

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 07.11.2023 11:38:09

Уникальный программный ключ:

8db180d1a3f02ac9e60521a567274273518b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

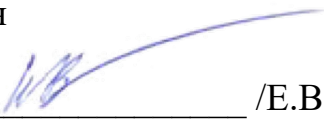
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

 /Е.В. Сафонов/

«27» апреля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптоволоконные системы дальней связи

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Профиль
Системы дальней связи

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры «Автоматика и управление»,
к.т.н.

А.А. Филимонова/

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор

/А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
д.т.н., профессор

/А.А. Радионов/

Содержание

1	Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине.....	4
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3	Структура и содержание дисциплины	5
3.1	Виды учебной работы и трудоемкость	5
3.2	Тематический план изучения дисциплины	5
3.3	Содержание дисциплины	8
3.4	Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий	9
3.5	Тематика курсовых проектов (курсовых работ)	9
4	Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	9
4.1	Нормативные документы и ГОСТы	9
4.2	Основная литература	10
4.3	Дополнительная литература	10
4.4	Электронные образовательные ресурсы.....	10
4.5	Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение	10
4.6	Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	10
5	Материально-техническое обеспечение	11
6	Методические рекомендации	11
6.1	Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения	11
6.2	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	12
7	Фонд оценочных средств	12
7.1	Методы контроля и оценивания результатов обучения.....	13
7.2	Шкала и критерии оценивания результатов обучения.....	14
7.3	Оценочные средства	19

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

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

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

Обучение по дисциплине «Оптоволоконные системы дальней связи» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
<p>ПК-8. Способен исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения</p>	<p>ИПК-8.1 Применяет методы исследования радиоэлектронных средств и технологий передачи, обработки и приема информации; ИПК-8.2 Эксплуатирует радиоэлектронные средства в соответствии с инструкциями и типовыми методиками работы; ИПК-8.3 Проводит исследования характеристик радиоэлектронных средств и технологий.</p>	<p>Знать: основы организации и параметры оптоволоконных систем дальней связи; стандарты на системы, оборудование и компоненты оптоволоконных систем дальней связи; методику исследования характеристик телекоммуникационного оборудования. Уметь: выполнять расчеты, связанные с определением параметров оборудования оптоволоконных систем дальней связи; осуществлять контроль и эксплуатацию оборудования цифровых оптоволоконных сетей; выбирать эффективную методику экспериментальных исследований. Владеть: методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и усилителей), навыками чтения функциональных и структурных схем оптоволоконных систем дальней связи.</p>

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к элективным дисциплинам блока Б1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Оптические устройства в радиоэлектронике;
 Производственная практика (преддипломная);
 Производственная практика (технологическая);
 Промышленный интернет вещей в автомобилестроении;
 Промышленный интернет вещей в машиностроении;
 Радионавигационные системы и комплексы;
 Радиотехнические системы дальней связи;
 САПР радиоэлектронных средств;
 Сети MESH широкополосной беспроводной связи.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			7
1	Аудиторные занятия	72	72
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	Самостоятельная работа	72	72
	В том числе:		
2.1	Подготовка к лекциям	18	18
2.2	Подготовка к практическим занятиям	18	18
2.3	Подготовка к лабораторным занятиям	18	18
2.4	Подготовка к экзамену по дисциплине	18	18
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	-	Э
	Итого	144	144

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Введение. Классификация оптоволоконных систем связи	16	6	0	0	0	10

1.1	Тема 1. Предмет и задачи курса. История развития ВОСП. Классификация оптоволоконных систем связи.	6	2	0	0	0	4
1.2	Тема 2. Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM	10	4	0	0	0	6
2	Раздел 2. Методы уплотнения информационных потоков	26	8	4	0	0	14
2.1	Тема 1. Метод временного уплотнения. Метод частотного уплотнения.	8	2	2	0	0	4
2.2	Тема 2. Модовое уплотнение. Уплотнение по поляризации. Многоволновое уплотнение оптических несущих. Оптическое временное уплотнение.	8	2	2	0	0	4
2.3	Тема 3. Методы уплотнения каналов по полярности Сравнительная характеристика, области использования, перспективы	10	4	0	0	0	6
3	Раздел 3. Общая структура и параметры оптоволоконных связи	28	4	4	10	0	10
3.1	Тема 1. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры CWDM, DWDM, HDWDM систем.	14	2	2	6	0	4
3.2	Тема 2. Критерии обеспечения требуемых характеристик. Определение запаса по мощности. Оценка энергетического бюджета	14	2	2	4	0	6
4	Раздел 4. Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения	18	4	0	4	0	10
4.1	Тема 1. Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссия IEC для оборудования SDH/SONET	10	2	0	4	0	4

	оптических цифровых систем передачи.						
4.2	Тема 2. 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	2	0	0	0	6
5	Раздел 5. Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения	26	6	6	0	0	14
5.1	Тема 1. Передатчики – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения. Методы модуляции – внутренняя и внешняя. Методы стабилизации длины волны.	8	2	2	0	0	4
5.2	Тема 2. 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; поляризационные явления. направленность.	8	2	2	0	0	4
5.3	Тема 3. Оптические усилители - спектральная зависимость и равномерность коэффициента усиления, коэффициент усиления слабых сигналов и перекрестного насыщения, выходная мощность насыщения, шумовые параметры	10	2	2	0	0	6
6	Раздел 6 Устройства и компоненты оптоволоконных систем дальней связи	30	8	4	4	0	14

6.1	Тема 1. Волоконно-оптические фильтры. Оптические усилители. Оптические мультиплексоры ввода/вывода каналов. Устройства оптической кросс-коммутации. Волновые разветвители. Устройства компенсации дисперсии	10	2	2	2	0	4
6.2	Тема 2. Волноводные оптические компоненты спектрального мультиплексирования / демультиплексирования.	10	2	2	2	0	4
6.3	Тема 3. Мониторинг и тестирование оборудования оптоволоконных систем дальней связи.	10	4	0	0	0	6
Итого		144	36	18	18	0	72

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение. Классификация оптоволоконных систем связи

Тема 1. Предмет и задачи курса. История развития ВОСП. Классификация оптоволоконных систем связи.

Тема 2. Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM

Раздел 2. Методы уплотнения информационных потоков

Тема 1. Метод временного уплотнения. Метод частотного уплотнения.

Тема 2. Модовое уплотнение. Уплотнение по поляризации. Многоволновое уплотнение оптических несущих. Оптическое временное уплотнение.

Тема 3. Методы уплотнения каналов по полярности Сравнительная характеристика, области использования, перспективы

Раздел 3. Общая структура и параметры оптоволоконных систем

Тема 1. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры CWDM, DWDM, HDWDM систем.

Тема 2. Критерии обеспечения требуемых характеристик. Определение запаса по мощности. Оценка энергетического бюджета

Раздел 4. Стандарты на системы, оборудование и компоненты волнового уплотнения

Тема 1. Стандарты Международного телекоммуникационного союза ITU на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссии ИЕС для оборудования SDH/SONET оптических цифровых систем передачи.

Тема 2. Частотный план, стандартизованный ITU-T. Рекомендации ITU-T G.mcs на оптические интерфейсы для многоканальных систем и ИЕС 6129x для оптических волокон, пассивных и активных компонент оборудования WDM.

Раздел 5 Характеристики компонент оптических систем волнового уплотнения

Тема 1. Передатчики – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения. Методы модуляции – внутренняя и внешняя. Методы стабилизации длины волны.

Тема 2. 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; поляризационные явления. направленность.

Тема 3. Оптические усилители - спектральная зависимость и равномерность коэффициента усиления, коэффициент усиления слабых сигналов и перекрестного насыщения, выходная мощность насыщения, шумовые параметры

Раздел 6 Устройства и компоненты оптоволоконных систем дальней связи

Тема 1. Волоконно-оптические фильтры. Оптические усилители. Оптические мультиплексоры ввода/вывода каналов. Устройства оптической кросс-коммутации. Волновые разветвители. Устройства компенсации дисперсии

Тема 2. Волноводные оптические компоненты спектрального мультиплексирования / демультимплексирования.

Тема 3. Мониторинг и тестирование оборудования оптоволоконных систем дальней связи.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1-3. Цифровые методы передачи информации в системах дальней связи.

Практическое занятие 4-5. Структурная схема системы передачи с WDM

Практическое занятие 6-7. Магистральные линии с DWDM

Практическое занятие 8-9. Назначение и основные характеристики аппаратуры различного уровня в оптоволоконных системах дальней связи

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторное занятие 1-3. Лабораторная работа 1. Методы и основные протоколы передачи информации в системах дальней связи.

Лабораторное занятие 4-5. Лабораторная работа 2. Многоволновое уплотнение оптических несущих (WDM).

Лабораторное занятие 6-7. Лабораторная работа 3. Выбор топологии сети и способа укладки оптического кабеля в системах дальней связи.

Лабораторное занятие 8-9. Лабораторная работа 4. Аппаратура ВОСП со спектральным разделением оптических каналов. Применение в системах дальней связи.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Скляр, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи / О. К. Скляр. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-507-47011-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/322565>.
2. Ефанов, В. И. Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС : учебное пособие / В. И. Ефанов. — Москва : ТУСУР, 2012. — 102 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4948>.
3. Шандаров, В. М. Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения и управления : учебно-методическое пособие / В. М. Шандаров. — Москва : ТУСУР, 2012. — 31 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/11562>.
4. Дашков, М. В. Влияние затухания оптического тракта на качество передачи сигнала ВОСП CWDM : методические указания / М. В. Дашков. — Самара : ПГУТИ, 2021. — 12 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301061>.

4.3 Дополнительная литература

1. Высокоскоростные оптические системы связи для транспортных сетей и сетей доступа : учебно-методическое пособие. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2022 — Часть 1 : Проектирование системы связи для транспортной сети — 2022. — 43 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/279323>.
2. Ефанов, В. И. Проектирование волоконно-оптических линий связи : учебное пособие / В. И. Ефанов. — Москва : ТУСУР, 2012. — 101 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/11540>.
3. Ефанов, В. И. Электрические и волоконно-оптические линии связи : учебное пособие / В. И. Ефанов. — 3-е изд. — Москва : ТУСУР, 2012. — 150 с. — ISBN 5-86889-356-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5452>.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрены

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office
2. Microsoft-Windows
3. Math Works-MATLAB, Simulink

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал <http://window.edu.ru>

2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» <http://www.consultant.ru>, «Гарант» <http://www.garant.ru>
3. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>.
4. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
5. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/index.php>

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).
2. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к лабораторным и практическим работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса.

Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенной лабораторной работы. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Методика преподавания дисциплины «Оптоволоконные системы дальней связи» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- защита и обсуждение отчетов по практическим работам;
- технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, продемонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов направлена на решение следующих задач:

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программе математического моделирования, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным работам и подготовка к их защите;
- подготовка к экзамену.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- устный опрос;
- лабораторные работы;
- тестирование;
- контрольная работа;
- экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	Наименование компетенции выпускника
ПК-8	Способен исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Оптоволоконные системы дальней связи».

1	Текущий	Устный опрос	Устный опрос проводится с целью проверки и оценки знаний студентов после изучения темы практической работы и позволяет оценить сформированность компетенций. Студенту задаются типовые вопросы по теме практической работы, но не более 3х вопросов.
2	Текущий	Тестирование	Тестирование проводится на последнем занятии изучаемой темы. Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. В рамках тестирования проверяется владение терминологией и знание теоретической базы.
3	Текущий	Контрольная работа	Решение контрольной работы осуществляется на последнем занятии изучаемой темы. Студенту выдаются 3 задания. Контрольная работа выполняется индивидуально каждым студентом. При проверке преподаватель оценивает правильность произведенных расчетов, формул, использования терминологии и выводы.
4	Текущий	Лабораторная работа	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
5	Промежуточный	Экзамен	Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения

			<p>всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».</p> <p>Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут).</p> <p>К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Оптоволоконные системы дальней связи».</p>
--	--	--	--

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
знать: основы организации и параметры оптоволоконных систем дальней связи; стандарты на системы, оборудование и компоненты оптоволоконных систем дальней связи; методику исследования характеристик телекоммуникационного оборудования.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основы организации и параметры оптоволоконных систем дальней связи; стандарты на системы, оборудование и компоненты оптоволоконных систем дальней связи; методику исследования	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основы организации и параметры оптоволоконных систем дальней связи; стандарты на системы, оборудование и компоненты оптоволоконных систем дальней связи; методику исследования характеристик	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основы организации и параметры оптоволоконных систем дальней связи; стандарты на системы, оборудование и компоненты оптоволоконных систем дальней связи; методику исследования характеристик	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основы организации и параметры оптоволоконных систем дальней связи; стандарты на системы, оборудование и компоненты оптоволоконных систем дальней связи; методику исследования

	характеристик телекоммуникационного оборудования.	телекоммуникационного оборудования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	телекоммуникационного оборудования. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	характеристик телекоммуникационного оборудования. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: выполнять расчеты, связанные с определением параметров оборудования оптоволоконных систем дальней связи; осуществлять контроль и эксплуатацию оборудования цифровых оптоволоконных сетей; выбирать эффективную методику экспериментальных исследований.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: выполнять расчеты, связанные с определением параметров оборудования оптоволоконных систем дальней связи; осуществлять контроль и эксплуатацию оборудования цифровых оптоволоконных сетей; выбирать эффективную методику экспериментальных исследований.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять расчеты, связанные с определением параметров оборудования оптоволоконных систем дальней связи; осуществлять контроль и эксплуатацию оборудования цифровых оптоволоконных сетей; выбирать эффективную методику экспериментальных исследований. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять расчеты, связанные с определением параметров оборудования оптоволоконных систем дальней связи; осуществлять контроль и эксплуатацию оборудования цифровых оптоволоконных сетей; выбирать эффективную методику экспериментальных исследований. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять расчеты, связанные с определением параметров оборудования оптоволоконных систем дальней связи; осуществлять контроль и эксплуатацию оборудования цифровых оптоволоконных сетей; выбирать эффективную методику экспериментальных исследований. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и усилителей), навыками чтения	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами оценки характеристик основных функциональных	Обучающийся в недостаточной степени владеет методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и	Обучающийся частично владеет: методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и усилителей),	Обучающийся в полном объеме владеет: методами оценки характеристик основных функциональных узлов (оптических мультиплексоров и

функциональных и структурных схем оптоволоконных систем дальней связи.	узлов (оптических мультиплексоров и усилителей), навыками чтения функциональных и структурных схем оптоволоконных систем дальней связи.	усилителей), навыками чтения функциональных и структурных схем оптоволоконных систем дальней связи. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	навыками чтения функциональных и структурных схем оптоволоконных систем дальней связи. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	усилителей), навыками чтения функциональных и структурных схем оптоволоконных систем дальней связи. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
--	---	---	---	--

Шкала оценивания промежуточной аттестации: экзамена.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля.

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Устный опрос по теме раздела	<p>Зачтено: набрано 2 и более баллов Не зачтено: набрано 1 и менее баллов.</p> <p>Критерии оценивания при ответе на вопрос: *2 балла – студент полностью ответил на вопрос; *1 балл – студент частично ответил на вопрос, не полностью раскрыта тематика вопроса.</p>	<p>Студентам задаются типовые вопросы по теме практических занятий, для получения зачета каждый студент должен набрать необходимое кол-во баллов ответами на вопросы. Каждый студент может ответить не более чем на 3 вопроса.</p>
Контрольная работа по теме раздела	<p>Отлично - Работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, либо некоторые из выполненных заданий содержат незначительные ошибки</p> <p>Хорошо - Уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.</p> <p>Удовлетворительно - Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой заданий не выполнено; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.</p>	<p>Защита темы включает решение задач в аудитории в течение одной пары и проходит после изучения соответствующего раздела. Билеты состоят из вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1,5 часа.</p>

	<p>Неудовлетворительно - Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, предусмотренные программой задания не выполнены</p>	
<p>Тестирование по пройденной теме</p>	<p>Тест содержит 20 заданий, правильный ответ на 1 задание соответствует 1 баллу. Время тестирования - 30 минут. Студенту предоставляется две попытки для прохождения теста. Максимальная оценка за тест - 20 баллов. Тест считается успешно пройденным, если студент дал не менее 60% правильных ответов (набрал не менее 12 баллов).</p>	<p>Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.</p>
<p>Выполнение и защита лабораторной работы</p>	<p>Зачтено: набрано 3 и более баллов Незачтено: набрано 2 и менее баллов</p> <p>Расчеты выполнены верно – 1 балл, выводы логичны и обоснованы – 1 балл, оформление работы соответствует требованиям – 1 балл, правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 2 вопроса) – 1 балл.</p>	<p>В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по лабораторным работам. К выполнению экспериментальной части лабораторной работы допускаются студенты, подготовившие протоколы выполнения лабораторной работы. Протоколы оформляются в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Отчет по лабораторной работе содержит протокол проведения лабораторной работы, расчеты, графическую часть, выводы. Защита отчета по лабораторной работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие лабораторную работу к защите не допускаются</p>

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Вопросы для устного опроса на практических занятиях.

1. Магистральные линии связи в РФ.
2. Как происходит объединение потоков по принципу чередования битов?
3. Поясните структурную схему однопролетной ВОЛС?
4. Назовите потоки и скорости передачи СЦИ?
5. Поясните схему преобразований СЦИ?
6. Что дает жесткая синхронизация на всех уровнях СЦИ?
7. На каких длинах волн работают одноволновые ВОСП СЦИ, назовите протяженность линий?
8. Что представляет метод временного уплотнения (TDM)?
9. Что представляет метод частотного уплотнения (FDM)?
10. Что представляет собой модовое уплотнение (MDM)?
11. Что представляет собой уплотнение по поляризации (PDM)?
12. Что представляет собой уплотнение каналов по поляриности?
13. Что представляет структурная схема системы передачи с WDM?
14. Какая сетка оптических частот системы передачи с WDM?
15. Для чего предназначено устройство – транспондер?
16. Что представляет типовая конфигурация системы ВОЛП с DWDM?
17. Что представляет собой мультиплексирование низкой плотности CWDM, какая сетка каналов?
18. Что представляют три варианта построения магистральных линий с WDM согласно документам МСЭ?
19. Какова структурная схема промежуточного оптического усилителя?
20. Что представляет типовая конфигурация системы ВОЛП с DWDM?
21. Что представляют схема промежуточного усилителя для диапазонов C+L?
22. Приведите пример и данные современной магистральной системы DWDM компании NEC?
23. Приведите пример и данные современной системы CWDM компании NEC?
24. Приведите пример и данные современной магистральной системы DWDM компании Lucent Technologies?
25. Приведите пример и данные современной магистральной системы DWDM компаний РФ?

Типовые вопросы для защиты лабораторных работ

1. Какие факторы необходимо учитывать при построении ВОЛС?
2. В чем основные преимущества укладки ОК кабелеукладчиком?
3. Назовите недостатки прокладки кабеля с использованием защитного трубопровода?
4. Назовите составляющие оптической цифровой системы передачи.
5. Поясните принцип построения одноволоконной однополосной однокабельной ВОСП.
6. Принцип построения двухволоконной однополосной однокабельной ВОСП.
7. Принцип построения одноволоконной двухполосной однокабельной ВОСП.
8. Принцип построения одноволоконной двухполосной однокабельной ВОСП
9. Требования к источникам излучения при спектральном уплотнении.
10. Какие системы WDM относятся к грубым WDM?
11. Какие системы WDM относятся к плотным WDM?
12. Какие системы WDM относятся к сверхплотным WDM?

13. Сколько окон прозрачности рекомендованы МСЭ для освоения?
14. В чем состоит сущность технологии CWDM?
15. В чем состоят принципиальные отличия технологий CWDM и DWDM?
16. Какие требования предъявляются к оптическим мультиплексорам (демультиплексорам)?
17. Какие окна прозрачности предназначены для технологии CWDM?

Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию.

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

- передаче информации с различных информационных потоков в разных ОВ

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

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. Демультимплексирование с применением интерференционных фильтров основано на...

- дифракции Брэгга
- дифракции Рамана-Ната
- дифракции Фраунгофера
- поглощении сигнала

13. Демультимплексоры на голографических решетках основаны на ...

- пространственном разделении каналов
- временном разделении каналов
- модовом разделении каналов
- пространственно-временном разделении каналов

14. Коэффициент передачи между двумя портами показывает...

- отношение эффективных площадей двух ОВ
- временную связь этих каналов
- часть переданной мощности между этими портами
- количество переданной информации

15. Коэффициент усиления показывает...

- максимальную мощность на выходе усилителя

- мощность на выходе усилителя
- отношение сигнал-шума на входе и выходе усилителя
- отношение мощностей на входе и выходе усилителя

16. Переходная помеха показывает...

- влияние на j -й канал соседних каналов
- влияние на j -й канал всех остальных каналов
- влияние на j -й канал $j+1$ канала
- влияние на j -й канал $j-1$ канала

17. Вносимые потери показывают...

- максимальную мощность на выходе пассивного элемента
- мощность на выходе пассивного элемента
- отношение сигнал-шум на выходе пассивного элемента
- уменьшение оптической мощности между входным и выходным портами пассивного элемента

18. Канальный интервал представляет собой...

- интервал между центральными длинами волн соседних каналов
- интервал между центральными длинами волн всех каналов
- интервал между центральными длинами волн первого и последнего каналов
- интервал между центральными длинами волн первого и центрального каналов

19. Полоса пропускания канала – это ...

- интервал частот, в котором значение амплитудно-частотной характеристики аналогового
 - передающего оптоэлектронного модуля равно половине его максимального значения
- интервал частот, в котором значение амплитудно-частотной характеристики аналогового
 - передающего оптоэлектронного модуля меньше или равно половине его максимального значения
- интервал частот, в котором значение амплитудно-частотной характеристики аналогового
 - передающего оптоэлектронного модуля больше или равно половине его максимального значения
- интервал частот, в котором значение амплитудно-частотной характеристики аналогового
 - передающего оптоэлектронного модуля меньше половины его максимального значения

20. Рамановский усилитель выполняется в виде

- волоконного устройства
- интегрального устройства
- системы дифракционных структур
- системы фазовых решеток

Типовой вариант контрольной работы

1. Общая структура и параметры оптических систем волнового уплотнения.
2. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем.
3. Методы стабилизации длины волны оптических передатчиков – температурная, токовая.

4. Дайте понятие типа волны (моды).

5. Разработать схему организации связи транспортной сети на основе технологии DWDM-OTN/OTN по исходным данным. Определить общую полосу оптических частот для организации всех спектральных каналов и ее положение в полосах волн C, L, начиная от волны 1530 нм и выше до 1625 нм. Назначить волны для всех каналов. В схеме использовать терминальные оптические мультиплексоры и ROADM. Определить общее количество требуемых оптических транспондеров для этой сети. Схему организации связи изобразить, используя обозначения из конспекта лекций. Предложить и обосновать схему защиты оптических каналов от повреждений.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену

1. История развития ВОСП и устройств волнового уплотнения WDM. Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM.	ПК-8
2. Методы уплотнения информационных потоков - Метод временного уплотнения (TDM). Области использования, перспективы	ПК-8
3. Методы уплотнения информационных потоков. Модовое уплотнение (MDM). Области использования, перспективы	ПК-8
4. Методы уплотнения информационных потоков - Многоволновое уплотнение оптических несущих (WDM). Области использования, перспективы	ПК-8
5. Стандарты Международного телекоммуникационного союза ИТУ на применение технологий и оборудования, Международной электротехнической комиссии ИЕС для оборудования SDH/SONET оптических цифровых систем передачи. Частотный план, стандартизованный ИТУ-Т.	ПК-8
6. Рекомендации ИТУ-Т G.mcs на оптические интерфейсы для многоканальных систем и ИЕС 6129x для оптических волокон, пассивных и активных компонент оборудования WDM.	ПК-8
7. Общая структура и параметры оптических систем волнового уплотнения. Критерии обеспечения требуемых характеристик Оценка энергетического бюджета	ПК-8
8. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры DWDM, HDWDM систем. Определение запаса по мощности.	ПК-8
9. Характеристики передающих компонент систем волнового уплотнения – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения	ПК-8
10. Характеристики компонент систем волнового уплотнения. Передатчики - методы модуляции – внутренняя (токовая) и внешняя (интерферометры Маха-Цендера, электрооптическая).	ПК-8
11. Методы стабилизации длины волны оптических передатчиков – температурная, токовая. Стабилизаторы длины волны на основе диэлектрических фильтров. Выравнивание спектрального распределения мощности.	ПК-8
12. Принципы интеграции передающих оптических модулей – (лазер, модулятор, полупроводниковый усилитель. (мультилазер, мультиплексор, усилитель).	ПК-8
13. Принципы построения коммутаторов для устройств оптической кросс-коммутации ОХС. Волновые разветвители.	ПК-8
14. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры - односторонние фильтры (фильтры коротких и длинных длин волн).	ПК-8

15. Волоконно-оптические -оптические интерференционные фильтры - избирательные режекторные и полосовые фильтры, характеристики фиксированного оптического фильтра компании DiCon	ПК-8
16. Волоконно-оптические -оптические фильтры на основе дифракционных решеток. Типовые параметры	ПК-8
17. Периодическая волноводная решетка AWG, Принцип действия AWG и параметры	ПК-8
18. Фильтры с регулируемой полосой пропускания, настраиваемые фильтры с интерференционным покрытием. и основные характеристики перестраиваемого оптического фильтра компании DiCon	ПК-8
19. Акустооптические фильтры, а также резонаторы Фабри-Перо как Волоконно-оптические -оптические фильтры.	ПК-8
20. WDM Волоконно-оптические интерференционные фильтры - реализация для многоходовых селекторов на основе трехполюсного делителя (непоглощающего интерференционного фильтра)	ПК-8
21. Оптические усилители для WDM систем – особенности построения и характеристик.	ПК-8
22. Оптические усилители на волокне, использующие бриллюэновское рассеяние. Стимулированное бриллюэновское рассеяние - нелинейный эффект. Характеристики	ПК-8
23. Оптические усилители на волокне, использующие рамановское рассеяние. переходные помехи между усиливаемыми каналами	ПК-8
24. Полупроводниковые лазерные усилители – принцип действия, характеристики. интеграция ППЛУ с другими оптическими устройствами.	ПК-8
25. Усилители на примесном волокне Общие сведения об EDFA Классификация EDFA по способам применения	ПК-8
26. Принцип действия EDFA Технические параметры и характеристики EDFA Основные структурные схемы EDFA.	ПК-8
27. Математическая модель многоволнового EDFA Основные характеристики усилителей EDFA	ПК-8
28. Типовые характеристики EDFA Усиление волоконно-оптического усилителя. Усиление слабого сигнала Насыщенное усиление Зависимость усиления от поляризации Спектральный провал усиления.	ПК-8
29. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров Основные параметры и характеристики.	ПК-8
30. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе фильтров Фабри-Перро Основные параметры и характеристики	ПК-8
31. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе дифракционных решеток. Основные параметры и характеристики.	ПК-8
32. Оптические мультиплексоры с добавлением и отводом каналов. Конфигурация и характеристики волноводного многоканального оптического мультиплексора	ПК-8
33. Принципиальная схема и основные характеристики волноводной оптической системы спектрального мультиплексирования/ демультиплексирования на основе матрицы сфазированных волноводов (фазар).	ПК-8
34. Особенности тестирования систем со спектральным уплотнением. Основные параметры сигналов и компонентов. Требования к измерительному оборудованию	ПК-8

Типовой вариант билета

по дисциплине «Оптоволоконные системы дальней связи»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Дисциплина «Оптоволоконные системы дальней связи»

Курс 4, семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ

1. Характеристики передающих компонент систем волнового уплотнения – выходная мощность, стабильность центральной частоты, спектр и боковые лепестки излучения
2. Магистральные линии с WDM.
3. Определить число оптических каналов на каждой из оптических секций мультиплексирования в цепочке, состоящей из 2-х терминальных WDM мультиплексоров и X промежуточных оптических мультиплексоров типа ROADM. Внутри каждой пары оптических мультиплексоров организовано Y оптических каналов. Определить по данным приложения и привести характеристики интерфейса одного оптического канала.