

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

«МНОГОВОЛНОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ»

Уровень профессионального образования: высшее образование \_\_\_\_\_ бакалавриат \_\_\_\_\_

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль) \_\_\_\_\_ Оптические системы и сети связи \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_ заочная \_\_\_\_\_

Факультет \_\_\_\_\_ (ЗиВФ) Заочный и вечерний \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ (СВЧиКР) Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники \_\_\_\_\_

Курс 4,5 Семестр 8,9

Учебный план набора 2012 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

| №   | Виды учебной работы                        | Семестр 1 | Семестр 2 | Семестр 3 | Семестр 4 | Семестр 5 | Семестр | Семестр 8 | Семестр 9 | Всего | Единицы |
|-----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-------|---------|
| 1.  | Лекции                                     |           |           |           |           |           |         | 2         | 8         | 10    | часов   |
| 2.  | Лабораторные работы                        |           |           |           |           |           |         |           | 12        | 12    | часов   |
| 3.  | Практические занятия                       |           |           |           |           |           |         |           |           |       | часов   |
| 4.  | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)  |           |           |           |           |           |         |           |           |       | часов   |
| 5.  | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)       |           |           |           |           |           |         | 2         | 20        | 22    | часов   |
| 6.  | Из них в интерактивной форме               |           |           |           |           |           |         |           | 5         | 5     | часов   |
| 7.  | Самостоятельная работа студентов (СРС)     |           |           |           |           |           |         | 34        | 48        | 82    | часов   |
| 8.  | Всего (без зач. экз)) (Сумма 5,7)          |           |           |           |           |           |         | 36        | 68        | 104   | часов   |
| 9.  | Самост. работа на подготовку, сдачу зачета |           |           |           |           |           |         |           | 4         | 4     | часов   |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9)             |           |           |           |           |           |         | 36        | 72        | 108   | часов   |
|     | (в зачетных единицах)                      |           |           |           |           |           |         | 1         | 2         | 3     | ЗЕТ     |

Зачет 9 семестр Диф. зачет \_\_\_\_\_ семестр

Экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Томск 2017

## Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень бакалавриата)", утвержденного Приказом Минобрнауки России 06 марта 2015 г. №174, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «22» декабря 2016 г., протокол № 5

### Разработчик

Зав. кафедрой СВЧиКР \_\_\_\_\_ С.Н. Шарангович  
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. обеспечивающей  
кафедрой СВЧиКР \_\_\_\_\_ С.Н. Шарангович  
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом и выпускающей кафедрой направления подготовки.

Декан ЗиВФ \_\_\_\_\_ И.В. Осипов  
(название факультета) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей  
кафедрой СВЧиКР \_\_\_\_\_ С.Н. Шарангович  
(название кафедры) (подпись) (Ф.И.О.)

### Эксперты:

Доцент кафедры ТОР \_\_\_\_\_ С.И. Богомолов  
место работы, занимаемая должность (подпись) (Ф.И.О.)

Проф. кафедры СВЧиКР \_\_\_\_\_ А.Е. Мандель  
(место работы, занимаемая должность) (подпись) (Ф.И.О.)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Целью** преподавания дисциплины является изучение принципов построения, организации и компонентой базы многоволновых оптических систем связи, ознакомление с их техническими характеристиками и перспективами развития оборудования оптических цифровых систем связи.

**Задачами** преподавания дисциплины являются:

- изучение принципов построения волоконно-оптических систем связи со спектральным уплотнением;
- изучение физических основ функционирования активных и пассивных компонент оборудования многоволновых оптических систем связи ;
- изучение характеристик и стандартов пассивных (мультиплексоров, демультиплексоров) и активных (оптических усилителей, источников излучения) компонент.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:

Данная дисциплина является дисциплиной по выбору вариативной части цикла дисциплин (Б1.В.ДВ.10.2).

Для изучения курса требуется знание следующих дисциплин: Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства, Оптические направляющие среды, Оптические цифровые телекоммуникационные системы.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов (ПК-8);
- умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных (ПК-9).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- принципы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических системах связи;
- основы организации и параметры многоволновых оптических систем связи;
- стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения;

**уметь:**

- выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем и сетей связи;
- выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования ;
- пользоваться справочными данными фирм-производителей активного и пассивного оборудования при проектировании многоволновых оптических систем и сетей связи;

**владеть:**

- методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и усилителей) , а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств;
- навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей многоволновых оптических систем связи;
- навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единиц.

| Вид учебной работы                                | Всего часов | Семестры |   |   |   |   |   |    |      |
|---|-------------|----------|---|---|---|---|---|----|------|
|   |             | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 8 | 9  |      |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                 | 22          |          |   |   |   |   |   | 2  | 20   |
| В том числе:                                      |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Лекции  | 10          |          |   |   |   |   |   | 2  | 8    |
| Лабораторные работы (ЛР)                          | 12          |          |   |   |   |   |   |    | 12   |
| Практические занятия (ПЗ)                         |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Семинары (С)                                      |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Коллоквиумы (К)                                   |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)    |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| <i>Другие виды аудиторной работы</i>              |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>             | 82          |          |   |   |   |   |   | 34 | 48   |
| В том числе:                                      |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа) |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Расчетно-графические работы                       |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Реферат   |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i>         |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Подготовка к практическим занятиям (семинарам)    |             |          |   |   |   |   |   |    |      |
| Подготовка к лабораторным работам                 |             |          |   |   |   |   |   |    | 20   |
| Подготовка к зачету                               | 4           |          |   |   |   |   |   |    | 4    |
| Вид аттестации (зачет, экзамен)                   | зач         |          |   |   |   |   |   |    | Зач. |
| Общая трудоемкость час.                           | 108         |          |   |   |   |   |   | 36 | 72   |
| Зачетные Единицы Трудоемкости                     | 3           |          |   |   |   |   |   | 1  | 2    |

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                                      | Лекции | Лабораг. занятия | Практич. занятия | Контрольная работа | Самост. работа студента | Всего час. (без зачета) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|-------|--|--------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 1.    | Введение. Классификация многоволновых оптических систем связи        | 1      |                  |                  |                    | 4                       | 5                       | ПК-8, ПК-9                       |
| 2.    | Методы уплотнения информационных потоков                             | 1      |                  |                  |                    | 30                      | 31                      | ПК-8, ПК-9                       |
| 3.    | Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи    | 1      |                  |                  |                    | 6                       | 7                       | ПК-8, ПК-9                       |
| 4.    | Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | 2      | 4                |                  |                    | 13                      | 19                      | ПК-8, ПК-9                       |
| 5.    | Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения      | 2      | 4                |                  |                    | 13                      | 19                      | ПК-8, ПК-9                       |
| 6.    | Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи      | 2      | 4                |                  |                    | 13                      | 19                      | ПК-8, ПК-9                       |
| 7.    | Перспективы развития многоволновых оптических систем связи           | 1      |                  |                  |                    | 3                       | 3                       | ПК-8, ПК-9                       |
|       | <b>ВСЕГО</b>   | 10     | 12               |                  |                    | 82                      | 104                     |                                  |

##### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п     | Наименование разделов             | Содержание разделов  | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК) |
|-----------|-----------------------------------|--|---------------------|----------------------------------|
| 8 семестр |                                   |  |                     |                                  |
| 1.        | Введение. Классификация многовол- | Предмет и задачи курса. История развития многоволновых ВОСП. Классификация многоволновых оптических систем | 1                   | ПК-8, ПК-9                       |

|           |  |  |   |               |
|-----------|--|--|---|---------------|
|           | новых оптических систем связи  | связи. Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM  |   |               |
| 2.        | Методы уплотнения информационных потоков                             | Метод временного уплотнения. Метод частотного уплотнения. Модовое уплотнение. Уплотнение по поляризации. Многоволновое уплотнение оптических несущих. Оптическое временное уплотнение. Методы уплотнения каналов по полярности Сравнительная характеристика, области использования, перспективы  | 1 | ПК-8,<br>ПК-9 |
| 9 семестр |  |  |   |               |
| 3.        | Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи    | Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры CWDM, DWDM, HDWDM систем. Критерии обеспечения требуемых характеристик. Определение запаса по мощности. Оценка энергетического бюджета   | 1 | ПК-8,<br>ПК-9 |
| 4.        | Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссии IEC для оборудования SDH/SONET оптических цифровых систем передачи. Частотный план, стандартизованный ITU-T. Рекомендации ITU-T G.mcs на оптические интерфейсы для многоканальных систем и IEC 6129x для оптических волокон, пассивных и активных компонент оборудования WDM.  | 2 | ПК-8,<br>ПК-9 |
| 5.        | Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения      | Передачики – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения. Методы модуляции – внутренняя и внешняя. Методы стабилизации длины волны..<br>Оптическое волокно – хроматическая дисперсия, поляризационная модовая дисперсия; нелинейные эффекты.<br>Мультиплексоры и демультиплексоры – число каналов, полоса пропускания, центральная частота и межканальный интервал, изоляция и дальние переходные помехи, неравномерность распределения потерь по каналам; поляризационные явления. направленность.<br>Оптические усилители - спектральная зависимость и равномерность коэффициента усиления, коэффициент усиления слабых сигналов и перекрестного насыщения, выходная мощность насыщения, шумовые параметры. | 2 | ПК-8,<br>ПК-9 |
| 6.        | Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи      | Волоконно-оптические фильтры. Оптические усилители. Оптические мультиплексоры ввода/вывода каналов. Устройства оптической кросс-коммутации. Волновые разветвители. Устройства компенсации дисперсии Волноводные оптические компоненты спектрального мультиплексирования /демультиплексирования.<br>Мониторинг и тестирование оборудования оптических систем связи  | 2 | ПК-8,<br>ПК-9 |
| 7.        | Перспективы развития многоволновых оптических систем связи           | Перспективы развития многоволновых оптических систем связи   | 1 | ПК-8,<br>ПК-9 |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

| № п/п                            | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------|---|--|---|---|---|---|---|---|
|                                  |   | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <b>Предшествующие дисциплины</b> |   |  |   |   |   |   |   |   |
| 1                                | Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства                                  |  | + | + | + | + | + |   |
| 2                                | Оптические направляющие среды   | +  | + | + |   | + |   |   |
| 3                                | Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС                                 |  |   | + | + | + | + |   |

| Последующие дисциплины |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Перечень компетенций | Виды занятий |     |     |       |     | Формы контроля по всем видам занятий                                  |
|----------------------|--------------|-----|-----|-------|-----|---|
|                      | Л            | Лаб | Пр. | КР/КП | СРС |   |
| ПК-8                 | +            | +   |     |       | +   | Конспект. Опрос на лабораторных работах.<br>Контрольные работы. Зачет |
| ПК-9                 |              | +   |     |       | +   | Конспект. Опрос на лабораторных работах.<br>Контрольные работы. Зачет |

Л – лекция, Пр – практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – самостоятельная работа студента

### 6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

#### Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы                               | Формы | Лекции (час) | Практические занятия (час) | Лабораторные занятия (час) | Всего |
|--------------------------------------|-------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------|
| Использование мультимедийных средств |       |              |                            |                            |       |
| Работа в группе                      |       |              |                            | 5                          | 5     |
| Дискуссия                            |       |              |                            |                            |       |
| Итого интерактивных занятий          |       |              |                            |                            | 5     |

### 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ 9 семестр   | Трудоемкость (час.) | ОК, ПК     |
|-------|----------------------|---|---------------------|------------|
| 1     | 4,5,6                | Исследование параметров и характеристик многоволнового волоконно-оптического усилителя мощности   | 4                   | ПК-8, ПК-9 |
| 2     | 4,5,6                | Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро | 4                   | ПК-8, ПК-9 |
| 3     | 4,5,6                | Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов                    | 4                   | ПК-8, ПК-9 |

### 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

Практические занятия (семинары) учебным планом не предусмотрены.

### 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п     | Разделы дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы (детализация) | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК | Контроль выполнения работы |
|-----------|---------------------------------|---|---------------------|--------------------|----------------------------|
| 8 семестр |                                 |   |                     |                    |                            |
| 1.        | 1,2                             | Проработка теоретического материала.          | 34                  | ПК-8, ПК-9         | . Зачет.                   |
| 9 семестр |                                 |   |                     |                    |                            |
|           | 3,4,5,6,7                       | Проработка теоретического материала.          | 20                  | ПК-8, ПК-9         | Контрольные работы. Зачет. |
| 2.        |                                 | Подготовка к лабораторным рабо-               | 20                  | ПК-8, ПК-9         | Допуск к лабо-             |

|    |       |   |   |            |                              |
|----|-------|---|---|------------|------------------------------|
|    | 4,5,6 | там   |   |            | рапорной работе и отчет.     |
| 3. | 4,5,6 | Выполнение контрольной работы<br>.Тема:<br>1. Расчет характеристик оптических мультиплексоров на основе интерференционных фильтров. | 8 | ПК-8, ПК-9 | Проверка контрольной работы. |
|    | 1-7   | Подготовка и сдача зачета   | 4 | ПК-8, ПК-9 | Сдача зачета                 |

## 10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

## 11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Не предусмотрена.

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

### 12.1. Основная литература

1. Шарангович С. Н. Многоволновые оптические системы связи [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2016. – 156 с. [Электронный ресурс]. URL <http://edu.tusur.ru/training/publications/6028>. (дата обращения 14.01.2017)

### 12.2. Дополнительная литература

2. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 136 с. (20)
3. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: (40).
4. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп.. - М.: Техносфера, 2003. - 447 с. (2)
5. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ - М.: Техносфера, 2006. – 495 с. (14)

### 12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

#### 12.3.1 Обязательные учебно-методические пособия

6. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи: Компьютерный лабораторный практикум. : учеб. метод. пособие. - Томск : ТУСУР, 2016 – 158 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/6030>. (дата обращения 14.01.2017)
7. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». - Томск : ТУСУР, 2016 – 56 с. [Электронный ресурс]. URL <http://edu.tusur.ru/training/publications/6029>. (дата обращения 14.01.2017)

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## 12.4 Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Springer Journals – полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer. [Электронный ресурс]. URL: <http://link.springer.com/>
2. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина». [Электронный ресурс]. URL <http://www.ph4s.ru/>; (дата обращения 14.01.2017)
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. [Электронный ресурс]. URL <http://elibrary.ru/defaultx.asp>; (дата обращения 14.01.2017)
4. Университетская информационная система Россия. [Электронный ресурс]. URL: <http://uisrussia.msu.ru/is4/-main.jsp>; (дата обращения 14.01.2017)

...

## 13 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 13.1 Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

Для проведения **занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации** используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

Для проведения **лабораторных занятий** используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 333б. Состав оборудования:

Учебная мебель; Экран с электроприводом DRAPER BARONET – 1 шт.; Мультимедийный проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Pentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, – 12 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft SQL-Server 2005; Matlab v6.5

Для **самостоятельной работы** используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд.333б. Состав оборудования:

Учебная мебель; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 12 шт.; Компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

### 13.2 Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-передачи



учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **14.1 Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации**

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

### **14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

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

### **14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

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

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П.Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«МНОГОВОЛНОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ»

Уровень основной образовательной программы \_\_\_\_\_ бакалавриат \_\_\_\_\_  
Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
Профиль Оптические системы и сети связи \_\_\_\_\_  
Форма обучения \_\_\_\_\_ заочная \_\_\_\_\_  
Факультет \_\_\_\_\_ Заочный и вечерний (ЗиВФ) \_\_\_\_\_  
Кафедра Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)  
Курс 4,5 Семестр 8,9

Учебный план набора 2012 года и последующих лет

Разработчик:

зав. каф. СВЧ и КР Шарангович С.Н.

Зачет 9 семестр Диф. зачет \_\_\_\_\_ семестр

Экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Томск 2017

## 1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Многоволновые оптические системы связи» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости (контрольные точки) и промежуточной аттестации (зачет) студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций**

| Код  | Формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции  |
|------|--|---|
| ПК-8 | умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов  | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– принципы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи;</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– выбирать схмотехническую реализацию многоволновых оптических систем и сетей связи;</li><li>– пользоваться справочными данными фирм-производителей оптических мультиплексоров и усилителей, при проектировании многоволновых оптических систем и сетей связи;</li></ul> <b>владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы.</li></ul>  |
| ПК-9 | умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– основы организации и параметры многоволновых оптических систем связи;</li><li>– стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения;</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования;</li></ul> <b>владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и усилителей) , а также иметь представление о методах компьютерной оптимизации таких устройств;</li><li>– навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей многоволновых оптических систем связи;</li></ul> |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-8

**ПК-8: умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

**Таблица 2 - Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| Состав            | Знать  | Уметь   | Владеть   |
|-------------------|--|---|---|
| Содержание этапов | – принципы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи; | – выбирать схмотехническую реализацию многоволновых оптических систем и сетей связи;<br>– пользоваться справочными данными фирм-производителей оптических | – навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   |   | мультиплексоров и усилителей, при проектировании многоволновых оптических систем и сетей связи   |   |
| <b>Виды занятий</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Лабораторные занятия.</li> <li>• Самостоятельная работа.</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Лабораторные занятия.</li> <li>• Самостоятельная работа.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Лабораторные занятия.</li> <li>• Самостоятельная работа.</li> </ul>          |
| <b>Используемые средства оценивания</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект</li> <li>• Устный ответ</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Зачет</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Оформление отчетности и защита лабораторных работ;</li> <li>• Конспект самостоятельной работы.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита лабораторной работы</li> <li>• Отчет по лабораторной работе</li> <li>• Зачет</li> </ul> |

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

**Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

| <b>Показатели и критерии</b>                 | <b>Знать</b>  | <b>Уметь</b>  | <b>Владеть</b>   |
|--|---|---|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b>             | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы   |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>              | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области                                   | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования  | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| <b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b> | Обладает базовыми общими знаниями   | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач  | Работает при прямом наблюдении   |

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

**Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| <b>Показатели и критерии</b>                         | <b>Знать</b>   | <b>Уметь</b>  | <b>Владеть</b>  |
|--|--|---|---|
| <b>Отлично /<br/>зачтено<br/>(90-100<br/>баллов)</b> | Знает принципы и методы спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических системах связи.                    | Умеет свободно выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм-производителей при их проектировании. | Владеет навыками чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы   |
| <b>Хорошо /<br/>зачтено<br/>(70-89<br/>баллов)</b>   | Имеет представление о принципах и методах спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических системах связи.. | Самостоятельно выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм-производителей при их проектировании. | Владеет основными чтением и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы |
| <b>Удовле-</b>                                       | Дает определения   | Показывает неполное, не-  | Демонстрирует неполное,   |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <b>творительно / зачтено (60-69 баллов)</b>             | основных принципов и методов спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи.   | достаточное умение выбирать схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм- производителей при их проектировании..  | недостаточное владение чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы            |
| <b>Неудовлетворительно / не зачтено (&lt;60 баллов)</b> | Имеет существенные пробелы или отсутствие знаний об основных принципах и методах спектрального уплотнения каналов в многоволновых оптических система связи. | Показывает отсутствие умений схемотехническую реализацию многоволновых оптических систем связи и пользоваться справочными данными фирм- производителей при их проектировании.. | Демонстрирует отсутствие навыков чтения и изображения функциональных и структурных схем многоволновых оптических систем связи на основе современной элементной базы. |

**Примечание:** количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

## 2.2 Компетенция ПК-9

**ПК-9: умение проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных.**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

**Таблица 5- Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| Состав                                  | Знать  | Уметь  | Владеть   |
|---|--|--|---|
| <b>Содержание этапов</b>                | основы организации и параметры многоволновых оптических систем связи;<br>стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения; | выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования;  | методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей |
| <b>Виды занятий</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Лабораторные занятия.</li> <li>• Самостоятельная работа.</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Лабораторные занятия.</li> <li>• Самостоятельная работа.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции</li> <li>• Лабораторные занятия.</li> <li>• Самостоятельная работа.</li> </ul>                                      |
| <b>Используемые средства оценивания</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект</li> <li>• Устный ответ</li> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Зачет</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа</li> <li>• Оформление отчетности и защита лабораторных работ;</li> <li>• Конспект самостоятельной работы.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита лабораторной работы</li> <li>• Отчет по лабораторной работе</li> <li>• Зачет</li> </ul>                             |

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

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

| Показатели и критерии            | Знать  | Уметь   | Владеть  |
|----------------------------------|--|---|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b> | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемых | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития твор- | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | мой области с пониманием границ применимости                                | ческих решений, абстрагирования проблем  |  |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>              | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| <b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b> | Обладает базовыми общими знаниями   | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач                                       | Работает при прямом наблюдении   |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

**Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| <b>Показатели и критерии</b>                            | <b>Знать</b>   | <b>Уметь</b>  | <b>Владеть</b>   |
|---|--|---|--|
| <b>Отлично / зачтено (90-100 баллов)</b>                | Знает основы организации и параметры многоволновых оптических систем связи и стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения.   | Умеет свободно выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования   | Владеет навыками и методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей ;                           |
| <b>Хорошо / зачтено (70-89 баллов)</b>                  | Имеет представление об основах организации и параметрах многоволновых оптических систем связи и стандартах на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения;                             | Самостоятельно выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования.  | Владеет основными навыками и методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей                   |
| <b>Удовлетворительно / зачтено (60-69 баллов)</b>       | Дает определения по основам организации и параметрам многоволновых оптических систем связи и стандартам на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения.                                | Показывает неполное, недостаточное умение выполнять расчеты, связанные с определением параметров активного и пассивного оборудования              | Демонстрирует неполное, недостаточное владение методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей |
| <b>Неудовлетворительно / не зачтено (&lt;60 баллов)</b> | Имеет существенные пробелы или отсутствие знаний об основах схемотехники, метрологических принципах измерений и стандартах на характеристики многоволновых оптических мультиплексоров и усилителей | Показывает отсутствие умений выполнять расчеты, и проводить компьютерное моделирование и проектирование оптических мультиплексоров и усилителей.. | Демонстрирует отсутствие владения методами оценки характеристик основных функциональных узлов, навыками расчета, проектирования и компьютерного моделирования оптических мультиплексоров и усилителей              |

**Примечание:** количество баллов и перевод в традиционную оценку указано в соответствии с пунктом 11 Рабочей программы.

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

#### 3.1 Контрольные работы по темам:

1. Расчет характеристик оптических мультиплексоров на основе интерференционных фильтров
2. Параметры мноволновых оптических систем связи.

Содержание контрольных работ приведено в учебно-методическом пособии [6].

#### 3.2 Лабораторные работы по темам:

1. Исследование параметров и характеристик мноволнового волоконно-оптического усилителя мощности.
2. Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро.
3. Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов.

Указания к лабораторным работам приведены в учебно-методическом пособии [7].

#### 3.3 Вопросы для проведения зачета:

1. История развития мноволновых ВОСП и устройств волнового уплотнения WDM. Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM.
2. Методы уплотнения информационных потоков - Метод временного уплотнения (TDM). Области использования, перспективы
3. Методы уплотнения информационных потоков - Модовое уплотнение (MDM). Области использования, перспективы
4. Методы уплотнения информационных потоков - Мноволновое уплотнение оптических несущих (WDM). Области использования, перспективы
5. Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссией IEC для оборудования SDH/SONET оптических цифровых систем передачи. Частотный план, стандартизованный ITU-T.
6. Рекомендации ITU-T G.mcs на оптические интерфейсы для многоканальных систем и IEC 6129x для оптических волокон, пассивных и активных компонент оборудования WDM.
7. Общая структура и параметры оптических систем волнового уплотнения. Критерии обеспечения требуемых характеристик. Оценка энергетического бюджета
8. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры DWDM, HDWDM систем. Определение запаса по мощности.
9. Характеристики передающих компонент систем волнового уплотнения – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения
10. Характеристики компонент систем волнового уплотнения. Передатчики -методы модуляции – внутренняя (токовая) и внешняя (интерферометры Маха-Цендера, электрооптическая).
11. Методы стабилизации длины волны оптических передатчиков – температурная, токовая. Стабилизаторы длины волны на основе диэлектрических фильтров. Выравнивание спектрального распределения мощности.
12. Принципы интеграции передающих оптических модулей – (лазер, модулятор, полупроводниковый усилитель... (мультилазер, мультиплексор, усилитель).
13. Принципы построения коммутаторов для устройств оптической кросс-коммутации ОХС. Волновые разветвители.
14. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры -односторонние фильтры ( фильтры коротких и длинных длин волн).
15. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры - избирательные режекторные и полосовые фильтры, , характеристики фиксированного оптического фильтра компании DiCon
16. Волоконно-оптические -оптические фильтры на основе дифракционных решеток. Типовые параметры
17. Периодическая волноводная решетка AWG, Принцип действия AWG и параметры
18. Фильтры с регулируемой полосой пропускания, настраиваемые фильтры с интерференционным покрытием. и основные характеристики перестраиваемого оптического фильтра компании DiCon
19. Акустооптические фильтры, а также резонаторы Фабри-Перо как Волоконно-оптические -оптические фильтры.
20. WDM Волоконно-оптические интерференционные фильтры - реализация для много-входовых селекторов на основе трехполюсного делителя (непоглощающего интерференционного фильтра),
21. Оптические усилители для WDM систем – особенности построения и характеристик.



22. Оптические усилители на волокне, использующие бриллюэновское рассеяние. Стимулированное бриллюэновское рассеяние - нелинейный эффект. Характеристики
23. Оптические усилители на волокне, использующие рамановское рассеяние. переходные помехи между усиливаемыми каналами
24. Полупроводниковые лазерные усилители – принцип действия, характеристики, интеграция ППЛУ с другими оптическими устройствами.
25. Усилители на примесном волокне Общие сведения об EDFA Классификация EDFA по способам применения
26. Принцип действия EDFA Технические параметры и характеристики EDFA Основные структурные схемы EDFA.
27. Математическая модель многоволнового EDFA Основные характеристики усилителей EDFA
28. Типовые характеристики EDFA Усиление волоконно-оптического усилителя. Усиление слабого сигнала Насыщенное усиление Зависимость усиления от поляризации Спектральный провал усиления.
29. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров Основные параметры и характеристики.
30. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро Основные параметры и характеристики
31. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе дифракционных решеток. Основные параметры и характеристики.
32. Оптические мультиплексоры с добавлением и отводом каналов. Конфигурация и характеристики волноводного многоканального оптического мультиплексора
33. Принципиальная схема и основные характеристики волноводной оптической системы спектрального мультиплексирования/демультиплексирования на основе матрицы сфазированных волноводов (фазар).
34. Особенности тестирования систем со спектральным уплотнением. Основные параметры сигналов и компонентов. Требования к измерительному оборудованию.

Методические материалы для подготовки к зачету приведены в [1-7],

## **4 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

### **4.1. Основная литература**

1. Шарангович С. Н. Многоволновые оптические системы связи [Электронный ресурс]: учебное пособие- Томск: ТУСУР, 2016. – 156 с. [Электронный ресурс]. URL <http://edu.tusur.ru/training/publications/6028>. (дата обращения 14.01.2017)

### **4.2. Дополнительная литература**

2. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 136 с. (20)
3. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM. - М.: Радио и связь, 2003. - 468 с.: (40).
4. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ Р. Фриман ; ред. пер. Н. Н. Слепов. - 3-е изд., доп.. - М.: Техносфера, 2003. - 447 с. (2)
5. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи: Пер. с англ./ - М.: Техносфера, 2006. – 495 с. (14)

### **4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

#### **12.3.1 Обязательные учебно-методические пособия**

6. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи: Компьютерный лабораторный практикум. : учеб. метод. пособие. - Томск : ТУСУР, 2016 – 158 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/6030>. (дата обращения 14.01.2017)
1. Шарангович С.Н. Многоволновые оптические системы связи: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». - Томск : ТУСУР, 2016 – 56 с. [Электронный ресурс]. URL <http://edu.tusur.ru/training/publications/6029>. (дата обращения 14.01.2017)