**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«18» _____12_____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# МНОГОВОЛНОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Оптические системы и сети связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 36 | 36 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 74 | 74 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 180 | 180 | часов |
| | 5 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 7 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сечненко П.В.
Должность: Проректор по учебной работе
Дата подписания: 18.12.2019
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 54451

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. изучение принципов построения, организации и компонентой базы многоволновых оптических система связи.

2. ознакомление с их техническими характеристиками и перспективами развития оборудования оптических цифровых систем связи.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. изучение принципов построения волоконно-оптических систем связи со спектральным уплотнением.

2. изучение физических основ функционирования активных и пассивных компонент оборудования многоволновых оптических система связи .

3. изучение характеристик и стандартов пассивных (мультиплексоров, демультиплексоров) и активных (оптических усилителей, источников излучения) компонент.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.11.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

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

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

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 54451

| | | |
|---|---|---|
| ПКР-2. Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов | ПКР-2.1. Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных. | Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных. |
| | ПКР-2.2. Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств. | Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств. |
| | ПКР-2.3. Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования. | Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов оборудования многоволновых оптических систем связи. |
| ПКР-3. Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований | ПКР-3.1. Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования. | Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы оборудования много волновых оптических систем связи |
| | ПКР-3.2. Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих. | Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих. |
| | ПКР-3.3. Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг. | Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг. |

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

Согласована на портале № 54451

**и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 70 | 70 |
| Лекционные занятия | 36 | 36 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 74 | 74 |
| Подготовка к тестированию | 24 | 24 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 20 | 20 |
| Написание отчета по лабораторной работе | 18 | 18 |
| Подготовка к контрольной работе | 12 | 12 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 180 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 5 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

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

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

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

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | | | |
| 1 Введение. Классификация многоволно- вых оптических систем связи | 2 | - | - | 4 | 6 | ПКР-2, ПКР-3 |
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | 4 | 4 | 4 | 16 | 28 | ПКР-2, ПКР-3 |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | 6 | 6 | 4 | 16 | 32 | ПКР-2, ПКР-3 |
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | 8 | 4 | 4 | 16 | 32 | ПКР-2, ПКР-3 |
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | 10 | - | 4 | 18 | 32 | ПКР-2, ПКР-3 |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | 6 | 4 | - | 4 | 14 | ПКР-2, ПКР-3 |
| Итого за семестр | 36 | 18 | 16 | 74 | 144 | |

Согласована на портале № 54451

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Итого | 36 | 18 | 16 | 74 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

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

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

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| 1 Введение. Классификация многоволно- вых оптических систем связи | Предмет и задачи курса. История развития много- волновых ВОСП. Классификация многоволновых оптических систем связи. Мировой уровень разви- тия оптической связи с использованием WDM | 2 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | Метод временного уплотнения. Метод частотного уплотнении. Модовое уплотнение. Уплотнение по поляризации. Многоволновое уплотнение оптических несущих. Оптическое временное уплотнение. Методы уплотнения каналов по полярности Сравнительная характеристика, области использования, перспективы | 4 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| 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 | 6 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной э лектротехнической комиссия 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. | 8 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 8 | |

Согласована на портале № 54451

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | Передатчики – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения. Методы модуляции – внутренняя и внешняя . Методы стабилизации длины волны.. Оптическое волокно – хроматическая дисперсия, поляризационная модовая дисперсия; нелинейные эффекты.Мультиплексоры и демультиплексоры – число каналов, полоса пропускания, центральная частота и межканальный интервал, изоляция и дальние переходные помехи, неравномерность распределения потерь по каналам; поляризацион- ные явления. направленность .Оптические усили- тели - спектральная зависимость и равномерность коэффициента усиления, коэффициент усиления слабых сигналов и перекрестного насыщения, вы- ходная мошность насыщения, шумовые парамет- ры. | 10 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 10 | |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | Волоконно-оптические фильтры. Оптические уси- лители. Оптические мультиплексоры ввода/выво- да каналов. Устройства оптической кросс-комму- тации. Волновые разветвители. Устройства компенсации дисперсии Волноводные оптические компоненты спектрального мультиплексирования /демультиплексирования.- Мониторинг и тестирование оборудования оптиче- ских систем связи | 6 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 36 | |
| Итого | | 36 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | Расчет многоволнового волоконно-оптического усилителя | 4 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | Расчет оптических мультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро | 6 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 54451

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | Расчет оптических демультиплексоров на основе голографических решёток в фотополимерных материалах | 4 | ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | Расчет оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов | 4 | ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | Исследование параметров и характеристик многоволнового волоконно-оптического усилителя мощности | 4 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе интерференционных фильтров | 4 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | Исследование параметров и характеристик оптических демультиплексоров на основе наложенных голографических решёток в фотополимерных материалах | 4 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов | 4 | ПКР-2, ПКР-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

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

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Согласована на портале № 54451

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| 1 Введение. Классификация многоволно- вых оптических систем связи | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 16 | | |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 16 | | |
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ПКР-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 16 | | |

Согласована на портале № 54451

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | ПКР-2, ПКР-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 6 | ПКР-2, ПКР-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 18 | | |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| Итого за семестр | | 74 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 110 | | |

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

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

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

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПКР-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе |
| ПКР-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| Контрольная работа | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Лабораторная работа | 6 | 8 | 8 | 22 |
| Тестирование | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Отчет по лабораторной работе | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Экзамен | | | | 30 |

Согласована на портале № 54451

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Итого максимум за период | 22 | 24 | 24 | 100 |
| Нарастающим итогом | 22 | 46 | 70 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

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

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

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Многоволновые оптические системы связи: Учебное пособие / С. Н. Шарангович - 2019. 120 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9188.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Скляров, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О.К. Скляров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 268 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/104959.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Многоволновые оптические системы связи: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / С. Н. Шарангович - 2016. 52 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6029.

2. Многоволновые оптические системы связи: Компьютерный лабораторный практикум / С. Н. Шарангович - 2016. 158 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6030.

3. Многоволновые оптические системы связи: Лабораторный практикум на основе комплекса «Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов» / А. С. Перин, С. Н. Шарангович - 2019. 29 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9197.

Согласована на портале № 54451

4. Многоволновые оптические системы связи: Учебное методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе / С. Н. Шарангович - 2018. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8290.

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

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

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

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

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

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

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

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

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

Учебно- вычислительная лаборатория им. Е.С. Коваленко "Лаборатория волоконно-оптических линий связи и измерений": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 333б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Информационный стенд - 7 шт.;
- Лабораторный стенд "Компоненты волоконно-оптической линии связи";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая линия связи";
- Лабораторный комплекс "Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая связь";
- Типовой комплект учебного оборудования "Монтаж и эксплуатация волоконно-оптических структурированных кабельных систем";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

Согласована на портале № 54451

- Microsoft Office 2007;
- PDFCreator;
- PTC Mathcad 15;
- Scilab;
- Компьютерная лабораторная работа Исследование оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров Фабри-Перро;
- Компьютерная лабораторная работа Исследование оптических демультиплексоров на основе наложенных голограмм в фотополимерныом материале;
- Компьютерная лабораторная работа Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов;
- Компьютерная лабораторная работа Компьютерное исследование многоволновых эрбиевых волоконно-оптических усилителей;

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

Учебно- вычислительная лаборатория им. Е.С. Коваленко "Лаборатория волоконно-оптических линий связи и измерений": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 333б ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Проектор;
- Проекционный экран;
- Информационный стенд - 7 шт.;
- Лабораторный стенд "Компоненты волоконно-оптической линии связи";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая линия связи";
- Лабораторный комплекс "Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая связь";
- Типовой комплект учебного оборудования "Монтаж и эксплуатация волоконно-оптических структурированных кабельных систем";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Microsoft Office 2007;
- PTC Mathcad 15;
- Scilab;
- Компьютерная лабораторная работа Исследование оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров Фабри-Перро;
- Компьютерная лабораторная работа Исследование оптических демультиплексоров на основе наложенных голограмм в фотополимерныом материале;
- Компьютерная лабораторная работа Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов;
- Компьютерная лабораторная работа Компьютерное исследование многоволновых эрбиевых волоконно-оптических усилителей;

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

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Согласована на портале № 54451

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

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

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

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

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

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

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

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

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

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение. Классификация многоволно- вых оптических систем связи | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 54451

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | ПКР-2, ПКР-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | ПКР-2, ПКР-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | ПКР-2, ПКР-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | ПКР-2, ПКР-3 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | ПКР-2, ПКР-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 54451

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

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

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

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

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

Согласована на портале № 54451

| | |
|---|---|
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Предварительный усилитель в ВОСП используется для…
   - усиления сигнала перед приемом сигнала
   - усиления сигнала перед передачей сигнала
   - усиления сигнала перед передачей и приемом сигнала
   - в промежуточной точке линии связи
2. Усилитель по мощности в ВОСП используется для
   - усиления сигнала перед приемом
   - усиления сигнала перед передачей
   - усиления сигнала перед передачей и приемом
   - в промежуточной точке линии связи
3. Линейный усилитель в ВОСП используется для…
   - усиления сигнала перед приемом
   - усиления сигнала перед передачей
   - усиления сигнала перед передачей и приемом
   - в промежуточной точке линии связи
4. К полупроводниковым усилителям относятся...
   - Резонансные усилители
   - Усилители бегущей волны
   - Резонансные усилители и усилители бегущей волны
   - Все усилители, имеющие в своем составе полупроводник
5. DFA- усилители основаны на…
   - эшелоне Майкельсона
   - оптическом волокне с примесью редкоземельных металлов
   - резонаторе Фабри-Перо
   - на дифракционных структурах
6. Модовое уплотнение каналов (MDM) основано на…
   - разделении информационных каналов по оптическим модам, распространяющимся в ОВ под разными углами
   - передаче информации на разных длинах волн
   - передаче информации различных информационных потоков в разные промежутки времени
   - передаче информации с различных информационных потоков в разных ОВ
7. Волновое уплотнение каналов (WDM) основано на…
   - разделении информационных каналов по оптическим модам, распространяющимся в ОВ под разными углами
   - передаче информации на разных длинах волн
   - передаче информации различных информационных потоков в разные промежутки времени
8. EDFA усилители, в большинстве своём, работают на длине волны накачки, равной…
   - 1480 и 980 нм
   - 1480 нм
   - 980 нм
   - 456 и 1480 нм
9. В EDFA усилителях используют…
   - прямую накачку
   - обратную накачку
   - прямую и обратную накачки
   - боковую накачку

Согласована на портале № 54451

10. Стабилизация коэффициента усиления в EDFA может быть…
    - оптической, электрической и совмещенной
    - оптической и электрической
    - оптической
    - электрической и совмещенной
11. Аппаратная функция фильтра на основе резонатора Фабри-Перо
    - не периодическая
    - периодическая
    - повторяется 2 раза
    - повторяется 4 раза
12. Демультиплексирование с применением интерференционных фильтров основано на…
    - дифракции Брэгга
    - дифракции Рамана-Ната
    - дифракции Фраунгофера
    - поглощении сигнала
13. Демультиплексоры на голографических решетках основаны на …
    - пространственном разделении каналов
    - временном разделении каналов
    - модовом разделении каналов
    - пространственно-временном разделении каналов

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. История развития многоволновых 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 - Многоволновое уплотнение оптических несущих (WDM). Области использования, перспективы
5. Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссия 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.

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Метод временного уплотнения (TDM).
2. Метод частотного уплотнении (FDM).
3. Модовое уплотнение (MDM).

Согласована на портале № 54451

4. Уплотнение по поляризации (PDM).
5. Многоволновое уплотнение оптических несущих (WDM).
6. Оптическое временное уплотнение (OTDM).
7. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем.
8. Общее описание и параметры CWDM, DWDM, HDWDM систем.
9. Критерии обеспечения требуемых характеристик.
10. Определение запаса по мощности. Оценка энергетического бюджета

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование параметров и характеристик многоволнового волоконно-оптического усилителя мощности
2. Исследование параметров и характеристик оптических мультиплексоров на основе интерференционных фильтров
3. Исследование параметров и характеристик оптических демультиплексоров на основе наложенных голографических решёток в фотополимерных материалах
4. Исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов

## 9.2. Методические рекомендации

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

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

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

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

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

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

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

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

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

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

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

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |

Согласована на портале № 54451

| | | |
|---|---|---|
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

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

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

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

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

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

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

Согласована на портале № 54451

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 4 от «28» 11 2019 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР | С.Н. Шарангович | Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956 |
| Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР | С.Н. Шарангович | Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956 |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР | С.Н. Шарангович | Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956 |
| Доцент, каф. СВЧиКР | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР | С.Н. Шарангович | Разработано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956 |

Согласована на портале № 54451