

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и Положением «Об УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института
А.А. Саркисян
«21» июля 2023

Утвержден Ученым Советом ИФИ
протокол № 33

Инженерно-физический институт

Кафедра Телекоммуникаций

Автор(ы): канд. физ.-мат. наук, профессор Багдасарян О.В.
Ученое звание, ученая степень, Ф.И.О

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.08 Оптические системы и оптоволоконная связь

Код и название дисциплины согласно учебному плану

Для магистратуры:

**Направление: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии
и системы связи**

**Магистерская программа: 071301.00.7 «Беспроводные
коммуникации и сенсоры»**

ЕРЕВАН

Структура и содержание УМКД

1. Аннотация

1.1. В программе курса дисциплины «Оптические системы и оптоволоконная связь» изложены основные концепции оптической связи. С учетом полученных в бакалавриате знаний по основам реализации оптических линий связи и их основным элементам, в данном курсе последовательно рассматриваются три основные системы многопользовательского доступа: с временным, частотным и кодовым разделением каналов. Подробно рассматриваются способы реализации сетей связи разного уровня и требования к их совместимости.

1.2. Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с дисциплинами: электромагнитные поля и волны, оптические телекоммуникационные системы, общая теория связи, цифровая обработка сигналов, построение телекоммуникационных сетей и с последующими УМКД магистратуры.

1.3. Для прохождения дисциплины студент должен

- *знать* основы по курсам: математического анализа, аналитической геометрии, векторной алгебры и векторного анализа, дифференциальных уравнений, по общим курсам физики, по теории вероятностей и математической статистике, основам радиотехники, электромагнитным полям и волнам, по курсам цифровой обработки сигналов, общей теории связи и оптических телекоммуникационных систем

- *уметь* применять отмеченные знания при решении соответствующих задач

- *владеть* навыками интегрального, дифференциального, векторного и матричного исчислений.

1.4. Дисциплины, изучение которых является необходимой базой для освоения данной

дисциплины следующие - физика I, II, III, IV, математика I, II, III, IV, оптика,

электроника, электромагнитные поля и волн, основы теории оптической связи.

2. Содержание

2.1. *Цель дисциплины* - ознакомление студентов с принципами построения многоуровневых систем оптической связи, с особенностями сетей оптической связи, с системами многопользовательского доступа, а именно: временным разделением каналов, частотным разделением каналов и кодовым разделением каналов.

Задача - ознакомить студентов с принципами организации сетей оптической связи и ознакомить с существующими системами многопользовательского доступа.

2.2. После изучения дисциплины магистрант должен:

- **знать** что из себя представляет система волоконно–оптической связи, как построены сети оптической связи, принципы многоуровневых сетей связи, методы реализации различных систем многопользовательского доступа;
- **уметь** производить оценки области применимости систем волоконно–оптической связи и специфику работы сетей на разных уровнях в иерархии сетей;
- **владеть** навыками проектирования сетей связи, знать особенности различных систем многопользовательского доступа и производить обоснованный выбор метода уплотнения каналов связи.

2.3. Трудовоемкость дисциплины в академических часах – 108 часов, в кредитах - 3

2.3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	
1. Общая трудовоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.: 108	
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	34
1.1.1. Лекции	18
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	
1.1.2.1. Обсуждение прикладных проектов	
1.1.2.2. Кейсы	
1.1.2.3. Деловые игры, тренинги	
1.1.2.4. Контрольные работы	
1.1.2.5. Другое (указать)	
1.1.3. Семинары	16
1.1.4. Лабораторные работы	
1.1.5. Другие виды (указать)	
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	38
1.2.1. Подготовка к экзаменам	
1.2.2. Другие виды самостоятельной работы, в т.ч. (указать)	
1.2.2.1. Письменные домашние задания	
1.2.2.2. Курсовые работы	
1.2.2.3. Эссе и рефераты	
1.2.2.4. Другое (указать)	
1.3. Консультации	
1.4. Другие методы и формы занятий	
Итоговый контроль (экзамен, зачет, диф. зачет - указать)	экзамен (36)

2.3.1. Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Семинарские занятия (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)	Лабораторные работы (ак. часов)
1	2	3	4	5	6
Введение	1	1	-	-	-
Раздел 1. Классификация современных систем связи.	1	1	-	-	-
Тема 1.1. Типы проводных и беспроводных систем связи	1	1	-	-	-
Раздел 2. Архитектуры систем связи.	8	6	2	-	-
Тема 2.1 Двухточечные соединения, многоточечные соединения, сети связи		2	-	-	-
Тема 2.2. Топологии сетей связи, многоуровневые сети связи		2	-	-	-
Тема 2.3. Особенности систем оптической связи, преимущества, недостатки, области применения, перспективы		2	-	-	-
Раздел 3. Принципы временного мультиплексирования в оптических системах связи	8	6	2	-	-
Тема 3.1 Основы импульсно-кодовой модуляции, теорема Котельникова.		2	-	-	-
Тема 3.2 Принципы плезисинхронной цифровой иерархии (PDH), анализ недостатков.		2	-	-	-
Тема 3.3 . Синхронная цифровая иерархия (SDH), основные принципы, преимущества, недостатки.		2	-	-	-
Раздел 4. Принципы частотного мультиплексирования в оптических системах связи	12	8	4	-	-
Тема 4.1. Структуры оптических коммуникационных систем с частотным мультиплексированием.		2	-	-	-
Тема 4.2. Схемы и элементы реализации частотного мультиплексирования. Оптические фильтры пропускательного и отражательного типа, оптические циркуляторы.		2	-	-	-
Тема 4.3. Современные устройства ввода-вывода отдельных частотных каналов в системах с частотным разделением каналов		2	-	-	-
Тема 4.4. Узкополосные источники излучения используемые в волоконно – оптических системах связи с частотным разделением каналов: а) Узкополосные лазеры бокового излучения б) Узкополосные лазеры вертикального излучения (VCSELS)		2	-	-	-
Раздел 5. Типы переключателей и модуляторов, используемые в современных системах волоконно –оптической связи	5	3	2	-	-
Тема 5.1. Типы переключателей каналов связи в системах ВОС.		2	-	-	-
Тема 5.2. Электрооптические модуляторы используемые в современных системах ВОС.		2	-	-	-
Раздел 6. Узкополосные и широкополосные оптические усилители, используемые в современных системах ВОС.	8	4	4	-	-
Тема 6.1. Широкополосные волоконно –оптические усилители на основе волокна, допированного эрбием (EDFA)		2	-	-	-
Тема 6.2. Узкополосные оптические усилители на основе полупроводникового p-n перехода (SOA).		2	-	-	-
Раздел 7. Принципы кодового разделения каналов в системах оптической связи.	8	4	4	-	-
Тема 7.1. Система кодового разделения каналов во временной области.		2	-	-	-
Тема 7.2. Система кодового разделения каналов в частотной области и комбинированная частотно – импульсная система кодового разделения каналов.		2	-	-	-

ИТОГО	52	34	18	-	
-------	----	----	----	---	--

2.3.3 Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Классификация современных систем связи.

Тема 1.1. Типы проводных и беспроводных систем связи

Краткий обзор по существующим системам связи. Особенности проводных и беспроводных систем связи, их назначения и цели [1,2,4,6].

Раздел 2. Архитектуры систем связи

Тема 2.1. Двухточечные соединения, многоточечные соединения, сети связи

Элементарные типы соединений, различные типы востребованных соединений, задачи требующие создание сетей связи [1-4,6,7,15].

Тема 2.2. Топологии сетей связи, многоуровневые сети связи

Обзор по существующим топологиям связи, обоснование необходимости создания сетей различных уровней. Задачи решаемые сетями связи [1-4,6,18].

Тема 2.3. Особенности систем оптической связи, преимущества, недостатки, области применения, перспективы

Основные преимущества систем оптической связи, ограничения в системах оптической связи, возможные области применения и перспективы [1-4, 6,18].

Раздел 3. Принципы временного мультиплексирования в оптических системах связи

Тема 3.1. Основы импульсно-кодовой модуляции, теорема Котельникова.

Особенности аналоговых сигналов, основы техники цифровых сигналов, преимущества цифровой передачи сигналов, принципы оцифровывания аналоговых сигналов [4,6,7].

Тема 3.2. Принципы плезисинхронной цифровой иерархии (PDH), анализ недостатков.

Основы построения системы многопользовательского доступа на принципе временного разделения каналов. Разноуровневые системы связи, недостатки плезисинхронной цифровой иерархии [5,6,7,15,18].

Тема 3.3. Синхронная цифровая иерархия (SDH), основные принципы, преимущества, недостатки.

Основы теории синхронной цифровой связи, ее возможности и ограничения. Области применения и возможности ее усовершенствования [4,6,7,15,17,18].

Раздел 4. Принципы частотного мультиплексирования в оптических системах связи.

Тема 4.1. Структуры оптических коммуникационных систем с частотным мультиплексированием.

Возможности реализации частотного разделения каналов в системах оптической связи.. Построение систем с частотным разделением каналов [1-6,9,11,15-18].

Тема 4.2. Схемы и элементы реализации частотного мультиплексирования.

Оптические фильтры пропускательного и отражательного типа, оптические циркуляторы [1-6, 9,11,14-18].

Тема 4.3. Современные устройства ввода-вывода отдельных частотных каналов в системах с частотным разделением каналов [1-6,9,11,14-18].

Тема 4.4. Узкополосные источники излучения используемые в волоконно – оптических системах связи с частотным разделением каналов:

а) Узкополосные лазеры бокового излучения [1-6,9,11,15-18].

б) Узкополосные лазеры вертикального излучения (VCSELS) [1-6,9,11,15-18].

Раздел 5. Типы переключателей и модуляторов, используемые в современных системах волоконно –оптической связи.

Тема 5.1. Типы переключателей каналов связи в системах ВОС [1-6,9,11,15-18].

Тема 5.2. Электрооптические модуляторы используемые в современных системах ВОС [1-6,9,11,15-18].

Раздел 6. Узкополосные и широкополосные оптические усилители, используемые в современных системах ВОС.

Тема 6.1. Широкополосные волоконно –оптические усилители на основе волокна, допированного эрбием (EDFA) [1-6,12,15-18].

Тема 6.2. узкополосные оптические усилители на основе полупроводникового р-п перехода (SOA) [1-6,8,9,13,15-18].

Раздел 7. Принципы кодового разделения каналов в системах оптической связи.

Тема 7.1. Система кодового разделения каналов во временной области [10,18].

Тема 7.2. Система кодового разделения каналов в частотной области и комбинированная частотно – импульсная система кодового разделения каналов [10,18].

2.3.2. Краткое содержание семинарских занятий - 4 часа

Семинарские занятия по следующим разделам:

- Принципы временного мультиплексирования в оптических системах связи
- Принципы частотного мультиплексирования в оптических системах связи
- Типы переключателей и модуляторов, используемые в современных системах волоконно – оптической связи.
- Широкополосные волоконно –оптические усилители на основе волокна
- Принципы кодового разделения каналов в системах оптической связи.

2.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника
- Проектор
- Слайдоскоп

2.5. Распределение весов по модуля и формам контроля

Формы контролей	Веса форм текущих контролей в результирующих оценках текущих контролей			Веса форм промежуточных контролей в оценках промежуточных контролей			Веса оценок промежуточных контролей и результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей			Веса итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточных контролей	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1 ¹	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Вид учебной работы/контроля											
Контрольная работа											
Тест											
Курсовая работа											
Лабораторные работы											
Письменные домашние задания											
Семинары		1	1								
Эссе											
<i>Другие формы (Указать)</i>											
<i>Другие формы (Указать)</i>											
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								1	1		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей											
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей											
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей										0.5	
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей										0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля											0.4
Экзамен/зачет (оценка итогового контроля)											Зачет 0.6
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

¹ Учебный Модуль

3. Теоретический блок

1. Р.Фриман, “Волоконно-оптические системы связи”, пер. с англ. Под редакц. Н.Н. Слепова, Техносфера, Москва, 2003.
 2. Д.Дж. Стерлинг, “Техническое руководство по волоконной оптике”, Изд. “Лори”, Москва, 1998.
 3. А.Б. Иванов, “Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения”, М.: “Компания Сайрус Системс”, 1999.
 4. Р.Р. Убайдулаев, “Волоконно-оптические сети”, М.: Эко-Трендз, 2001 г.
 5. Д. Бейли, Э. Райт, “Волоконная оптика, теория и практика”, Москва, Кудиц-Образ, 2006.
 6. Слепов Н.Н., “Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи”, – М. Радио и связь, 2000.
 7. Беллами Дж., “Цифровая телефония”, - М.: Эко-Трендз, 2004.
 8. J. Hecht, “Understanding Fiber Optics” (3rd ed.), 1999.
 9. K. Thyagarajan, A. Gharak, “Fiber optics essentials”, IEEE Press, J. Wiley&Sons, Inc. 2007.
 10. H. Yin, D.J. Richardson, Optical code division multiple access, Communication networks, Theory and Applications, Tsinghua University Press, Beijing and Springer-Verlag, Berlin, 2007.
 11. B. Chomycz, Planning Fiber Optic Networks, McGraw-Hill Companies, 2009.
 12. P.C. Becker, N.A. Olsson, J.R. Simpson, Erbium-Doped Fiber Amplifiers, Lucent Technologies, 1999
 13. M. J. Connelly, Semiconductor optical amplifiers, Kluwer Academic Publishers, 2004.
 14. Wavelength Filters in Fibre Optics/ Ed. H. Venghaus, Springer-Verlag, 2009
 15. J.M. Senior, “Optical Fiber Communications, Principles and Practice”, Second Edition, Prentice Hall, 1992.
 16. H. J.R. Dutton, “Understanding Optical Communications”, IBM Corporation, 1998.
 17. G.P. Agrawal, “Fiber-Optic Communication Systems”, Third Edition, Wiley&Sons, Inc. 2002.
 18. R. Ramaswami, K.N. Sivarajan, “Optical Networks, A Practical Perspective”, Second edition, Academic Press, USA, 2002.
-
-

4. Перечень вопросов итогового контроля

1. Существующие системы связи, проводные и беспроводные.
2. Волоконно-оптические линии связи: преимущества, области применения.
3. Блок-схема одноканальной волоконно-оптической системы связи.
4. Рабочие длины волн волоконно-оптической связи.
5. Типы цепей связи, используемые топологии.
6. Особенности многоуровневых сетей связи.

7. Основы импульсно-кодовой модуляции, условие Котельникова.
8. Принцип временного разделения каналов связи.
9. Плезисинхронная цифровая иерархия (PDH) и ее недостатки.
10. Основы синхронной цифровой иерархии (SDH) и ее преимущества.
11. Частотное. Структура волоконно-оптической системы связи с частотным разделением каналов связи, принцип работы и элементная база.
12. Оптические разветвители. Волновые мультиплексоры и демультиплексоры.
13. Оптические фильтры, используемые в волоконно-оптических системах связи с частотным разделением каналов связи.
14. Фильтры пропускательного и отражательного типа. Интерферометр Фабри-Перо как фильтр пропускательного типа.
15. Интерферометр Фабри-Перо как фильтр пропускательного типа. Принцип работы и характеристики.
16. Волоконно-оптическая решетка Брэгга как фильтр отражательного типа.
17. Конструкции узкополосных лазеров бокового излучения.
18. Конструкции узкополосных лазеров вертикального излучения.
19. Конструкции переключателей в системах волоконно-оптической связи.
20. Электро-оптические модуляторы в современных системах волоконно-оптической связи.
21. Методы усиления оптических сигналов в волоконно-оптических системах связи
22. Типы оптических усилителей: волоконные и полупроводниковые оптические усилители.
23. Преимущества полностью оптических усилителей перед электро-оптическими регенераторами.
24. Принцип работы широкополосного эрбиевого волоконно-оптического усилителя (EDFA).
25. Принцип работы полупроводникового оптического усилителя (SOA).
26. Основы кодового разделения каналов во временной области.
27. Основы кодового разделения каналов в частотной области и комбинированная частотно-импульсная.