**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 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: **Интеллектуальные системы связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 28 | 28 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 12 | 12 | часов |
| Самостоятельная работа | 50 | 50 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 7 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83197

## 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).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.01.03.10.

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 № 83197

| | | |
|---|---|---|
| ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-2.1. Знает методы расчёта и проектирования деталей, узлов и устройств радиоэлектронной аппаратуры | Знает методы расчета и проектирования элементов и устройств многоволновых оптических систем связи инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования |
| | ПК-2.2. Умеет рассчитывать и проектировать узлы и устройства радиотехнических систем в соответствии с заданным техническим заданием с применением средств автоматизированного проектирования | Умеет выполнять расчет и проектирование элементов и устройств многоволновых оптических систем связи инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования |
| | ПК-2.3. Владеет навыкам расчёта и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем | Владеет методами расчета и проектирования элементов и устройств хноговолновых оптических систем связи инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования |
| ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает методы и приемы расчетов по проектам сетей связи | Знает методы расчетов по проекту многоволновых оптических сетей связи и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования |
| | ПК-3.2. Умеет анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений построения систем связи | Умеет выполнять расчеты по проекту многоволновых оптических сетей связи и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования |
| | ПК-3.3. Владеет навыками сбора исходных данных, необходимых для разработки проектной документации для построения систем связи | Владеет методами расчетов по проекту многоволновых оптических сетей связи и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования |

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

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

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |

Согласована на портале № 83197

| | | |
|---|---|---|
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 58 | 58 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 12 | 12 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 50 | 50 |
| Подготовка к тестированию | 18 | 18 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 12 | 12 |
| Написание отчета по лабораторной работе | 10 | 10 |
| Подготовка к контрольной работе | 10 | 10 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

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

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

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

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | | | |
| 1 Введение. Классификация многоволно- вых оптических систем связи | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-2, ПК-3 |
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | 4 | 4 | 4 | 16 | 28 | ПК-2, ПК-3 |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | 6 | 6 | 4 | 16 | 32 | ПК-2, ПК-3 |
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | 4 | 4 | - | 4 | 12 | ПК-2, ПК-3 |
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | 6 | - | 4 | 8 | 18 | ПК-2, ПК-3 |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | 6 | 4 | - | 2 | 12 | ПК-2, ПК-3 |
| Итого за семестр | 28 | 18 | 12 | 50 | 108 | |
| Итого | 28 | 18 | 12 | 50 | 108 | |

### 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 |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 83197

| 7 семестр | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Введение. Классификация многоволно- вых оптических систем связи | Предмет и задачи курса. История развития много-<br>волновых ВОСП. Классификация многоволновых<br>оптических систем связи. Мировой уровень разви-<br>тия оптической связи с использованием WDM | 2 | ПК-2, ПК-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 | ПК-2, ПК-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 | ПК-2, ПК-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<br>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<br>оборудования WDM. | 4 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 83197

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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. | 6 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 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 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 83197

| | | |
|---|---|---|
| Итого за семестр | 28 | |
| Итого | 28 | |

### 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 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | Расчет оптических мультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро | 6 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | Расчет оптических демультиплексоров на основе голографических решёток в фотополимерных материалах | 4 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | Расчет оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов | 4 | ПК-2, ПК-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 | Компьютерное исследование многоволновых эрбиевых волоконно-оптических усилителей | 4 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Общая структура и параметры многоволновых оптических систем связи | Компьютерное исследование оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров фабри-перо | 4 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 83197

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | Компьютерное исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов (AWG) | 4 | ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 12 | |
| Итого | | 12 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

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

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

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

Согласована на портале № 83197

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2, ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 2 | ПК-2, ПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2, ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПК-2, ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 2 | ПК-2, ПК-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 8 | | |
| 6 Устройства и компоненты WDM, DWDM, CWDM оптических систем связи | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2, ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 50 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 86 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий 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. | |
| ПК-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен |
| ПК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен |

## 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** | | | | |

Согласована на портале № 83197

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 |
| 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 - 2022. 157 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10053.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Скляров, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи / О. К. Скляров. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 268 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/322565.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Многоволновые оптические системы связи: учеб. метод. пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе / С. Н. Шарангович - 2022. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10052.

Согласована на портале № 83197

2. Многоволновые оптические системы связи. Компьютерный лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие / С. Н. Шарангович - 2022. 158 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10051.

### 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

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 № 83197

- 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Согласована на портале № 83197

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 | ПК-2, ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 83197

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Методы уплотнения информационных потоков | ПК-2, ПК-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 | ПК-2, ПК-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 | ПК-2, ПК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения | ПК-2, ПК-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 | ПК-2, ПК-3 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

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

Согласована на портале № 83197

| 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. |
| 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

Согласована на портале № 83197

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

Согласована на портале № 83197

в) повторяется 2 раза
г) повторяется 4 раза

12. Демультиплексирование с применением интерференционных фильтров основано на…
    а) дифракции Брэгга
    б) дифракции Рамана-Ната
    в) дифракции Фраунгофера
    г) поглощении сигнала
13. Демультиплексоры на голографических решетках основаны на …
    а) пространственном разделении каналов
    б) временном разделении каналов
    в) модовом разделении каналов
    г) 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).
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

Согласована на портале № 83197

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Компьютерное исследование многоволновых эрбиевых волоконно-оптических усилителей
2. Компьютерное исследование оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров и фильтров фабри-перо
3. Компьютерное исследование оптического мультиплексора на основе массива планарных волноводов (AWG)

## 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 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |

Согласована на портале № 83197

| | | |
|---|---|---|
| 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 № 83197

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 6 от «14» 2 2025 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Директор, каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Доцент, каф. СВЧиКР | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |

**РАЗРАБОТАНО:**

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

Согласована на портале № 83197