

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

*подпись*

«25» мая 2023 г.



Т.А. Харузов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.04.01 Технология спектрального  
мультиплексирования в оптической связи**

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

Направление

подготовки/специальность

11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

*(наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Оптические системы локаций,  
связи и обработки информации

*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения

очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация


магистр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины “Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи” составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.04.02 “Информационные технологии и системы связи”.

Программу составил:

Михаил Михайлович Векшин,  
профессор кафедры оптоэлектроники физико-технического факультета КубГУ, доктор физико-математических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины “Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи” утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники КубГУ

протокол № 9 «10» апреля 2023 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники Яковенко Н.А.

  
\_\_\_\_\_

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета КУБГУ

протокол № 10 «20» апреля 2023 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.

  
\_\_\_\_\_

Рецензенты:

Ильченко Геннадий Петрович, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий КубГУ

Кулиш Ольга Александровна, доцент Краснодарского высшего военного Краснознаменного училища имени генерала армии С.М.Штеменко

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цели и задачи дисциплины**

Учебная дисциплина «Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи» ставит своей целью изучение студентами волоконно-оптических систем связи со спектральным уплотнением каналов (WDM) и связанных с ней новых технологий построения когерентных оптических систем связи. Изучение проводится на уровне общих принципов построения систем WDM, физических основ функционирования и методов технической реализации элементов и узлов WDM, процедур обработки и передачи информации в сетях различных топологий, описания современных образцов промышленной аппаратуры.

### **1.2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи» относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебной программы.

Материал курса базируется на знаниях, полученных по стандарту высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров 11.03.02\_ "Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

### **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 следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции и индикатора*  | Результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|
| <p>ПК-3<br/>Способен проводить математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров</p> <p>ИПК-3.1 Знает методы и подходы к формированию планов развития сети;<br/>ИПК-3.2 Знает рынок услуг связи, средства сбора и анализа исходных данных для развития и оптимизации сети связи;<br/>ИПК-3.3. Умеет составлять технико-экономические обоснования планов развития сети, применять современные методы исследований с целью создания перспективных сетей связи;<br/>ИПК-3.4. Умеет осуществлять поиск, анализировать и оценивать информацию, необходимую для эффективного выполнения задачи планирования, анализировать перспективы технического развития и новые технологии;<br/>ИПК-3.5. Владеет навыками определения стратегии жизненного цикла услуг связи, выбора технологий для предоставления различных услуг связи, расчет экономической эффективности принимаемых технических решений;<br/>ИПК-3.6. Владеет навыками анализ качества работы каналов и технических средств связи.</p> <p>ПК-4<br/>Способен выполнять работы по обеспечению функционирования телекоммуникационного оборудования корпоративных сетей</p> <p>ИПК-4.1 Знает основы обеспечения информационной безопасности, нормативные правовые акты в области информационной безопасности, системное программное обеспечение, включая знания о типовых уязвимостях;<br/>ИПК-4.2 Знает регламенты обеспечения информационной безопасности системного программного обеспечения инфокоммуникационной системы организации;<br/>ИПК-4.3 Умеет осуществлять сбор и анализ исходных данных для обеспечения информационной безопасности системного программного обеспечения;<br/>ИПК-4.4 Умеет применять программно-аппаратные средства защиты информации;<br/>ИПК-4.5 Владеет навыками установки и настройки аппаратно-программных средств защиты системного программного обеспечения.</p> <p>ПК-6<br/>Способен к планированию оптимизации и развитию сетей связи</p> | <p>Студент должен:</p> <p>Знать: основные физические и схемотехнические принципы спектрального мультиплексирования каналов (WDM) в ВОЛС, пассивную и активную компонентную базу оборудования уплотнения каналов, основные характеристики WDM промышленного оборудования и варианты построения сетей связи с его применением.</p> <p>Уметь:</p> <p>Проводить расчеты, физико-математическое моделирование и проектирование основных элементов, subsystem и систем оптической связи с применением WDM-оборудования.</p> <p>Владеть:</p> <p>Первичными навыками эксплуатации WDM-оборудования связи.</p> |

| Код и наименование компетенции и индикатора*  | Результаты обучения по дисциплине |
|---|-----------------------------------|
| <p>ИПК-6.1 Знает основы электротехники, принципы построения и функционирования сетей связи, основы сетевых технологий;</p> <p>ИПК-6.2 Знает принципы работы и установки сетевого оборудования и программного обеспечения;</p> <p>ИПК-6.3 Умеет устанавливать и настраивать программное обеспечение;</p> <p>ИПК-6.4 Умеет применять нормативно-техническую документацию, касающуюся установки и настройки программного обеспечения, проверять качество выполненных работ на соответствие требованиям проектной документации;</p> <p>ИПК-6.5 Умеет диагностировать работу сетевого оборудования, выявлять проблемы и находить решения;</p> <p>ИПК-6.6 Владеет навыками установки и настройки программного обеспечения телекоммуникационного оборудования;</p> <p>ИПК – 6.7 Владеет сетевыми анализаторами, системами мониторинга и контроля работоспособности сетевых сервисов и тарифов.</p> |                                   |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, распределение по видам работ представлено в таблице:

| Виды работ                             |                                      | Всего часов | Форма обучения   |                  |                  |               |
|--|--------------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
|  |                                      |             | очная            |                  | очно-заочная     | заочная       |
|  |                                      |             | 3 семестр (часы) | 4 семестр (часы) | X семестр (часы) | X курс (часы) |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b> |                                      |             | <b>30,2</b>      | <b>40,3</b>      |                  |               |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>     |                                      |             |                  |                  |                  |               |
| занятия лекционного типа               |                                      |             | 10               | 8                |                  |               |
| лабораторные занятия                   |                                      |             | 10               | 16               |                  |               |
| практические занятия                   |                                      |             | 10               | 16               |                  |               |
| семинарские занятия                    |                                      |             |                  |                  |                  |               |
| <b>Иная контактная работа:</b>         |                                      |             |                  |                  |                  |               |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)  |                                      |             |                  |                  |                  |               |
| Промежуточная аттестация (ИКР)         |                                      |             | 0,2              | 0,3              |                  |               |
| <b>Самостоятельная работа</b>          |                                      |             | <b>41,8</b>      | <b>41</b>        |                  |               |
|  |                                      |             |                  |                  |                  |               |
| <b>Контроль:</b>                       |                                      |             |                  | <b>26,7</b>      |                  |               |
|  |                                      |             |                  |                  |                  |               |
| <b>Общая трудоёмкость</b>              | <b>час.</b>                          | <b>180</b>  | <b>72</b>        | <b>108</b>       |                  |               |
|  | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>70,5</b> | <b>30,2</b>      | <b>40,3</b>      |                  |               |
|  | <b>зач. ед</b>                       | <b>5</b>    | <b>2</b>         | <b>3</b>         |                  |               |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

| № раздела | Наименование разделов                                      | Количество часов |                   |    |     |                        |  |
|-----------|--|------------------|-------------------|----|-----|------------------------|--|
|           |  | Всего            | Аудиторная работа |    |     | Самостоятельная работа |  |
|           |  |                  | Лек               | ПР | Лаб |                        |  |
|           |  |                  |                   |    |     |                        |  |
| 1         | Оптические лазерные приемопередатчики (транспондеры).      |                  | 2                 | 2  | 8   | 7                      |  |
| 2         | Многопозиционная модуляция оптического излучения в ВОЛС    |                  | 2                 | 2  |     | 7                      |  |
| 3         | Технологии оптического мультиплексирования по длине волны. |                  | 2                 | 2  |     | 7                      |  |

|    |   |  |   |   |    |     |  |
|----|---|--|---|---|----|-----|--|
| 4. | Конфигурируемые оптические мультиплексоры ввода-вывода (ROADM).             |  | 2 | 2 |    | 7   |  |
| 5  | Применение ортогонального частотного уплотнения в оптической связи (OFDM)   |  | 2 | 2 |    | 7   |  |
| 6  | Когерентные волоконно-оптические системы связи                              |  | 2 | 4 |    | 8   |  |
| 7  | Современные промышленные системы CWDM: особенности, применение.             |  | 2 | 2 | 10 | 8   |  |
| 8  | Современные промышленные системы DWDM: особенности, применение.             |  | 2 | 2 | 8  | 8   |  |
| 9  | Спектральное уплотнение каналов в сетях абонентского доступа. Сети WDM-PON. |  | 2 | 2 |    | 8   |  |
| 10 | Применение кодового уплотнения каналов в оптической связи (O-CDMA)          |  |   | 4 |    | 8   |  |
| 11 | Технология оптического временного уплотнения сигналов (OTDM).               |  |   | 2 |    | 7,8 |  |

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела (темы)                                     | Содержание раздела (темы)  | Форма текущего контроля |
|----|---|--|-------------------------|
| 1. | Оптические лазерные приемопередатчики (транспондеры).           | Распределенная обратная связь. Лазеры на основе брэгговского отражения. Перестраиваемые лазеры. VCSEL-лазеры с вертикальным резонатором – физический принцип генерации и техническая реализация. Ширина линии излучения.<br>Уплотнение оптических сигналов по длине волны.<br>Уплотнение оптических сигналов по поляризации. | КВ                      |
| 2. | Многопозиционная модуляция оптического излучения в ВОЛС         | Вазовая и квадратурная модуляция в ВОЛС.   |                         |
| 3. | Технологии оптического мультиплексирования по длине волны.      | Технология на основе интерференционных фильтров. Мультиплексирование на основе фазированной решетки микроволноводов (AWG).   | КВ                      |
| 4. | Конфигурируемые оптические мультиплексоры ввода-вывода (ROADM). | Принцип работы, компонентная база и техническая реализация конфигурируемых оптических мультиплексоров ввода-вывода (ROADM). Параметры серийно выпускаемых ROADM.   | КВ                      |
| 5  | Когерентные волоконно-  | Принцип работы, компонентная база и техническая реализация когерентных волоконно-  | КВ                      |

|    |   |   |    |
|----|---|---|----|
|    | оптические системы связи  | оптических систем связи. Гетеродинный и гомодинный прием оптических сигналов (часть 1). |    |
| 6. | Спектральное уплотнение каналов в сетях абонентского доступа. Сети WDM-PON. | Сети WDM-PON нового поколения.  | КВ |
| 7. | Применение ортогонального частотного уплотнения в оптической связи (OFDM)   | Технология OFDM в ВОЛС.   | КВ |

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

| №  | Наименование раздела (темы)  | Содержание раздела (темы)  | Форма текущего контроля |
|----|--|--|-------------------------|
| 1. | Оптические лазерные приемопередатчики (транспондеры).                              | Прямая и внешняя модуляция лазерного излучения. Эффект чирпинга. Многопозиционная модуляция и демодуляция. Техническая реализация многопозиционной модуляции и демодуляции. Оптические многоканальные модуляторы. Интегрально-оптические модуляторы и их практическое применение.                        | КВ                      |
| 2. | Технологии оптического мультиплексирования по длине волны.                         | Мультиплексирование на основе эффекта угловой дисперсии Мультиплексоры на вогнутой дифракционной решетке. Трехмерное оптическое мультиплексирование. Акустооптические фильтры. Мультиплексоры ввода-вывода (Add-Drop Filters). Фильтры на основе волоконно-оптических брэгговских дифракционных решеток. | КВ                      |
| 3. | Конфигурируемые оптические мультиплексоры ввода-вывода (ROADM)                     | Применение ROADM в оптических сетях связи.   | КВ                      |
| 4. | Когерентные волоконно-оптические системы связи                                     | Принцип работы, компонентная база и техническая реализация когерентных волоконно-оптических систем связи. Гетеродинный и гомодинный прием оптических сигналов (часть 2).   | КВ                      |
| 5  | Современные промышленные системы CWDM и DWDM: устройство, особенности, применение. | Сравнительный анализ промышленных WDM-систем связи различных производителей.   | КВ                      |
| 6  | Технология оптического временного уплотнения сигналов (OTDM).                      | Физические и схемотехнические принципы оптического временного мультиплексирования и демультиплексирования информационных сигналов.   | КВ                      |
| 7  | Применение кодового уплотнения каналов в оптической связи (O-CDMA)                 | Технология CDMA в ВОЛС.  | КВ                      |



### 2.3.3 Лабораторные занятия.

| № п/п | Тема   | Кол-во часов | Форма текущего контроля |
|-------|--|--------------|-------------------------|
| 1     | Приемы работы с оптическим анализатором спектра  | 4            | Отчет                   |
| 2     | Исследование характеристик CWDM транспондеров.   | 6            | Отчет                   |
| 3     | Исследование характеристик DWDM транспондеров  | 4            | Отчет                   |
| 4     | Исследование характеристик CWDM мультиплексоров.<br>Исследование характеристик CWDM мультиплексора ввода-вывода. | 4            | Отчет                   |
| 5     | Исследование характеристик DWDM мультиплексоров.   | 4            | Отчет                   |
| 6     | Исследование характеристик оптического лазерного передатчика с многомодовым выходным сигналом.                   | 4            | Отчет                   |

Лабораторные работы выполняются в специализированной учебной лаборатории № 137с. Прилагаются методические указания для проведения лабораторных работ.

В результате выполнения лабораторных работ у магистрантов формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП по направлению 11.04.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены

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

| № | Вид СРС                                    | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы   |
|---|--|---|
| 1 | Изучение тем дисциплины, вынесенные на СРС | Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи» |
| 2 | Подготовка отчетов по лабораторным работам | Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи» |
| 3 | Подготовка к зачету                        | Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи» |

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 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);

– разрешение проблем («Дерево решений», «Мозговой штурм», «Анализ казусов»);

– творческие задания;

– работа в малых группах;

– использование средств мультимедиа (компьютерные классы);

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

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

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

###### **Контрольные вопросы по учебной программе**

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления подготовки 11.04.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи, компетенции ПК-6, ПК-9.

**Ниже приводятся примеры контрольных вопросов рабочей программы.**

1. Назовите основные компоненты оптических приемопередающих транспондеров.

2. Объясните принципы действия модуляторов Маха-Цендера и электроабсорбционных модуляторов. Какие требования предъявляются к управляющим электродам модуляторов?
3. Объясните многопозиционный режим работы оптического модулятора Маха-Цендера.
4. Назовите методы соединения лазерных передатчиков с одномодовыми и многомодовыми волкнами.
5. Назовите физические принципы функционирования мультиплексоров на основе тонкопленочных фильтров и их конструктивные ограничения.
6. Приведите оптическую схему и объясните принцип действия оптического циркулятора.
7. Приведите оптическую схему и объясните принцип действия конфигурируемого мультиплексора ввода/вывода.
8. Приведите оптическую схему когерентной линии волоконно-оптической связи, поясните принцип действия и ее структурные компоненты.
9. Почему чувствительность когерентных приемников оптических сигналов выше чем традиционный способ их детектирования?
10. Объясните принцип действия демультиплексирования оптических сигналов, уплотненных по методу OTDMA.

#### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

.

##### **Вопросы для подготовки к зачету**

1. Оптические лазерные приемопередатчики (транспондеры).
2. Технологии оптического мультиплексирования по длине волны.
3. Конфигурируемые оптические мультиплексоры ввода-вывода (ROADM).
4. Когерентные волоконно-оптические системы связи
5. Технология оптического временного уплотнения сигналов (OTDM).
6. Современные промышленные системы CWDM и DWDM: устройство, особенности, применение.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце семестра. На зачете магистрантам предлагается ответить на 2 вопроса по материалам учебной дисциплины. По итогам ответа на зачете преподаватель оценивает знания магистранта. Зачет является окончательным итогом по дисциплине.

Критерии оценки знаний магистрантов на зачете.

Оценка «зачтено» – выставляется при условии, если студент показывает хорошие

знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт. Допускаются незначительные ошибки. Обязательно выполнение, оформление и успешная защита каждой лабораторной работы.

Оценка «не зачтено» – выставляется, если не раскрыто основное содержание учебного материала; при наличии серьезных упущений в процессе изложения учебного материала; в случае отсутствия знаний основных понятий и определений курса или присутствии большого количества ошибок при интерпретации основных определений; если студент показывает значительные затруднения при ответе на предложенные основные и дополнительные вопросы; при условии отсутствия ответа на основной и дополнительный вопросы. Помимо этого, оценка «не зачтено» выставляется, если лабораторные работы в полном объеме не выполнены, не оформлены и не прошли защиту во время выполнения отчета.

Итоговый контроль осуществляется в виде экзамена. На экзамене студентам предлагается ответить на 2 вопроса по материалам учебной дисциплины. По итогам ответа на экзамене преподаватель оценивает знания студента. Экзамен является окончательным итогом по дисциплине.

Оценка знаний производится по следующим критериям:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал курса, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами и вопросами, причем не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и научно-исследовательских задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в

изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических задач;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические и научно-исследовательские задачи или не справляется с ними самостоятельно.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## 5.1 Основная литература:

1. Оптические телекоммуникационные системы [Электронный ресурс] : учеб. / В.Н. Гордиенко [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5147>
2. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения. Т. 1, 2. — Долгопрудный: Издательский дом Интеллект, 2012.
3. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. М.: Лань, 2012
4. Будылдина, Н.В. Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.В. Будылдина, В.П. Шувалов. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. — 342 с.
5. Битнер, В.И. Сети нового поколения – NGN [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И. Битнер, Ц.Ц. Михайлова. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 226 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5122>.
6. Э. Л. Портнов Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи. М. : Горячая линия-Телеком, 2007.
7. Журнал «Фотон-Экспресс» – ведущее российское издание по современным телекоммуникациям, волоконной оптике и связи.
8. Жирар А. Руководство по технологии и тестированию систем WDM // EXFO, 2001.

## 5.2 Дополнительная литература:

1. Телекоммуникационные системы и сети: В 3 томах. Том 3. - Мультисервисные сети [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Величко [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2015. — 592 с.
2. Росляков, А.В. Зарубежные и отечественные платформы сетей NGN [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2014. — 258 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63243>.
3. Слепов Н. Особенности, проблемы и перспективы разреженных систем WDM (CWDM) // Электроника: НТВ. 2004. № 7. С. 56-59.
4. Бурдин В.А. Основы моделирования кусочно-регулярных волоконно-оптических линий передачи сетей связи// Радио и связь, 2002.
5. Журнал «Техника Связи» — производственный технический журнал, освещает все аспекты телекоммуникаций и связи.
6. У.Томаси Электронные системы связи (Electronic Communications Systems) Серия: Мир связи Техносфера: 2007 – 1360 с.
7. Никульский И.Е. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сетей доступа. М.: Техносфера 2006г., - 256с.
8. Крухмалёв В.В. Цифровые системы передачи М.: Горячая линия - Телеком 2007г., -

351с.

9. Дэвидсон. Основы передачи голосовых данных по сетям IP, 2-е изд М.: Издательский дом «Вильямс», 2007 – 400с.

### **5.3. Периодические издания:**

Автометрия  
Вестник связи  
Квантовая электроника  
Оптический журнал  
Сети и системы связи  
Технологии и средства связи  
Труды ин-та инж. по электрон. и радиоэлектронике (ТИИЭР)  
Фотоника  
Фотон-экспресс  
Сводный реферативный журнал «Связь»  
РЖ «Физика»  
Журнал технической физики  
Зарубежная радиоэлектроника

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

На самостоятельную работу студентов, согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.04.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи, отводится 44 часа с.р.с. от общей трудоемкости дисциплины (72 час.). Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «».

Контроль осуществляется посредством тестирования студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;
- 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.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

**СРС студента по дисциплине “Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи” проводится по всем темам учебной программы.** В рамках изучения предмета студенту также поручается подготовить отчет по вопросам, примеры которых приведены в следующей таблице.

| № темы | Тема или задание текущей работы   | Кол-во часов | Форма представления результатов  |
|--------|---|--------------|----------------------------------|
| 1.     | Методы соединения лазерных приемопередатчиков с волоконными световодами (обзор).  |              | Устный ответ, текстовый документ |
| 2.     | Двух- и четырехпозиционная оптическая фазовая модуляция BPSK и QPSK. Относительная фазовая модуляция DPSK.                          |              | Текстовый документ               |
| 3.     | Оптические смесители: принцип действия, техническая реализация и основные характеристики.   |              | Устный ответ, текстовый документ |
| 4.     | Обзор различных приемов демодуляции для систем оптического временного уплотнения каналов. OTDM. Оптические логические элементы “И”. |              | Устный ответ, текстовый документ |

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

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

В настоящее время все более возрастает роль информационно-социальных технологий в образовании, которые обеспечивают всеобщую компьютеризацию учащихся и преподавателей на уровне, позволяющем решать следующие основные задачи:

- обеспечение выхода в сеть Интернет каждого участника учебного процесса в любое время и из различных мест пребывания;
- развитие единого информационного пространства образовательных индустрий и присутствие в нем в различное время и независимо друг от друга всех участников образовательного и творческого процесса;
- создание, развитие и эффективное использование управляемых информационных

образовательных ресурсов, в том числе личных пользовательских баз и банков данных и знаний учащихся и педагогов с возможностью повсеместного доступа для работы с ними.

Информационные образовательные технологии возникают при использовании средств информационно-вычислительной техники. Образовательную среду, в которой осуществляются образовательные информационные технологии, определяют работающие с ней компоненты:

- техническая (вид используемых компьютерной техники и средств связи);
- программно-техническая (программные средства поддержки реализуемой технологии обучения);
- организационно-методическая (инструкции учащимся и преподавателям, организация учебного процесса).

Под образовательными технологиями в высшей школе понимается система научных и инженерных знаний, а также методов и средств, которые используются для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации в предметной области высшей школы. Формируется прямая зависимость между эффективностью выполнения учебных программ и степенью интеграции в них соответствующих информационно-коммуникационных технологий.

Информационная образовательная среда представляет собой информационную систему, объединяющую посредством сетевых технологий, программные и технические средства, организационное, методическое и математическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности и доступности образовательного процесса подготовки специалистов.

Характерной чертой образовательной среды является возможность студентов и преподавателей обращаться к структурированным учебно-методическим материалам, обучающим мультимедийным комплексам всего университета в любое время и в любой точке пространства. Помимо доступности учебного материала, необходимо обеспечить обучаемому возможность связи с преподавателем, получение консультации в он-лайн или офф-лайн режимах, а также возможность получения индивидуальной «навигации» в освоении того или иного предмета. Студенты будут стремиться к гибкому режиму обучения, модульным программам с многочисленными поступлениями и отчислениями, которые позволят накапливать зачетные единицы, свободно переводиться из одного вуза в другой с учетом предыдущего опыта, знаний и навыков. По-прежнему важной для студентов останется возможность личного развития и профессионального роста; программы получения степени и короткие курсы, возможно, будут пользоваться одинаковым спросом; резко возрастет потребность в программах профессионального обучения и аспирантских программах.

Разработчики дистанционного образования конкретизируют индивидуализацию образовательного поведения следующим образом, считая, что в дистанционном образовании наиболее ярко проявляются черты личностно-ориентированного способа обучения: гибкость, модульность, доступность, рентабельность, мобильность, охват, технологичность, социальное равноправие, интернациональность.

Важнейшие направления информатизации образования заключаются в следующем:

- реализация виртуальной информационно-образовательной среды на уровне учебного заведения, предусматривающая выполнение комплекса работ по созданию и обеспечению технологии его функционирования;
- системная интеграция информационных технологий в образовании,

поддерживающих процессы обучения, научных исследований и организационного управления;

- построение и развитие единого образовательного информационного пространства.

Навыки пользования информационными технологиями включают в себя:

- базовые навыки (использование клавиатуры, мыши, принтера, операции с файлами и дисками);

- владение стандартным программным обеспечением (обработка текстов, создание таблиц, баз данных и т.д.);

- использование сетевых приложений (электронной почты, Интернета, веб-браузеров).

Информационные технологии могут быть использованы при обучении студентов несколькими способами. В самом простом случае реальный учебный процесс идет по обычным технологиям, а информационные технологии применяются лишь для промежуточного контроля знаний студентов в виде тестирования. Этот подход к организации образовательного процесса представляется очень перспективным ввиду того, что при его достаточно широком использовании университет может получить серьезную экономию средств из-за более низкой стоимости проведения сетевого компьютерного тестирования по сравнению с аудиторным.

Применение образовательных информационных ресурсов в качестве дополнения к традиционному учебному процессу имеет большое значение в тех случаях, когда на качественное усвоение объема учебного материала, предусмотренного ГОС, не хватает аудиторных занятий по учебному плану. Кроме того, такая форма организации учебного процесса очень важна при неодинаковой начальной подготовке обучающихся. Размещенные на сервере дистанционные курсы в большой степени способствуют качественному усвоению лекционного материала и последующей успешной сдаче экзамена.

Представляют интерес интегрированные технологии организации учебного процесса, т.е. различные сочетания аудиторных и дистанционных занятий. В этом случае лекторы и преподаватели, ведущие практические и семинарские занятия, до начала семестра составляют и размещают на сервере график учебного процесса, где детально описывают порядок изучения дисциплины в данном семестре. Основной фактический материал, заранее подготовленный лектором и снабженный необходимым количеством иллюстраций и интерактивных элементов, размещается на сервере вместе с методическими рекомендациями по его самостоятельному изучению. Часть же занятий, качественное проведение которых с применением сетевых информационных технологий пока не представляется возможным, планируется аудиторными.

Следует особенно подчеркнуть, что при таком подходе крайне важно обеспечить

интенсивный контроль степени усвоения материала. Не реже одного раза в 4-6 недель (что определяется объемом фактического материала) проводится тьюториал.

Тьюториал – это групповое практическое занятие, дополняющие самостоятельные занятия при обучении по дистанционной технологии или технологии комбинированного обучения. Тьютор выясняет возникшие при самостоятельных занятиях проблемы и даёт задания, позволяющие попрактиковаться и освоить новые знания, обменяться опытом с коллегами. На тьюториалах применяются активные методы обучения: групповые дискуссии, деловые игры, тренинги, мозговой штурм. По сути – это лёгкая форма тренинга, в которой под руководством тьютора другие участники помогают освоить полученные знания. На хорошем тьюториале можно устранить пробелы в знаниях, разобраться в непонятных темах и научиться применять полученные самостоятельно знания.

Таким образом, накопленный опыт применения информационных и дистанционных технологий в учебном процессе в различных вариантах позволяет говорить об определенных преимуществах подобных форм организации учебного процесса:

- становится возможной принципиально новая организация самостоятельной работы студентов;
- возрастает интенсивность учебного процесса;
- у студентов появляется дополнительная мотивация к познавательной деятельности;
- доступность учебных материалов в любое время;
- возможность самоконтроля степени усвоения материала по каждой теме неограниченное количество раз.

Следует отметить, что по мере накопления образовательных информационных ресурсов дистанционные технологии займут достойное место в образовательном процессе вуза, и станет возможным формирование на их основе разного уровня программ подготовки и переподготовки специалистов.

## **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).

## **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:  
<http://window.edu.ru/window>

2. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:

<http://www.rubricon.com/>

3. Сайт Росстандарта - Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

<https://www.gost.ru>

4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:

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

5. Каталог научных ресурсов *Scopus*:

<http://www.scopus.com/>

6. Каталог научных ресурсов *Web of Science*:

<http://www.webofknowledge.com>

7. Каталог научных ресурсов:

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

8. Большая научная библиотека:

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

9. Естественно-научный образовательный портал:

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

10. Техническая библиотека:

<http://techlibrary.ru/>

11. Физическая энциклопедия:

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

12. 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).**

Успешная реализация преподавания дисциплины «Технология спектрального мультиплексирования в оптической связи» предполагает наличие минимально необходимого для реализации магистерской программы перечня материально-технического обеспечения:

– лекционные аудитории (оборудованные видеопроекторным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет)

- специализированная учебная лаборатория № 137с для проведения лабораторных работ, оснащенная необходимым измерительным оборудованием и учебно-исследовательскими макетами. Прилагаются методические указания для проведения лабораторных работ.

– программы онлайн-контроля знаний студентов;

– наличие необходимого лицензионного программного обеспечения (операционная система MS Windows XP; интегрированное офисное приложение MS Office).

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 и семинарские занятия           | Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектором и экраном) и соответствующим программным обеспечением (ПО) - аудитория 133с  |
| 2. | Лабораторные занятия                       | Специализированная учебная лаборатория 137с для проведения лабораторных работ по изучению оптических систем связи.   |
| 3. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Аудитория 133с   |
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория 133с   |
| 5. | Самостоятельная работа                     | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |