

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

**УТВЕРЖДЕНО**

решением Ученого совета факультета математики, информационных и авиационных технологий  
от « 16 » 05 2023 г. протокол № 4/23  
Председатель М.А. Волков  
« 16 » мая 2023 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Спектральное уплотнение в цифровых оптических системах передачи данных
Факультет	Факультет математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Телекоммуникационные технологии и сети
Курс	1

Направление (специальность) 11.03.02 - "Инфокоммуникационные технологии и системы связи"

*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность (профиль/специализация) Интернет и интеллектуальные технологии

*полное наименование*

Форма обучения очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 01 » сентября 2023 г.

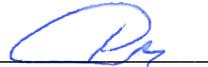
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Смолеха Виталий Петрович	ТТС	к.в.н., доцент

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей
 (Подпись) <u>Смагин А.А.</u> / (ФИО) « 16 » мая 2023 г.	 (Подпись) / <u>Смагин А.А.</u> / (ФИО) « 16 » мая 2023 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины является формирование профессиональных компетенций, необходимых для реализации информационно-аналитической и научно-исследовательской деятельности (см. пункт 3).

**Задачами** изучения дисциплины в рамках освоения практического фактического материала и предусмотренного курса практических занятий выступает приобретение знаний, умений и навыков, характеризующих определённый уровень сформированности целевых компетенций:

сформировать системное базовое представление, первичные знания, умения и навыки студентов по спектральному уплотнению в цифровых оптических системах передачи данных;

дать общие представления о теоретических основах построения оптических систем и сетей и особенности применения технологии WDM;

подготовить студентов к применению перспективных методов проектирования и моделирования оптических цифровых телекоммуникационных систем, организации и расчёта параметров цифровых волоконно-оптических линейных трактов при дальнейшем обучении.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Спектральное уплотнение в цифровых оптических системах передачи данных» относится к дисциплинам по выбору учебного плана подготовки бакалавра по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (Б1.В.ДВ.01.02).

Для успешного изучения дисциплины необходимы знания и умения, приобретенные в результате освоения курсов «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей», «Цифровая обработка сигналов», «Корпоративные инфокоммуникационные системы и услуги».

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: «Управление сетями», «Цифровые системы коммутации».

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СОТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) компетенции
ПК-8 Способен осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей	Знать технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники, действующие нормативные требования и государственные стандарты Уметь осуществлять патентный поиск, проводить сбор, анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, формулировать цели и задачи научно-исследовательских работ в области создания и проектирования радиоэлек-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

	<p>тронных устройств и систем</p> <p>Уметь разрабатывать техническое задание, требования и условия на разработку и проектирование радиоэлектронных устройств и систем</p> <p>Владеть навыками разработки и анализа вариантов создания радиоэлектронного устройства или радиоэлектронной системы на основе синтеза накопленного опыта, изучения литературы и собственной интуиции; прогноза последствий, поиска компромиссных решений в условиях многокритериальности</p>
<p>ПК-9</p> <p>Способен осуществлять развитие транспортных сетей и сетей передачи данных, включая сети радиодоступа, спутниковых систем, коммутационных подсистем и сетевых платформ</p>	<p>Знать методики сбора, анализа и обработки статистической информации инфокоммуникационных систем</p> <p>Уметь проводить исследования характеристик телекоммуникационного оборудования и оценку качества предоставляемых услуг</p> <p>Владеть навыками анализа научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников</p> <p>Владеть навыками проведения экспериментальных работ по проверке достижимости технических характеристик, радиоэлектронной аппаратуры</p>

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 3 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы 108 часов

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		7
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	54	54
Аудиторные занятия:	54	54
Лекции	18	18
Семинары и практические занятия	18	18

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		7
1	2	3
Лабораторные работы, практикумы	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)		
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачёт	зачёт
Всего часов по дисциплине	108	108

#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия					
		лекции	практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы	Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 1. Принципы построения и структура ВОСП	6	2	2			4	
Тема 2. Методы уплотнения сигналов в оптическом волокне	6	2	2		2*	4	
Тема 3. Спектральное уплотнение. Схема WDM	26	2	2	8	6*	16	
Тема 4. Технологии WDM и DWDM. Частотный план. Эта-	20	4	4			16	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

лонные цепи							
Тема 5. Активные и пассивные компоненты WDM	22	4	4			18	
Тема 6. Волоконно-оптические линейные тракты	28	4	4	10	10*	14	
Итого	108	18	18	18	18*	54	

\*В интерактивной форме проводятся все практические занятия, семинары. Темы и содержание занятий приведены в пункте «практические занятия, семинары»). В «Итого» столбец «Занятия в интерактивной форме», соответствующий столбцу «практические занятия, семинары», не учитывается.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

*Данный вид работы не предусмотрен УП.*

## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Тема 1.** Принципы построения и структура ВОСП.

Вопросы к теме.

1. Обобщенная структурная схема ВОСП. Понятие оптического линейного тракта.
2. Функциональные модули аппаратуры ВОСП синхронной цифровой иерархии: мультиплексоры, регенераторы, коммутаторы и др.
3. Одноволоконные и двухволоконные схемы организации двухсторонней связи.

**Тема 2.** Методы уплотнения сигналов в оптическом волокне.

Вопросы к теме.

1. Временное уплотнение (Times Division Multiplexing, TDM). Применение технологии TDM в CWDM системах передачи.
2. Пространственное уплотнение.

**Тема 3.** Спектральное уплотнение. Схема WDM

Вопросы к теме.

1. Принцип спектрального уплотнения.
2. Схема спектрального уплотнения рекомендованная МСЭ-Т.
3. Основные узлы схемы: транспондеры, оптические мультиплексоры, усилители.

**Тема 4.** Технологии WDM и DWDM. Частотный план. Эталонные цепи.

Вопросы к теме.

1. Классификация WDM. Технологии CWDM и DWDM.
2. Частотный план.
3. Эталонные цепи.

**Тема 5.** Активные и пассивные компоненты WDM.

Вопросы к теме.

1. Особенности применения активных и пассивных компонентов WDM.
2. Мультиплексоры и демультиплексоры. Мультиплексоры ввода/вывода. Оптические усилители. Трансиверы.
3. Транспондеры и мукспондеры.

**Тема 6.** Волоконно-оптические линейные тракты.

Вопросы к теме.

1. Особенности передачи сигналов электросвязи по оптическим линейным трактам, методы модуляции и демодуляции оптической несущей.
2. Структура цифровых волоконно-оптических линейных трактов.
3. Многоствольные линейные тракты с временным и спектральным разделением

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

СТВОЛОВ.

4. Принципы регенерации цифровых оптических сигналов. Расчет длины участка регенерации ВОСП.

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Лабораторная работа №1. Исследование методов уплотнения оптических сигналов.

Цели работы:

- освоить спектральное уплотнение в ВОСП,
- изучить схему WDM и порядок преобразования оптического сигнала элементами схемы. Освоить основные виды оптической модуляции.

Лабораторная работа №2. Расчет волоконно-оптических линейных трактов.

Цель работы. Освоить порядок расчета волоконно-оптических линейных трактов.

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

*Данный вид работы не предусмотрен УП.*

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

1. Основные понятия и определения. Принципы построения и структура ВОСП.
2. История развития мнговолновых ВОСП и устройств волнового уплотнения WDM. Мировой уровень развития оптической связи с использованием WDM.
3. Методы уплотнения информационных потоков - Метод временного уплотнения (TDM). Области использования. Перспективы
4. Методы уплотнения информационных потоков -.Модовое уплотнение (MDM). Области использования, перспективы
5. Методы уплотнения информационных потоков - Мнговолновое уплотнение оптических несущих (WDM). Области использования, перспективы
6. Стандарты ITU-T на применение технологий и оборудования. Международной электротехнической комиссия ИЕС для оборудования SDH SONET оптических цифровых систем передачи. Частотный план, стандартизованный ITU-T.
7. Общая структура и параметры оптических систем волнового уплотнения.
8. Общие принципы построения, описание и структура цифровых WDM систем. Общее описание и параметры DWDM. HDWDM систем.
9. Характеристики компонент систем волнового уплотнения . Передатчики -методы модуляции - внутренняя (токовая) и внешняя (интерферометры Маха-Цендера, электрооптическая).
10. Принципы интеграции передающих оптических модулей - (лазер, модулятор, полупроводниковый усилитель.,. (мультилазер, мультиплексор, усилитель).
11. Принципы построения коммутаторов для устройств оптической кросс-коммутации ОХС. Волновые разветвители.
12. Волоконно-оптические -оптические фильтры на основе дифракционных решеток. Типовые параметры
13. WDM Волоконно-оптические интерференционные фильтры - реализация для много-входовых селекторов на основе трехполосного делителя (непоглощающего интерференционного фильтра),
14. Оптические усилители для WDM систем - особенности построения и характеристик.
15. Усилители на примесном волокне Общие сведения об EDFA Классификация EDFA по способам применения
16. Принцип действия EDFA Технические параметры и характеристики EDFA Основные структурные схемы EDFA.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

17. Типовые характеристики EDFA Усиление волоконно-оптического усилителя. Усиление слабого сигнала Насыщенное усиление Зависимость усиления от поляризации Спектральный провал усиления.

18. Принцип действия оптических демультиплексоров на основе интерференционных фильтров Основные параметры и характеристики.

19. Оптические мультиплексоры с добавлением и отводом каналов. Конфигурация и характеристики волноводного многоканального оптического мультиплексора

20. Принципиальная схема и основные характеристики волноводной оптической системы спектрального мультиплексирования/демультиплексирования на основе матрицы сфазированных волноводов (фазар).

21. Особенности тестирования систем со спектральным уплотнением. Основные параметры сигналов и компонентов. Требования к измерительному оборудованию.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Форма обучения очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
Тема 1. Принципы построения и структура ВОСП	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам;	-	Текущий контроль (опрос)
Тема 2. Методы уплотнения сигналов в оптическом волокне	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам;	-	Текущий контроль (опрос)
Тема 3. Спектральное уплотнение. Схема WDM	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам;	-	Текущий контроль (опрос)
Тема 4. Технологии WDM и DWDM. Частотный план. Эталонные цепи	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам;	-	Опрос, защита результатов практических работ, контрольное тестирование
Тема 5. Активные и пассивные компоненты WDM	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам;	-	Текущий контроль (опрос)
Тема 6. Волоконно-оптические линейные тракты	чтение основной и дополнительной литературы, самостоятельное изучение материала по литературным источникам;	-	Опрос, защита результатов практических работ, контрольное тестирование

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная

1. Винокуров, В. М. Цифровые системы передачи : учебное пособие / В. М. Винокуров. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 160 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

- ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
17. 1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
18. 1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
19. 1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.
20. **2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2023].
- 21. 3. Базы данных периодических изданий:**
22. 3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный
23. 3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
24. **4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.
25. **5. Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.
26. **6. Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

*Иванов И.И.* / *УИТТ* | *Бурдakov P.P.* / *ФНО* | *[Подпись]* | *[Дата]*  
 Должность сотрудника УИТТ | ФИО | подпись | дата

27.

28.

## 29. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения практические занятия, семинарских занятий, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения семинарских занятий оборудованы мультимедийным оборудованием. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной ор-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

ганизации».

### **30. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

Разработчик

  
подпись

доцент кафедры ТТС

должность

Смолева В.П.

ФИО