излучения к механическим рассогласованиям. Устройства вывода излучения. Эффекты смещений сопрягаемых волокон (радиальное, осевое и угловое смещение). Потери за счёт френелевского отражения, различия числовых апертур и диаметра сердечников, их неконцентричности и эллиптичности.</p> <p>5.8. Дисперсионные характеристики оптических волокон. Уширения импульсов в оптических волокнах. Виды дисперсий. Причины возникновения дисперсии. Модовая и хроматическая дисперсия. Материальная, волноводная, профильная дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия. Влияние дисперсии на возможности передачи. Пропускная способность оптических волокон.</p> |                            |
| 6. | Конструкции и характеристики ОНСП | <p>6.1. Конструкции и характеристики оптических волокон.</p> <p>Классификация оптических волокон. Многомодовые оптические волокна. Одномодовые оптические волокна. Рекомендации МККТГ по характеристикам одномодовых волокон.</p> <p>Процесс изготовления ОВ. Процесс изготовления опорных кварцевых труб.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Компьютерное тестирование. |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>Процесс изготовления кварцевых заготовок, метод тигля, метод двойного тигля, метод ионного обмена, метод химического осаждения из паровой фазы. Процесс вытяжки оптических волокон. Защитные оболочки. Конструкции оптических модулей.</p> <p>6.2. Конструкции и характеристики оптических кабелей связи</p> <p>Классификация ОК по назначению, конструктивным особенностям, условиям прокладки. Маркировка оптических кабелей связи. Построение сердечника кабеля, защитные оболочки, защитные бронепокровы, гидрофобные наполнители. Металлические элементы в конструкциях оптического кабеля.</p> <p>Типы, конструкции и характеристики междугородных, зонавых, оптических кабелей связи.</p> <p>Типы, конструкции и характеристики оптических кабелей городской связи, сельской связи.</p> <p>Типы, конструкции и характеристики внутриобъектовых, специальных и монтажных оптических кабелей.</p> <p>Типы, конструкции и характеристики подвесных, подводных кабелей связи.</p> <p>Технология изготовления оптических кабелей связи.</p> <p>Параметры прочности ОКС. Расчёт механической прочности конструкций оптических кабелей связи.</p> <p>6.3. Конструкции пассивных компонентов оптических линий связи.</p> <p>Разъёмные соединения. Методы разъёмных соединений. Разъёмы для многоволоконных кабелей. Фигурные соединители.</p> <p>Неразъёмные соединения. Типы неразъёмных соединений.</p> <p>Оптические разветвители.</p> <p>Оптические изоляторы.</p> |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

|    |                    |                                                                                                                                                                |  |
|----|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    |                    | Оптические фильтры.<br>Оптические переключатели.<br>Атенюаторы и другие пассивные компоненты.<br>Оптические усилители.                                         |  |
| 7. | Строительство ОНСП | Соединительные муфты городских и междугородних оптических кабелей.<br>Методы монтажа оптических кабелей.<br>Особенности сварки одномодовых оптических волокон. |  |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

| №  | Наименование раздела              | Тематика практических занятий (семинаров)                                                                                                                                                                                     | Форма текущего контроля |
|----|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                                 | 3                                                                                                                                                                                                                             | 4                       |
| 1. | Основы теории ОНСП                | Основы теории распространения оптических сигналов в волоконных световодах. Строение волоконных световодов. Параметры оптических волокон. Затухание оптических сигналов в ОВ. Дисперсионные характеристики оптических волокон. | Контрольная работа      |
| 2. | Конструкции и характеристики ОНСП | Исследование параметров пассивных компонентов ОНСП. Конструкции пассивных компонентов оптических линий связи. Конструкции и характеристики оптических кабелей связи                                                           | Контрольная работа      |

### 2.3.3 Лабораторные занятия

| № | Наименование раздела                                  | Наименование лабораторных работ                                                                | Форма текущего контроля |
|---|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2                                                     | 3                                                                                              | 4                       |
| 1 | Теория ОНСП. Конструкции и характеристики ОНСП        | Сварное соединение оптических волокон. Исследование характеристик разъёмных соединителей       | Отчёт                   |
| 2 | Конструкции и характеристики ОНСП. Строительство ОНСП | Рефлектометрические измерения в ВОЛС. Измерение потерь оптических кабелей оптическим тестером. | Отчёт                   |

#### Лабораторная работа № 1. Сварное соединение оптических волокон

Целью работы является практическое изучение работы сварочного аппарата, его характеристики и возможности.

- изучает этапы сварного соединения, особенности каждого этапа;

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- практически изучает на каждом этапе сварного соединения влияние на результат различных факторов;
- изучает тенденции развития сварочной техники;
- экспериментально определяет преимущества работы электронного скалывателя;
- изучает особенности различных методов юстировки оптических волокон перед сваркой;
- изучает механизм управления сварочным аппаратом.

## **Лабораторная работа № 2.**

### **Исследование характеристик разъёмных соединителей**

Целью работы является изучение различных методов механических соединений оптических волокон, преимуществ и особенностей различных методов.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- изучает конструкции соединителей;
- оценивает вносимые потери при соединении волокон;
- определяет внутренние потери, вызванные несовершенством волокна;
- экспериментально оценивает влияние внешних факторов, вызванных механической нестыковкой;
- наблюдает обратное отражение от места соединения;
- изучает особенности различных типов контактов соединителей и стандарты соединителей.

## **Лабораторная работа № 3.**

### **Рефлектометрические измерения в ВОЛС**

Целью работы является

- изучение различных методов экспериментального определения характеристик оптических волокон;
- экспериментальное определение рефлектограммы,
- практическое исследование рефлектограмм.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы учится:

- определять распределение потерь вдоль ВОЛС, выявлять дефектные участки или элементы линии связи;
- экспериментально определять возможности оптических рефлектометров для измерения потерь на изгибах;
- выполнять анализ рефлектограмм;
- определять точное расположение обрывов или дефектных участков ВОЛС;
- оценивать полные потери в волоконно-оптической линии связи при приемке линии и периодическом тестировании;
- измерять средние потери оптического волокна на катушках, равномерность распределения потерь в волокне и выявлять наличие локальных дефектов при производстве волокна;
- измерять потери в механических и в сварных соединениях;
- оценивать коэффициент отражения и коэффициент помех для встречного направления.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

1. Сварные соединения оптических волокон.
2. Разъёмные соединения оптических волокон
3. Возможности волокон G.657 в сетях доступа.
4. Разработка учебного стенда по изучению обратных отражений в элементах ВОЛС.
5. Разработка учебного стенда по изучению пропускной способности оптических волокон.
6. Компенсаторы дисперсии и их применение в ВОСПИ.
7. Организация строительства ВОЛС.
8. Защита ВОЛС от электромагнитного влияния.
9. Проектирование оптических сетей связи.
10. Потери в оптических волокнах.
11. Дисперсия сигналов в оптических волокнах.
12. Измерения и расчёты потерь на элементарном кабельном участке.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Наименование раздела | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1 | 1                    | Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/95150">https://e.lanbook.com/book/95150</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2 | 2                    | <p>Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 544 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94575">https://e.lanbook.com/book/94575</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1 – Теория передачи и влияния [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 494 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5112">https://e.lanbook.com/book/5112</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5113">https://e.lanbook.com/book/5113</a></p> |
| 3 | 3                    | <p>Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/95150">https://e.lanbook.com/book/95150</a></p> <p>Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Горячая</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   | <p>линия-Телеком, 2013. — 544 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94575">https://e.lanbook.com/book/94575</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4 | 4 | <p>Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 544 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94575">https://e.lanbook.com/book/94575</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5 | 5 | <p>Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/95150">https://e.lanbook.com/book/95150</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1– Теория передачи и влияния [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 494 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5112">https://e.lanbook.com/book/5112</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5113">https://e.lanbook.com/book/5113</a></p> |
| 6 | 6 | <p>Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/95150">https://e.lanbook.com/book/95150</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1– Теория передачи и влияния [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 494 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5112">https://e.lanbook.com/book/5112</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5113">https://e.lanbook.com/book/5113</a></p> |
| 7 | 7 | <p>Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 544 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94575">https://e.lanbook.com/book/94575</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1– Теория передачи и влияния [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 494 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5112">https://e.lanbook.com/book/5112</a></p> <p>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая</p>                                                                                                                                                                                           |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | эксплуатация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5113">https://e.lanbook.com/book/5113</a> |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- проведение практических занятий;
- домашние задания;
- опрос;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные работы;
- тестирование;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала,

подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу, тестированию и экзамену).

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Интерактивные аудиторные занятия с использованием мультимедийных систем позволяют активно и эффективно вовлекать учащихся в учебный процесс и осуществлять обратную связь. Помимо этого, становится возможным эффективное обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде **электронного комплекса сопровождения**, включающего в себя:

- электронные конспекты лекций;
- электронные планы практических (семинарских) занятий;
- электронные варианты учебно-методических пособий для выполнения лабораторных заданий;
- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;
- разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах \*.doc, \*.rtf, \*.htm, \*.txt, \*.pdf, \*.djvu и графических форматах \*.jpg, \*.png, \*.gif, \*.tif).

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;
- лекции с проблемным изложением;

- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;
- компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;
- технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкетирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- лекции с проблемным изложением;
- использование средств мультимедиа;
- изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, использование вопросов, Сократический диалог);

– обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем («Займи позицию (шкала мнений)», проективные техники, «Один – вдвоем – все вместе», «Смени позицию», «Дискуссия в стиле телевизионного ток-шоу», дебаты, симпозиум);

Лекционные и практические (семинарские) занятия: интерактивные с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью.

Лабораторные занятия: индивидуальное выполнение практических заданий на лабораторных стендах.

Кейсы - анализы конкретных учебных ситуаций при планировании, строительстве оптических направляющих сред – проводятся во время большинства практических занятий - разбор конкретных кейсов.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оперативный контроль осуществляется путем проведения контрольных работ с помощью мультимедийных средств и компьютерных тестов по основным темам дисциплины.

Контрольное тестирование включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины. Система оценок выполнения контрольного тестирования:

- «отлично» - количество правильных оценок от 80 до 100 процентов;
- «хорошо» - от 60 до 80 процентов;
- «удовлетворительно» - от 45 до 60 процентов.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачёта и экзамена в конце семестра. На зачёте студентам предлагается ответить на 4 вопроса по материалам учебной дисциплины. По итогам ответа на зачете и экзамене преподаватель оценивает знания студента и выставляет итоговую оценку по дисциплине.

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

###### **Контрольные вопросы по дисциплине «Оптические направляющие среды»**

Перечислите типы линий связи и укажите их основные свойства.

Объясните особенности работы (преимущества и недостатки) оптических линий в открытом пространстве.

Сформулируйте требования, предъявляемые к ОНСП современной многоканальной и автоматической связью.

Перечислите преимущества ОНСП.

Покажите требования, предъявляемые к излучателям, соединителям, оптическим волокнам, фотоприёмникам в ВОСП.

Перечислите принципы построения сети связи ВСС.

Чем отличаются требования к оптическим волокнам для магистральной, зоновой и локальной ВОСП?

Чем отличаются требования к оптическим кабелям для магистральной, зоновой и локальной ВОСП?

Запишите уравнения Максвелла для диэлектрической среды.

Запишите материальные уравнения, необходимые для решения для изотропной среды.

Объясните решение скалярного волнового уравнения для плоской волны.

Какие явления происходят на границе раздела двух сред.

Какими особенностями обладает поглощение лазерного излучения атмосферными газами?

Объясните процессы, происходящие при прохождении лазерного излучения в атмосфере.

Как изменится нормированная частота ОВ, если увеличить  $\lambda$ ?

Как изменится нормированная частота ОВ, если увеличить  $n_c$ ?

Перечислите отличия симметричных и несимметричных мод в ОВ?

Чему равно минимальное значение длины волны для фундаментальной моды?

Как связана постоянная распространения моды ОВ и длина волны  $\lambda$ ?

Как связана постоянная распространения моды ОВ и показатель преломления сердцевины?

Косыми или меридиональными лучами формируется фундаментальная мода ОВ?

Какое поле преобладает в моде  $HE_{11}$ ?

От каких параметров и как зависит число мод в многомодовом ОВ?

Чему может быть равна нормированная частота для фундаментальной моды ООВ: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 100 или 1000?

Начиная с какой длины волны в одномодовых кварцевых ОВ появляется симметричная мода  $E_{01}$ : 850, 1200, 1300, 1550 или 1650 нм?

Начиная с какой длины волны в одномодовых кварцевых ОВ появляется фундаментальная мода  $HE_{11}$ : 850, 1200, 1300, 1550 или 1650 нм?

Косые или меридиальные лучи преобладают в ОВ?

Какими параметрами и как отличаются МОВ и ООВ?

Почему кварцевые одномодовые ОВ не используются на длинах волн видимого диапазона?

Почему кварцевые одномодовые ОВ не используются на длинах волн дальнего ИК диапазона ( $>2$  мкм)?

Почему кварцевую оболочку ООВ делают гораздо более толстой (125 мкм), чем сердцевину (10 мкм)?

Где применяются кварцевые одномодовые световоды для длины волны 850 нм?

Как теоретически и практически определить (оценить) число мод, распространяющихся в световоде?

Какая длина волны отсечки больше в волокне или в кабеле?

Чему равна минимальная и максимальная длина волны фундаментальной моды  $HE_{11}$  кварцевого ООВ?

Чему равна минимальная и максимальная длина волны моды  $E_{01}$  кварцевого ОВ?

Число направляемых мод в каких световодах больше - ступенчатых или градиентных (при прочих равных условиях)?

Назовите области применения волоконных световодов.

В какой плоскости поляризован луч, отраженный под углом Брюстера от оптически более плотной среды? Показать плоскость колебаний электрического вектора.

Какие материалы используются при получения оптических волокон для сердцевины (оболочки)?

Перечислите основные характеристики оптических световодов (по возможности с указанием численных значений).

Почему световоды для ВОСП не изготавливаются с числовой апертурой заметно более 0,2?

Почему световоды для ВОСП не изготавливаются с числовой апертурой заметно менее 0,1?

В какой области спектра для кварцевых ОВ находится максимум (максимумы) поглощения, вызванного электронным механизмом поляризации диэлектрика.

Чем вызваны потери в кварцевых ООВ на длине волны 1383 нм?

Расположите в порядке увеличения потерь излучатели для кварцевого ММ световолокна: Ne-He лазер; п/п лазер на GaAs; Er – лазер (усилитель); CO<sub>2</sub> - лазер?

Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654)?

Почему кварцевые ООВ не используются в системах связи на длинах волн видимого диапазона?

Для чего в тестерах для измерения затухания модулируется выходное излучение?

Перечислите факторы, которыми обусловлено затухание сигналов в световодах.

Какой материал более прозрачен в области 3 – 5 мкм: триселенид мышьяка, диоксид кремния или диоксид германия?

Почему кварцевые одномодовые ОВ не используются в системах связи на длинах волн дальнего ИК ( $\lambda \gg 2$  мкм) диапазона?

Почему кварцевую оболочку ООВ делают гораздо более толстой (125 мкм), чем сердцевину (8-10 мкм)?

Перечислите три основных процесса, определяющих собственное затухание в световоде.

Определить, каков дополнительный затухание следует ожидать в кварцевом оптическом волокне, если по нему передавать сигналы с длиной волны 3 мкм.

Какой фактор вносит наибольший вклад в потери в самых лучших (по потерям) оптических кварцевых волокнах?

Перечислите факторы, которыми обусловлено затухание сигналов в световодах.

В чём заключается недостаток метода обрыва, используемого для измерения потерь в оптических волокнах?

В каком световоде в идеальном или неидеальном раньше наступает равновесное распределение (установившийся режим)?

В чём заключается преимущество метода обрыва, используемого для измерения потерь в оптических волокнах?

Расположите в порядке увеличения потерь излучатели для кварцевого ММ световолокна: Ne-He лазер; п/п лазер на GaAs; Er – лазер (усилитель); CO<sub>2</sub> - лазер ?

Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654)?

Какие факторы вносят наибольший вклад в потери стандартного одномодового оптического волокна, работающего во втором окне прозрачности?

Как зависит рэлеевское рассеяние от температуры затвердевания стекла?

Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652 – стандартное ООВ) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654 – ООВ со смещенной длиной волны отсечки)?

Чему равно допустимое увеличение потерь в ОВ при его укладке в оптическом кабеле?

Почему резко увеличиваются потери в ОВ при его скручивании с диаметром петли менее 20 мм?

Мода низкого или высокого порядка раньше выйдет из световода?

Свет с длиной волны 0,85 мкм или 1,3 мкм или 1,55 мкм раньше выйдет из кварцевого световода?

Фазовая или групповая скорость отвечает за хроматическую дисперсию?

Из каких составляющих состоит хроматическая дисперсия?

В чем отличие терминов:

- дисперсия при классическом описании преломления света в призме
- дисперсия при описании оптического сигнала в ОВ?

Перечислите факторы, которые определяют дисперсию сигналов ОВ?

Перечислите способы уменьшения влияния материальной дисперсии в ООВ?

Почему в градиентных МОВ модовая дисперсия проявляется значительно слабее, чем в ступенчатых?

Перечислите способы уменьшения влияния модовой дисперсии в ОВ.

Что происходит с материальной дисперсией для стандартного ООВ (Рек. ITU-T G.652) на длине волны около 1300 нм?

В каких единицах нормируется удельная хроматическая дисперсия?

Перечислите способы уменьшения влияния поляризационной модовой дисперсии в ОВ?

В каких единицах нормируется удельная материальная дисперсия?

Почему в ОВ возникает поляризационная модовая дисперсия (ПМД)?

Перечислите способы смещения точки нулевой дисперсии в область минимума потерь?

Почему стандартные ООВ (Рек. ITU-T G.652) мало приемлемы для совместной работы с эрбиевыми усилителями?

Какой длине волны соответствует нулевая материальная дисперсия в стандартном ООВ (Рек. ITU-T G.652)?

Какой длине волны соответствует нулевая профильная дисперсия в стандартном ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?

Какой длине волны соответствует нулевая волноводная дисперсия в стандартном ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?

Какой длине волны соответствует нулевая хроматическая дисперсия в стандартном ООВ (Рек. ITU-T G.652)?

Какой длине волны соответствует нулевая поляризационная модовая дисперсия в ООВ?

Почему ОВ с ненулевой смещённой дисперсией (Рек. МСЭ-Т G.653) мало приемлемы для совместной работы с эрбиевыми усилителями?

Какой длине волны соответствует минимум дисперсии в стандартных ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?

В каком ОВ меньше значение дисперсии: в многомодовом градиентном или одномодовом ступенчатом?

Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в стандартном ООВ (Рек. ITU-T G.652) в третьем окне прозрачности?

Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в стандартном ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652) во втором окне прозрачности?

Перечислите способы увеличения скорости передачи информации в ОВ?

Какой вид дисперсии преобладает в стандартных ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?

Определить потери, которые могут возникнуть при переходе из ООВ (ОК типа ОКЛ-10-1) в МОВ (ОК типа ОК-50-2).

Определить потери, которые могут возникнуть при переходе из ООВ с диаметром сердцевины 10 мкм в ООВ с диаметром сердцевины 8 мкм.

Определить потери, которые могут возникнуть при переходе из ООВ с числовой апертурой 0,15 в ООВ с числовой апертурой 0,10.

Определить потери, которые могут возникнуть при переходе из ООВ с числовой апертурой 0,12 в ООВ с числовой апертурой 0,10.

Рассчитайте потери на отражение, возникающий на торце ОВ ОК типа ОК-50-2, находящегося в среде с  $n = 1$ ?

Рассчитайте потери на отражение, возникающие на торце ОВ ОК типа ОК-50-01, находящегося в среде с  $n = 1,33$ ?

При сращивании строительных длин оптического кабеля ОКК-10-01 в одном из волокон произошло радиальное смещение торцов на 1 мкм. Определить возникшие при этом дополнительные потери.

Основной недостаток механического способа удаления первичного защитного покрытия заключается в ...

Преимущества электронного скалывателя перед ручным скалывателем состоит в ...

Какие силы помогают центрировать и прочно соединять волокна в процессе дуговой их сварки?

Перечислите методы центрирования ОВ, применяемые в сварном соединении.

Перечислите составные части термоусаживаемых защитных гильз, используемых при сварном соединении ОВ.

С каким усилием обычно проводится тестирование на разрыв сварного соединения ОВ?

Два основных метода определения потерь в сварном соединении: ...

Рассчитайте максимальные возможные потери, возникающие при идеальной сварке стандартных одномодовых волокон.

Рассчитайте максимальные возможные потери, возникающие при идеальной сварке стандартных многомодовых волокон.

Перечислите алгоритмы (методы) расчёта потерь в сварном соединении волокон.

Перечислите основные тенденции развития сварочной техники.

Чему равны типичные потери в сварном соединении многомодовых волокон?

Чему равны типичные потери в сварном соединении одномодовых волокон?

Перечислите параметры, визуально контролируемые в современных сварочных аппаратах.

Типовые потери при сварке каких волокон меньше одномодовых или многомодовых и почему?

Симметричные или несимметричные конструкции соединителей нашли применение для разъёмных соединений ОВ?

Перечислите факторы, приводящие к потерям при разъёмном соединении ОВ?

Причины возникновения «внутренних» потерь при разъёмном соединении ОВ?

Причины возникновения «внешних» потерь при разъёмном соединении ОВ?

Чему равно значение угла наклонной сферической поверхности в APC соединителе?

Чему равно значение радиуса кривизны сферической поверхности в UltraPC соединителе?

Чему равно значение радиуса кривизны сферической поверхности в SuperPC соединителе?

Есть ли необходимость применять APC – соединители в локальных ВОЛС?

Есть ли необходимость применять APC – соединители в ВОЛС с вводом ОВ в каждый дом?

Рассчитайте потери, которые могут возникнуть при соединении SM и MM оптических волокон.

Что происходит с формой отражённого сигнала на соединениях ОВ?

Как зависит рэлеевское рассеяние от длины волны?

Как зависит рэлеевское рассеяние от температуры затвердевания стекла?

Основные назначения бриллюэновского рефлектометра

Особенности стандартного метода работы рефлектометра

Как изменяется участок рефлектограммы при переходе из толстого волокна в тонкое?

Как изменяется участок рефлектограммы при переходе из тонкого волокна в толстое?

Особенности определения расстояния до места обрыва по рефлектограмме

Особенности определения мощности и энергии зондирующего импульса

Механизм появления ложных сигналов

Чему равно типичное значение показателя преломления стандартного ООВ (рекомендации G652) вводимое в рефлектометр для измерения расстояния?

Как отличается показатель преломления волокна со смещённой дисперсией от стандартного ООВ?

Перечислите основные характеристики импульсного оптического рефлектометра

Как определяется динамический диапазон оптического рефлектометра?

Способы уменьшения мёртвой зоны оптического рефлектометра

Чему равно типичное значение мёртвой зоны в современных оптических рефлектометрах?

Механизм образования мертвой зоны оптического рефлектометра

Какой показатель преломления больше: стандартного МОВ (G651) или стандартного ООВ (G652) используемый при рефлектометрических измерениях расстояний?

Почему показатель преломления ОВ G(655) 1,471 больше чем показатель преломления ОВ G(652) 1,466 ?

Какова типичная точность измерения затухания в современных рефлектометрах?

Какова типичная точность измерения расстояния в современных рефлектометрах?

Каково типичное значение динамического диапазона?

Каково типичное значение выходной мощности оптического рефлектометра?

Перечислите основные особенности бриллюэновского рефлектометра

Назовите диапазон частот сдвига отражённого сигнала бриллюэновского рефлектометра

Формула частотного сдвига

При бриллюэновском рассеянии частота рассеянного сигнала увеличивается или уменьшается?

Как изменяется участок рефлектограммы при переходе из волокна с большой апертурой в волокно с малой апертурой?

Типичные значения избыточной длины

Как выглядит характеристика обратного рассеяния ОВ измеряемая в пределах динамического диапазона рефлектометра в случае отсутствия локальных неоднородностей, стыков и т.п.?

Как выглядит характеристика обратного рассеяния ОВ, измеряемая в пределах динамического диапазона рефлектометра, на сварном соединении?

Перечислите преимущества двустороннего тестирования ОВ.

Перечислите основные характеристики импульсного оптического рефлектометра

Назовите типы мёртвых зон

Типичные значения окна растяжения-сжатия ОВ

### **Практические задания по учебной программе**

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.02 Информационные технологии и системы связи: ПК-19, ПК-33.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

Полный комплект практических заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б.1.В.ОД.7 Оптические направляющие среды.

### **Теория оптических волокон**

- 1) На каком физическом явлении основан принцип работы световодов?
- 2) Что происходит при явлении НРВО?
- 3) Перечислите области применения волоконных световодов

- 4) Какие материалы используются для сердцевины / оболочки кварцевых оптических волокон?  
( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , F,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ )
- 5) Перечислите основные преимущества оптических световодов (в порядке значимости).
- 6) Какие значения может принимать NA в стеклянных световодах (0; 0,1; 0,2; 1; 1,2) ?
- 7) Длина волны отсечки, это:
- 8) Какая длина волны отсечки меньше - в волокне или в кабеле?
- 9) Что больше - диаметр сердцевины световода или диаметр модового поля?
- 10) Какое поле преобладает в моде  $\text{HE}_{11}$  ?
- 11) Слабо-направляемые или сильно-направляемые световоды используются в ВОЛС?
- 12) Перечислите отличия симметричных и несимметричных мод в ОВ?
- 13) Косыми или меридиональными лучами формируется фундаментальная мода?  
симметричная мода  $\text{E}_{01}$  ?
- 14) Чему равна критическая (нормализованная) частота фундаментальной моды?
- 15) Чему равна максимальная  $\lambda$  для фундаментальной моды  $\text{HE}_{11}$  ?
- 16) Чему равна минимальная длина волны для фундаментальной моды  $\text{HE}_{11}$  ?
- 17) Начиная с какой длины волны в **стандартных** (Рек. G.652) одномодовых кварцевых ОВ исчезает (появляется) симметричная мода  $\text{E}_{01}$ : 850, 1000, 1100, 1200, 1300, 1550 или 1650 нм ?
- 18) Чему равна минимальная (максимальная) длина волны для симметричной моды  $\text{E}_{01}$  ?
- 19) От каких параметров и как зависит число мод в многомодовом ОВ ?
- 20) Число направляемых мод в каких световодах меньше - ступенчатых или градиентных (при прочих равных условиях)?
- 21) Где применяются кварцевые одномодовые световоды на длине волны 850 нм ?
- 22) Какой SM световод лучше: с нормированной частотой, равной 1 или 2 или 3 ?
- 23) Одномодовый режим работы ОВ осуществляется при  $\lambda = d_c$  ;  $\lambda < d_c$  ;  $\lambda \ll d_c$  или  $\lambda > d_c$  .
- 24) Чему равен предельный угол полного внутреннего отражения в ОВ ОК типа ОК-10-01?
- 25) Во сколько раз и как отличается скорость света в сердцевине и оболочке ОВ ОК типа ОК-50-1 с  $n_c=1,50$  и  $n_o=1,49$ ?

### Потери в оптических линиях связи

- 1) Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через 50 км SM световолокна, если потери в световоде составляют 0,4 дБ/км?
- 2) В какой области спектра для кварцевых ОВ находится максимум (максимумы) поглощения, вызванного электронным механизмом поляризации диэлектрика.
- 3) Чем вызваны потери в кварцевых ООВ на длине волны 1383 нм?
- 4) Расположите в порядке увеличения потерь излучатели для кварцевого MM световолокна:  
Ne-He лазер; п/п лазер на GaAs; Er – лазер (усилитель); CO<sub>2</sub> - лазер ?
- 5) Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654)?
- 6) Почему кварцевые ООВ не используются в системах связи на длинах волн видимого диапазона?
- 7) Для чего в тестерах для измерения затухания модулируется выходное излучение?
- 8) Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через 20 км MM световолокна, если потери в световоде составляют 1 дБ/км?

- 9) Перечислите факторы, которыми обусловлено затухание сигналов в световодах.
- 10) Рассчитайте потери в световоде, если фототок входного сигнала равен 10 мкА, а выходного 10 нА ?
- 11) Какой материал более прозрачен в области 3 – 5 мкм: триселенид мышьяка, диоксид кремния или диоксид германия?
- 12) LWP-волокна - это волокна
  - А) имеющие особо низкие потери во втором окне прозрачности,
  - Б) имеющие особо низкие потери в третьем окне прозрачности,
  - В) имеющие особо низкие потери между вторым и третьим окнами прозрачности.
- 13) Почему кварцевые одномодовые ОВ не используются в системах связи на длинах волн дальнего ИК ( $\lambda > 2$  мкм) диапазона?
- 14) Почему кварцевую оболочку ООВ делают гораздо более толстой (125 мкм), чем сердцевину (8-10 мкм)?
- 15) Перечислите три основных процесса, определяющих собственное затухание в световоде.
- 16) В какой области спектра для кварцевых ОВ находится максимум (максимумы) поглощения, вызванного электронным механизмом поляризации диэлектрика.
- 17) Определить, какое дополнительное затухание следует ожидать в кварцевом оптическом волокне, если по нему передавать сигналы с длиной волны 3 мкм.
- 18) Как (во сколько раз) изменятся потери в ОВ ОК типа ОК-50-2, если рабочую длину волны уменьшить до 425 нм?
- 19) Рассчитайте мощность излучателя в дБм при мощности излучения 10 мВт.
- 20) Определить, на сколько изменятся собственные потери в оптическом волокне, если передача сигналов будет осуществляться не в третьем, а в первом окне прозрачности.  
Параметры оптического волокна:  $n_{об} = 1,480$ ,  $\Delta = 0,01$ ,  $tg \Delta = 10^{-11}$ .
- 21) Какой фактор вносит наибольший вклад в потери в самых лучших (по потерям) оптических кварцевых волокнах?
- 22) Перечислите факторы, которыми обусловлено затухание сигналов в световодах.
- 23) В чем заключается недостаток метода обрыва, используемого для измерения потерь в оптических волокнах?
- 24) В каком световоде в идеальном или неидеальном раньше наступает равновесное распределение (установившийся режим)?
- 25) В чем заключается преимущество метода обрыва, используемого для измерения потерь в оптических волокнах?
- 26) Расположите в порядке увеличения потерь излучателя для кварцевого ММ световолокна:  
Ne-He лазер; п/п лазер на GaAs; Er – лазер (усилитель); CO<sub>2</sub> - лазер ?
- 27) Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654)?
- 28) Какие факторы вносят наибольший вклад в потери стандартного одномодового оптического волокна, работающего во втором окне прозрачности?
- 29) Как зависит релеевское рассеяние от температуры затвердевания стекла?
- В.2. 8) Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652 – стандартное ООВ) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654 – ООВ со смещенной длиной волны отсечки)?
- 30) Чему равно допустимое увеличение потерь в ОВ при его укладке в оптическом кабеле?
- 31) Почему резко увеличиваются потери в ОВ при его скручивании с диаметром

петли менее 20 мм?

### **Дисперсия сигналов в ОВ**

- 1) Мода низкого или высокого порядка раньше выйдет из световода?
- 2) Свет с длиной волны 0,85 мкм или 1,3 мкм или 1,55 мкм раньше выйдет из световода?
- 3) Фазовая или групповая скорость отвечает за хроматическую дисперсию?
- 4) Из каких составляющих состоит хроматическая дисперсия?
- 5) В чем отличие терминов: - дисперсия при классическом описании преломления света в призме и - дисперсия при описании оптического сигнала в ОВ?
- 6) Почему результат модовой дисперсии с ростом длины ОВ растет сначала по линейному закону, затем по нелинейному?
- 7) Длина связи мод для каких световодов больше: - идеальных, без внешних воздействий, или - реальных, подверженным внешним воздействиям?
- 8) Почему в градиентных ОВ модовая дисперсия проявляется значительно слабее, чем в ступенчатых?
- 9) Перечислите способы уменьшения влияния модовой дисперсии.
- 10) Что происходит с материальной дисперсией для ОВ (Рек. МСЭ-Т G.652) на длине волны 1300 нм?
- 11) В каких единицах нормируется удельная хроматическая дисперсия?
- 12) В каких единицах нормируется удельная профильная дисперсия?
- 13) В каких единицах нормируется удельная материальная дисперсия?
- 14) Почему в ОВ возникает поляризационная модовая дисперсия (ПМД)?
- 15) Перечислите способы смещения точки нулевой дисперсии в область более длинных волн?
- 16) Какой длине волны соответствует нулевая материальная дисперсия в чистом кварце?
- 17) Какой длине волны соответствует нулевая материальная дисперсия в ОВ (Рек. ITU-T G.652) ?
- 18) Какой длине волны соответствует нулевая профильная дисперсия в (Рек. МСЭ-Т G.652) ОВ?
- 19) Какой длине волны соответствует нулевая хроматическая дисперсия в ОВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?
- 20) Какой длине волны соответствует нулевая волноводная дисперсия в ОВ (Рек. ITU-T G.652) ?
- 21) Какой длине волны соответствует нулевая поляризационная дисперсия в стандартных ООВ?
- 22) Какой длине волны соответствует нулевая дисперсия в смещенных ОВ (Рек. МСЭ-Т G.653)?
- 23) Какой длине волны соответствует нулевая дисперсия в стандартных ОВ (Рек. ITU-T G.652)?
- 24) Какой длине волны соответствует нулевая дисперсия в ООВ с ненулевой смещенной дисперсией (Рек. ITU-T G.655)?
- 25) Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в ОВ (Рек. ITU-T G.652) в третьем окне прозрачности?
- 26) Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в ОВ (Рек. ITU-T G.652) во втором окне прозрачности?
- 27) Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в стандартных ООВ (Рек. G.652) в первом окне прозрачности?
- 28) Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в стандартных МОВ (Рек. G.651)?

- 29) В каких многомодовых световодах (ступенчатых или градиентных) длина установления равновесного состояния больше: и почему?
- 30) Перечислите способы уменьшения влияния материальной дисперсии в ООВ?
- 31) Перечислите способы уменьшения влияния поляризационной дисперсии в ООВ?
- 32) Почему ООВ со смещенной дисперсией (Рек. МСЭ-Т G.653) неприменимы для совместной работы с эрбиевыми усилителями?
- 33) Почему стандартные ООВ мало приемлемы для совместной работы с эрбиевыми усилителями?
- 34) Какой длине волны соответствует минимум дисперсии в ОВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?
- 35) В каком ОВ меньше значение дисперсии: в многомодовом градиентном или одномодовом ступенчатом?
- 36) В каких ОВ одномодовых или многомодовых влияние (значение) поляризационной дисперсии больше?
- 37) Перечислите факторы, которые определяют дисперсию сигналов ОВ?
- 38) Перечислите причины образования профильной дисперсии.
- 39) В каких ООВ профильная дисперсия меньше в ООВ: со ступенчатым профилем показателя преломления или с треугольным профилем?
- 40) Какой вид дисперсии преобладает в ОВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?
- 41) Какой вид дисперсии преобладает в стандартных (Рек. МСЭ-Т G.651) ОВ?

### **Основы теории ОНСП**

1. Рассчитать число мод, распространяющихся в оптическом волокне оптического кабеля ОК-50-2-3-4.
2. Рассчитать число мод, распространяющихся в ОВ оптического кабеля ОКК-50-01-1,0-8.
3. Рассчитать максимально возможное значение относительной разности показателей преломления для кварцевого ООВ, если диаметр сердцевины составляет 5 мкм?
4. Сколько мод может распространяться в кварцевом ступенчатом световоде с диаметром сердцевины 9 мкм и числовой апертурой 0,1 на длине волны 1,55 мкм?
5. Определить нормированную частоту ОВ оптического кабеля ОКК-10-01.
6. Определить нормированную частоту оптического волокна ОК типа ОК-50-2-3-4 ( $n_c = 1,480$ ,  $D = 0,012$ ).
7. Как (во сколько раз) изменится число мод, распространяющихся в ОВ оптического кабеля ОК-50-01 при изменении диаметра сердцевины в пределах нормы (от минимального до максимального)?
8. Как (на сколько) изменится число мод, распространяющихся в ОВ оптического кабеля ОК-50-01 при изменении числовой апертуры в пределах нормы (от минимальной до максимальной)?
9. На сколько (во сколько раз) изменится число мод в ОВ ОК типа ОК-50-2, если сменить длину волны с первого окна прозрачности на длину волны второго окна прозрачности?

### **Рефлектометрические измерения**

- 1) Основные назначения бриллюэновского рефлектометра
- 2) Особенности стандартного метода работы рефлектометра
- 3) Что происходит с формой отраженного сигнала на соединениях ОВ?
- 4) Как зависит релеевское рассеяние от длины волны?

- 5) Как зависит релеевское рассеяние от температуры затвердевания стекла?
- 6) Как изменяется участок рефлектограммы при переходе из толстого волокна в тонкое?
- 7) Как изменяется участок рефлектограммы при переходе из тонкого волокна в толстое?
- 8) Особенности определения расстояния до места обрыва по рефлектограмме
- 9) Особенности определения мощности и энергии зондирующего импульса
- 10) Механизм появления ложных сигналов
- 11) Чему равно типичное значение показателя преломления стандартного ООВ (рекомендации G652) вводимое в рефлектомер для измерения расстояния?
- 12) Как отличается показатель преломления волокна со смещенной дисперсией от стандартного ООВ?
- 13) Перечислите основные характеристики импульсного оптического рефлектометра
- 14) Как определяется динамический диапазон оптического рефлектометра?
- 15) Способы уменьшения мертвой зоны оптического рефлектометра
- 16) Чему равно типичное значение мертвой зоны в современных оптических рефлектометрах?
- 17) Механизм образования мертвой зоны оптического рефлектометра
- 18) Какой показатель преломления больше: стандартного МОВ (G651) или стандартного ООВ (G652) используемый при рефлектометрических измерениях расстояний?
- 19) Почему показатель преломления ОВ G(655) 1,471 больше чем показатель преломления ОВ G(652) 1.466 ?
- 20) Какова типичная точность измерения затухания в современных рефлектометрах?
- 21) Какова типичная точность измерения расстояния в современных рефлектометрах?
- 22) Каково типичное значение динамического диапазона?
- 23) Каково типичное значение выходной мощности оптического рефлектометра?
- 24) Перечислите основные особенности бриллюэновского рефлектометра
- 25) Назовите диапазон частот сдвига отраженного сигнала бриллюэновского рефлектометра
- 26) Формула частотного сдвига
- 27) При бриллюэновском рассеянии частота рассеянного сигнала увеличивается или уменьшается?
- 28) Как изменяется участок рефлектограммы при переходе из волокна с большой апертурой в волокно с малой апертурой?
- 29) Типичные значения избыточной длины
- 30) Как выглядит характеристика обратного рассеяния ОВ измеряемая в пределах динамического диапазона рефлектометра в случае отсутствия локальных неоднородностей, стыков и т.п.?
- 31) Как выглядит характеристика обратного рассеяния ОВ, измеряемая в пределах динамического диапазона рефлектометра, на сварном соединении?
- 32) Перечислите преимущества двустороннего тестирования ОВ.
- 33) Перечислите основные характеристики импульсного оптического рефлектометра
- 34) Назовите типы мертвых зон
- 35) Типичные значения окна растяжения-сжатия ОВ

### **Оптические кабели**

- 1) Какие существуют типы оптических волокон?
- 2) Сколько типов волн может распространяться в многомодовом оптическом волокне?
- 3) Перечислите основные элементы (части) оптического волокна?
- 4) Чему равна толщина нанесения первичного защитного покрытия?

- 5) Чему равна толщина нанесения вторичного защитного покрытия?
- 6) На каких длинах волн работают оптические кабели?
- 7) В каких оптических волокнах отсутствует межмодовая дисперсия?
- 8) Содержится ли оптический кабель под избыточным давлением?
- 9) Чему равен диаметр сердечника одномодового оптического волокна?
- 10) Сколько существует видов дисперсии?
- 11) Чему равен запас оптического кабеля в колодце для монтажа муфт?
- 12) Типы оптических муфт используемых на городских и зонавых сетях связи (ЗАО СвязьСтройДеталь)?
- 13) Организация рабочего места при монтаже муфт на оптическом кабеле?
- 14) Принцип работы оптического рефлектометра?
- 15) ТБ при работе с оптическими приборами?
- 16) На сколько волокон рассчитана муфта МТОК?
- 17) Перечислите способы сращивания оптических волокон?
- 18) Какие существуют виды повреждений оптического кабеля?
- 19) Сколько кассет в муфте МТОК 96-01-IV?
- 20) На сколько классов классифицируются многомодовые оптические волокна?
- 21) Чему равен диаметр оболочки одномодового оптического волокна?
- 22) Чему равен диаметр сердечника многомодового оптического волокна?
- 23) Что такое «профиль показателя преломления сердечника оптического волокна»?
- 24) Что такое «профиль показателя преломления оболочки оптического волокна»?
- 25) Почему на практике применяется волоконный световод, состоящий из сердцевины и оболочки?
- 26) Какой волоконный световод (оптическое волокно) называется ступенчатым ?
- 27) Какой волоконный световод (оптическое волокно) называется градиентным?
- 28) Для чего на оптическое волокно наносят полимерное покрытие?
- 29) Дайте определение числовой апертуры волоконного световода?
- 30) Какой режим работы волоконного световода называется одномодовым?
- 31) Какой режим работы волоконного световода называется многомодовым?
- 32) Чем определяется число направляемых мод в волоконных световодах?
- 33) Из каких материалов изготавливаются оптические волокна ?
- 34) На сколько групп классифицируются оптические кабели по своему назначению?
- 35) Какое гидростатическое давление может выдерживать оболочка подводного оптического кабеля(при прокладке на береговых и морских участках)?
- 36) Перечислите основные передаточные характеристики оптического волокна?
- 37) Чему равно  $R_{из.}$  между жилами ДП при постоянном токе?
- 38) Чем обусловлено затухание сигналов в волоконных световодах?
- 39) Почему длины волн излучения  $\lambda = 1,3$  мкм, и особенно  $\lambda = 1,55 \dots 1,6$  мкм, считается наиболее перспективными в волоконно – оптических системах передачи?
- 40) Какое гидростатическое давление может выдерживать оболочка подводного оптического кабеля(при прокладке на речных переходах и на глубоководных участках водоемов)?
- 41) Чему равно  $R_{из.}$  между жилами ДП и металлическими элементами?
- 42) Чему равно испытательное напряжение наружной (полиэтиленовой) оболочки в течение 5 сек. (между металлическим элементом и землей)?
- 43) Чем обусловлено уширение импульсных сигналов в многомодовых?
- 44) Дайте определение полосы пропускания?
- 45) Сколько существует категорий молниестойкости ОК?
- 46) Чему равно испытательное напряжение в течение 2 минут при постоянном токе (между жилами ДП)?
- 47) Чем равен оставляемый запас оптического кабеля в колодце для монтажа муфты?
- 48) Перечислите основные элементы конструкций ОКС?

- 49) В каких грунтах прокладываются оптические кабели?
- 50) На сколько групп классифицируются оптические кабели по своему назначению?
- 51) На сколько групп классифицируются линейные оптические кабели?
- 52) Перечислите механические характеристики ОКС?
- 53) На сколько групп классифицируются внутриобъектовые оптические кабели?
- 54) Какие требования предъявляются к соединениям ОВ?
- 55) Какие Вы знаете способы неразъемных соединений?
- 56) Перечислите основные передаточные характеристики оптических волокон?
- 57) Какие оптические кабели используются для подвески на ЛЭП?
- 58) Какие существуют рекомендации в части периодичности измерения затухания в оптических кабелях (в процессе его эксплуатации) на оконечных пунктах, где имеется постоянный обслуживающий персонал?
- 59) При каких значениях сопротивления изоляции, состояние внешних покровов ЛКС ВОЛП считается аварийным?
- 60) При монтаже муфты на оптических кабелях в котловане длина запаса кабеля должна быть?
- 61) При какой температуре окружающей среды запрещается прокладывать оптический кабель без предварительного прогрева?
- 62) В какое время года проводится контроль электрического сопротивления изоляции пластмассовых оболочек оптического кабеля?
- 63) Какова периодичность контроля заземляющего устройства на ПРП и ОРП?
- 64) Чем определяется длина участка регенерации?
- 65) Почему в высокоскоростных системах передачи ( $B \geq 34,368$  Мбит/с) практически исключаются возможность использования многомодовых ступенчатых волоконных световодов?
- 66) При помощи какого оборудования измеряется величина затухания на смонтированном участке регенерации?
- 67) В чем состоит механизм разрушения ОВ?
- 68) Какие измерения проводятся в процессе эксплуатации ВОЛС?
- 69) Значение допустимой механической нагрузки на растяжение для ВОК второго типа?
- 70) Сечение медного проводника для подключения металлического бронепокрова ВОК на КИП в помещении ввода кабелей?
- 71) Длина постоянной оптической кабельной вставки должна составлять?
- 72) Минимальная температура разделки и монтажа оптического кабеля?
- 73) Какие способы измерения дисперсии наиболее удобны для строительных длин ОВ?
- 74) Перечислите основные методы определения расстояния до места повреждения ВОЛС?
- 75) Какими основными факторами ограничен динамический диапазон оптических рефлектометров?
- 76) Время на восстановление линии передачи ВОЛС?
- 77) Чем должно защищаться место сварки оптических волокон?
- 78) Перечислите возможные способы прокладки ОКС в телефонной канализации?
- 79) Какие существуют способы соединения оптических волокон?
- 80) Перечислите возможные способы прокладки ОКС в грунте?
- 81) Какова длина укладки оптических волокон в кассете муфты МТОК?
- 82) На каком расстоянии от нижней точки подвешенного кабеля до полотна шоссе/дороги, пересечении шоссе/дорог для ВОКВ (временная оптическая кабельная вставка) устанавливается воздушный переход?
- 83) В чем состоят приемосдаточные испытания ВОЛС?
- 84) Какие виды работ входят в эксплуатационно – техническое обслуживание ВОЛС?

- 85) Периодические визуальные осмотры ВОКВ, проверку комплектации, измерения оптических параметров ее элементов следует проводить?
- 86) Какие параметры ВОЛС включаются в паспорт ВОЛС?
- 87) К чему приводит увеличение числовой апертуры?
- 88) Какой режим работы одномодового оптического волокна ?
- 89) Какой тип оптических волокон используется в магистральных ОК?
- 90) Что такое диаметр модового поля (пятна)?
- 91) На какой длине волны затухание оптических волокон имеет наименьшее значение?
- 92) Какое градиентное ОВ получило наибольшее распространение на практике?
- 93) От чего зависит размер (диаметр) модового поля (пятна) в одномодовом волокне?
- 94) Можно ли измерять затухание в рабочих волокнах с помощью рефлектометра в процессе работы ВОЛС?
- 95) Каково назначение первичного покрытия ОВ?
- 96) Каково назначение вторичного покрытия ОВ?
- 97) Можно ли рассматривать торец волокна при наличии в нем оптического излучения?

### **Тестовые задания по учебной программе**

В процессе выполнения тестовых заданий у студентов формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП по направлению 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи: ПК-19, ПК-33.

Тестовые задания состоит из 6–18 теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины. Во всех вопросах каждого теста предполагается выбор одного из возможных ответов.

Система оценок выполнения контрольного тестирования:

- «отлично» – количество правильных ответов от 85% до 100%;
- «хорошо» – количество правильных ответов от 70% до 84%;
- «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 55% до 69%.

Ниже приводится пример контрольного тестирования в виде полного варианта одного из тестовых заданий.

Полный комплект тестовых заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б.1.В.ОД.7 Оптические направляющие среды.

Тест по теме «Разъёмные соединения ОВ»

1. В какой конструкции разъёмного соединения применяется адаптер (coupling)?
  - симметричная
  - несимметричная
2. Какой диаметр имеют наконечники коннекторов?
  - 1 мм
  - 1,25 мм
  - 1,5 мм
  - 2 мм
  - 2,5 мм
  - 3 мм
3. Наконечник какого типа коннекторов имеет диаметр 1,25 мм?  
( Какой тип коннекторов является уменьшенным аналогом коннекторов SC-типа?)
  - ST
  - FC
  - LC

- SC

4. Какие из приведённых ниже причин возникновения потерь при соединении ОВ относятся к внутренним? (Какие факторы потерь на соединении не являются внешними?)

- эллиптичность сердцевины ОВ
- механическая нестыковка ОВ
- френелевское рассеяние
- различие диаметров модовых полей

5. Какое смещение будет оказывать наибольшее влияние на потери при соединении ОВ?

- осевое
- радиальное
- угловое

6. При какой числовой апертуре ОВ потери от углового смещения будут меньше? (При какой числовой апертуре ОВ потери от осевого смещения будут больше?)

- 0,15
- 0,2
- 0,5

7. При малых значениях зазора между торцами соединяемых ОВ вклад френелевского отражения:

- весьма существенен
- пренебрежимо мал
- не зависит от зазора

8. При увеличении длины волны излучения коэффициент френелевского отражения: (При увеличении частоты излучения потери обратно отраженного сигнала:)

- не зависит от длины волны
- увеличивается
- уменьшается

9. При зазоре между торцами соединяемых ОВ равном половине длины волны излучения коэффициент френелевского отражения будет:

(Какой будет отраженный от торца волокон сигнал при зазоре между волокнами равном половине длины волны излучения?)

- минимальный
- максимальный
- не зависит от длины волны

10. Сферическая поверхность торца ОВ обеспечивающая физический контакт волокон именуется аббревиатурой:

- SC
- FC
- PC

11. Для чего в контактах типа APC делается угловой наклон сферически полированной поверхности торца ОВ?

- для уменьшения зазора между волокнами
- для уменьшения обратного отражения
- для увеличения числовой апертуры ОВ
- для уменьшения углового смещения ОВ

12. В каком типе физического контакта отраженный сигнал меньше?

- PC
- Super PC
- Angled PC
- Ultra PC

13. Какие типы коннекторов являются наиболее перспективными?
- FC
  - LC
  - SC
  - ST
14. У какого типа физического контакта радиус полировки торца ОВ меньше?  
(Какой из двух типов контактов PC обеспечивает меньшие потери на обратное отражение?)
- Super PC
  - Ultra PC
15. Что такое оптическая вилка (нерекомендуемое название pigtail)?
- бокс для укладки волокна
  - разновидность стриппера
  - волокно, оконцованное коннектором
7. Максимальную скорость передачи информации ( в МГц·км) можно реализовать:
- в MM световодах на длине волны 1.55 мкм
  - в SM световодах на длине волны 0.85 мкм
  - в SM световодах на длине волны 1.3 мкм
  - в высокочастотном кабеле на частоте 100 ГГц

### **Темы рефератов по учебной программе**

Оптические усилители  
Поглощение лазерного излучения атмосферой  
Локальные оптические сети  
Аттенюаторы и другие пассивные компоненты  
Металлические элементы в конструкциях оптических кабелей  
Влияние внешних факторов на прочность и параметры ОК  
Солитонный режим передачи  
Магистральные сети связи  
Зоновая связь  
Внутрипроизводственная связь  
Разъёмы для многоволоконных кабелей. Фигурные соединители  
Строение планарных и двухслойных световодов  
Сети нового поколения (NGN)  
Направляемые волны, волны оболочки и излучаемые волны  
Оптические разветвители  
Оптические фильтры  
Оптические переключатели  
Определение места и характера повреждения ВОЛС  
Типы, конструкции и характеристики внутриобъектовых ОК  
Типы, конструкции и характеристики специальных ОК  
Типы, конструкции и характеристики монтажных ОК  
Технологии изготовления оптических кабелей связи  
Соединительные муфты городских и междугородных линий связи  
Рефлектометрические измерения в ВОЛС  
Методы измерения потерь в оптических волокнах  
Оптические изоляторы  
Соединительные муфты городских и междугородных линий связи  
Особенности сварки одномодовых оптических волокон  
Способы увеличения пропускной способности оптических волокон  
Потери в современных оптических волокнах  
Оптические волокна для широкополосной передачи G.656

### Контрольные работы по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения контрольных работ формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи: ПК-19, ПК-33.

Ниже приводится пример контрольной работы в виде практических заданий.

#### Задача 1.

Вычислите значения числовой апертуры NA и максимального угла ввода излучения в волокно  $\theta_{\max}$  для ступенчатого волокна с параметрами а)  $n_{\text{серд}} = 1,483$ ,  $n_{\text{об}} = 1,479$ ; б)  $n_{\text{серд}} = 1,483$ ,  $n_{\text{об}} = 1,460$ . Сделайте обобщающие выводы.

#### Задача 2.

Рассчитайте максимально возможное значение относительной разности показателей преломления для кварцевого ООВ, если диаметр сердцевины составляет 8 мкм?

#### Задача 3.

Определить, на сколько изменятся собственные потери в оптическом волокне, если передача сигналов будет осуществляться не в третьем, а в первом окне прозрачности.

Параметры оптического волокна:  $n_s = 1,480$ ,  $d = 0,01$ ,  $\text{tgs} = 10^{-11}$ .

## 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

### 4.2.1 Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Оптические направляющие среды» для направления подготовки: направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

В процессе подготовки и сдачи экзамена формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи компетенции: ПК-19, ПК-33.

1. Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Решение для изотропной среды. Явления на границе раздела двух сред.
2. Основные характеристики ОВ. Типы ОВ. Современные световоды для систем связи.
3. Критические длины волн и частота. Апертура оптического волокна. Понятие моды. Одномодовый и многомодовый режим передачи. Определение числа мод.
4. Затухание оптических сигналов в ОВ.
5. Дисперсионные характеристики оптических волокон.
6. Оптические кабели, их конструкции и характеристики.
7. Маркировка оптических кабелей связи. Построение сердечника кабеля, защитные оболочки, защитные бронепокровы, гидрофобные заполнители. Металлические элементы в конструкциях оптического кабеля.
8. Типы, конструкции и характеристики оптических кабелей связи.
9. Разъёмные соединения оптических волокон. Потери при соединении волокон.
10. Неразъёмные соединения оптических волокон. Потери при соединении волокон.
11. Оптические разветвители. Аттенюаторы.
12. Оптические изоляторы. Оптические фильтры. Оптические переключатели.

### 4.2.2 Примеры экзаменационных билетов по дисциплины Б.1.В.ОД.7

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Типы, конструкции и характеристики внутриобъектовых, специальных и монтажных оптических кабелей.
2. Затухание оптических сигналов в ОВ.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Типы ОВ и его основные характеристики.
2. Оптические кабели, их конструкции и характеристики.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/95150>
2. Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 544 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94575>
3. Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1–Теория передачи и влияния [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 494 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5112>
4. Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5113>

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Портнов Э. Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи / Э. Л. Портнов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.– 464 с.
- Скляров О.К. Волоконно-оптические системы связи. – СПб.: Лань. 2010, 272 С.
2. А. Мендес, Т.Ф. Морзе. Справочник по специализированным оптическим волокнам пер. с англ. Н. Бирюкова; под ред. К. А. Пестрецов. М. 2012
3. Портнов Э. Л. Оптические кабели связи, их монтаж и измерения: Уч. пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком. 2012.

### **5.3. Периодические издания:**

1. Журнал «Фотон-экспресс» /[www.fotonexpress.ru](http://www.fotonexpress.ru) /,
2. Журнал «Lightwave Russian Edition» / [www.lightwave-russia.com/](http://www.lightwave-russia.com/) ,
3. Журнал «Вестник связи» /[www.vestnik-sviaz.ru](http://www.vestnik-sviaz.ru) /.

## 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Введение в технику волоконно-оптических сетей  
<http://www.citforum.ru/nets/optic/optic1.shtml>
2. Оптоволоконная технология  
<http://astu.secna.ru/russian/students/personal/41nav/index.html>
3. Оптическая линия связи  
<http://www.jinr.ru/~jinrmag/win/2000/5/optic5.htm>
4. Encyclopedia of Fibre Optics (Энциклопедия волоконной оптики)  
<http://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-025/3720.htm>
5. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:  
<http://window.edu.ru/window>
6. Библиотека электронных учебников:  
<http://www.book-ua.org/>
7. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:  
<http://www.college.ru/>
8. Федеральный образовательный портал:  
[http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm)
9. Каталог научных ресурсов:  
<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
10. Большая научная библиотека:  
<http://www.sci-lib.com/>
11. Лекции по физике для ВУЗов:  
<http://physics-lectures.ru/>
12. Естественно-научный образовательный портал:  
<http://www.en.edu.ru/catalogue/>
13. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека сайта EqWorld:  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/>
14. Образовательный проект Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам»:  
<http://www.ph4s.ru/>
15. Техническая библиотека:  
<http://techlibrary.ru/>

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу студентов по дисциплине «Оптические направляющие среды» отводится 50% времени от общей трудоёмкости дисциплины. Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составление индивидуальных планов самостоятельной работы студента с указанием темы и видов заданий, форм и сроков представления результатов, критерием оценки самостоятельной работы;
- консультации (индивидуальные и групповые), в том числе с применением дистанционной среды обучения;
- промежуточный контроль хода выполнения заданий строится на основе контрольных работ, проводимых после изучения основных тем.

### Типовые задания для самостоятельной работы студентов

| № | Тема или задание текущей работы | Кол- | Форма пред- | Сроки |
|---|---------------------------------|------|-------------|-------|
|---|---------------------------------|------|-------------|-------|

| темы |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | во часов | ставления результатов                            | выполнения (недели) |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------|---------------------|
| 1.   | Основы теории электромагнитного поля. Электромагнитное поле: основные сведения и определения. Решение для изотропной среды. Скалярное волновое уравнение. Векторное волновое уравнение. Решение скалярного волнового уравнения для плоской волны. Параметры распространения волны. Явления на границе раздела двух сред. | 8        | Устный ответ.<br>Текстовый документ.<br>Реферат. | 1                   |
| 2.   | Затухание в пассивных компонентах ОЛС. Основные понятия о источниках излучения и фотоприемниках. Ввод излучения в оптические волокна. Переходы между источником и волокном. Передача мощности между излучающей и приемной поверхностями. Эффективность ввода.                                                            | 8        | Устный ответ.<br>Текстовый документ.<br>Реферат. | 1                   |
| 3.   | Дисперсионные характеристики оптических волокон. Уширения импульсов в оптических волокнах. Виды дисперсий. Причины возникновения дисперсии. Модовая и хроматическая (частотная) дисперсия. Материальная, волноводная (внутримодовая), профильная дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия.                           | 8        | Устный ответ.<br>Текстовый документ.<br>Реферат. | 1                   |

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

### 8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.

### 8.2 Перечень информационных справочных систем:

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс»:  
<http://www.consultant.ru>
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:  
<http://www.elibrary.ru>
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:  
<http://window.edu.ru/window>
4. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:  
<http://www.rubricon.com/>
5. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:

<http://www.college.ru/>

6. Каталог научных ресурсов:

<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>

7. Большая научная библиотека:

<http://www.sci-lib.com/>

8. Естественно-научный образовательный портал:

<http://www.en.edu.ru/catalogue/>

9. Техническая библиотека:

<http://techlibrary.ru/>

10. Физическая энциклопедия:

<http://www.femto.com.ua/articles/>

11. Академик – Словари и энциклопедии на Академике:

[http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Реализация Профиля предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет),
- компьютерные классы для проведения тестирования.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

| №  | Вид работ            | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность                                                                          |
|----|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия   | Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО). |
| 2. | Семинарские занятия  | Специальное помещение, оснащенное проектором, экраном и компьютером.                                                                            |
| 3. | Лабораторные занятия | Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения .....                                               |

## **Рецензия**

на рабочую программу дисциплины «Б.3.В.ОД.7 Оптические направляющие среды»

для студентов 3 курса направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (квалификация (степень) "бакалавр")

Рабочая программа включает следующие разделы: цели и задачи дисциплины, место дисциплины в структуре основной образовательной программы, перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, общую трудоемкость дисциплины, образовательные технологии, формы промежуточной аттестации, описание учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения дисциплины. Программа соответствует ООП, рабочему учебному плану направления обучения.

Рабочая программа подготовки бакалавров направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи отвечает специфике будущей профессиональной деятельности выпускников, в том числе сервисно-эксплуатационной, расчетно-практической и экспериментально-исследовательской деятельности.

В рабочей программе дисциплины «Оптические направляющие среды» приведены примеры оценочных средств для проведения текущего и промежуточного контроля и критерия оценки уровня знаний обучающихся.

В тематическом плане дисциплины выделены следующие составляющие: лекции, семинарские занятия, лабораторные работы, а также самостоятельная работа студентов, что отвечает требованию ФГОС ВО.

В рабочей программе дисциплины «Оптические направляющие среды» содержание соответствует поставленным целям обучения, современному уровню и тенденциям развития науки и производства. Содержания разделов являются оптимальными в соответствии с распределением по видам занятий и трудоемкости в часах. Четко сформулированы планируемые результаты обучения: приобретаемые знания, умения, общие и профессиональные компетенции. Рабочая программа направлена в целом на формирование практических навыков, развития в студентах творческого подхода и системного мышления, достижения навыков исследователя и разработчика.

Таким образом, рабочая программа дисциплины полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль оптические системы и сети связи (квалификация (степень) "бакалавр") и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Ведущий инженер ООО «Южная аналитическая компания», кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_

**Рецензия**

на рабочую программу дисциплины **«Б.3.В.ОД.7 Оптические направляющие среды»**

для студентов 3 курса направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (квалификация (степень) "бакалавр").

Программа подготовлена доцентом кафедры оптоэлектроники физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ» Дорош Виктором Саввичем.

Рабочая программа включает следующие разделы: цели и задачи дисциплины, место дисциплины в структуре основной образовательной программы, перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, общую трудоемкость дисциплины, образовательные технологии, формы промежуточной аттестации, описание учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения дисциплины.

В рабочей программе дисциплины «Оптические направляющие среды» указаны примеры оценочных средств для контроля результатов обучения. В тематическом плане дисциплины выделены следующие составляющие: лекции, лабораторные, практические занятия и самостоятельная работа студентов, отвечающие требованиям образовательного стандарта.

Рабочая программа подготовки бакалавров направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи отвечает специфике будущей профессиональной деятельности выпускников, в том числе сервисно-эксплуатационной, расчетно-практической и экспериментально-исследовательской деятельности.

Образовательные технологии характеризуются не только общепринятыми формами, но и выполнением дополнительных заданий в лабораторных работах.

Таким образом, рабочая программа дисциплины полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль оптические системы и сети связи (квалификация (степень) "бакалавр") и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Заведующий кафедрой радиофизики и нанотехнологий  
физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»,  
доктор физико-математических наук, профессор \_\_\_\_\_