

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)



Утверждаю
Директор УрТИСИ СибГУТИ
Е.А. Минина
2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **«Активные оптические компоненты»**
для основной профессиональной образовательной программы по направлению
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
направленность (профиль) – Технологии и системы оптической связи
квалификация – бакалавр
форма обучения – очная
год начала подготовки (по учебному плану) – 2021

Екатеринбург 2021

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

Утверждаю
Директор УрТИСИ СибГУТИ
_____ Е.А. Минина
« _____ » _____ 2021 г.

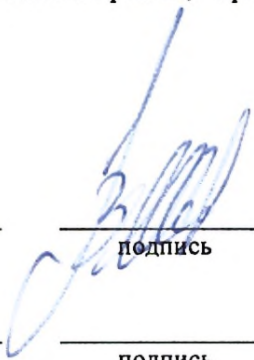
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «**Активные оптические компоненты**»
для основной профессиональной образовательной программы по направлению
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
направленность (профиль) – Технологии и системы оптической связи
квалификация – бакалавр
форма обучения – очная
год начала подготовки (по учебному плану) – 2021


Екатеринбург 2021


Рабочая программа дисциплины «Активные оптические компоненты» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и Положением об организации и осуществления в СибГУТИ образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.


Программу составил:

старший преподаватель		/ И.И. Шестаков
должность	подпись	инициалы, фамилия
/	/	/
должность	подпись	инициалы, фамилия

Утверждена на заседании кафедры МЭС от 31.05.2021 протокол № 13

Заведующий кафедрой (разработчика)		/ Е.И. Гниломёдов/
31.05.2021	подпись	инициалы, фамилия
г.		

Заведующий кафедрой (выпускающей)		/ Е.И. Гниломёдов/
31.05.2021	подпись	инициалы, фамилия
г.		

Согласовано Ответственный по ОПОП (руководитель ОПОП)		/ Е.И. Гниломёдов/
31.05.2021	подпись	инициалы, фамилия
г.		

Основная и дополнительная литература, указанная в рабочей программе, имеется в наличии в библиотеке института и ЭБС.

Зав. библиотекой		/ С.Г. Торбенко
	подпись	инициалы, фамилия

Рабочая программа дисциплины «Активные оптические компоненты» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и Положением об организации и осуществления в СибГУТИ образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.

Программу составил:

<u>старший преподаватель</u> должность	_____	<u>/ И.И. Шестаков</u> инициалы, фамилия
/	_____	/
_____	подпись	_____
должность		инициалы, фамилия

Утверждена на заседании кафедры МЭС от 31.05.2021 протокол № 13

Заведующий кафедрой (разработчика)	_____	<u>/ Е.И. Гниломёдов/</u> инициалы, фамилия
<u>31.05.2021</u> г.	подпись	

Заведующий кафедрой (выпускающей)	_____	<u>/ Е.И. Гниломёдов/</u> инициалы, фамилия
<u>31.05.2021</u> г.	подпись	

Согласовано Ответственный по ОПОП (руководитель ОПОП)	_____	<u>/ Е.И. Гниломёдов/</u> инициалы, фамилия
<u>31.05.2021</u> г.	подпись	

Основная и дополнительная литература, указанная в рабочей программе, имеется в наличии в библиотеке института и ЭБС.

Зав. библиотекой	_____	<u>/ С.Г. Горбенко</u> инициалы, фамилия
	подпись	

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана. Шифр дисциплины в учебном плане – *Б1.В.16*.

<i>ПК-1 Способен к эксплуатации и развитию сетевых платформ, систем и сетей передачи данных</i>	
Предшествующие дисциплины и практики	<i>Основы теории цепей, Основы теории электромагнитных полей и волн, Введение в операционную систему Unix, Пакеты прикладных программ, Языки программирования, Элементная база телекоммуникационных систем, Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей, Теория связи, Физические основы квантовой оптики, Схемотехника телекоммуникационных устройств, Вычислительная техника и информационные технологии, Микропроцессорная техника в системах связи, Перспективные технологии в отрасли инфокоммуникаций, Сети связи и системы коммутации, Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства,</i>
Дисциплины и практики, изучаемые одновременно с данной дисциплиной	<i>Основы нелинейной оптики, Электропитание устройств и систем телекоммуникаций, Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных, Измерения в оптических сетях, Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах, Технологическая практика</i>
Последующие дисциплины и практики	<i>Протоколы и интерфейсы телекоммуникационных систем, Транспортные сети и системы с волновым мультиплексированием, Техническая эксплуатация оптических систем передачи, Управление сетями связи, Оптические мультисервисные сети, Экономика отрасли инфокоммуникаций, Государственная итоговая аттестация</i>

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать освоение следующих компетенций по дескрипторам «знания, умения, владения», соответствующие тематическим разделам дисциплины, и применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

ПК-1 Способен к эксплуатации и развитию сетевых платформ, систем и сетей передачи данных:

знать:

- общие технические требования к оптическим усилителям;
- физические принципы усиления оптического сигнала;
- принцип действия, основные параметры и характеристики различных оптических усилителей;
- перспективные направления развития аппаратуры оптических усилителей.

уметь:

- рассчитывать характеристики оптических усилителей;
- производить измерения характеристик оптических усилителей при различных схемах их включения в линейный тракт;
- работать с технической документацией;
- рассчитывать диаграммы уровней длиннопролетных ВОЛС;

владеть:

- навыками пользования измерительными приборами,
- навыками проектирования протяженных волоконно-оптических систем передачи с периодическим усилением;
- навыками построения диаграммы уровней оптического сигнала длиннопролетных ВОЛС;
- навыками расчета диаграммы уровней оптического сигнала длиннопролетных ВОЛС.
-

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ**3.1 Очная форма обучения**

Общая трудоемкость дисциплины, изучаемой в 3 курсе, составляет 2 зачетных единицы. По дисциплине предусмотрен *зачет*.

Виды учебной работы	Всего часов/зачетных единиц	Курс 3	
		5 сем.	6 сем.
Аудиторная работа (всего)	84/2,44		36
<i>В том числе в интерактивной форме</i>	<i>12/0,33</i>		<i>12</i>
Лекции (ЛК)	16/0,44		16
Лабораторные работы (ЛР)	8/0,22		8
Практические занятия (ПЗ)	12/0,33		12
Самостоятельная работа студентов (всего)	27/0,75		27
Проработка лекций	6/0,16		6
Подготовка к практическим занятиям и оформление отчетов	6/0,16		12
Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов	8/0,22		8
Выполнение курсового проекта			-
Подготовка к зачету	7/0,19		7
Контроль	9/0,25		9
Общая трудоемкость дисциплины, часов	72/2		108

Одна зачетная единица (ЗЕ) эквивалентна 36 часам.

** Оставить нужное

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

4.1 Содержание лекционных занятий

№ раздела дисциплины	Наименование лекционных тем (разделов) дисциплины и их содержание	Объем в часах		
		О	З	Зд
1	Физические основы оптического усиления Спонтанные и вынужденные переходы. Соотношения между коэффициентами Эйнштейна. Релаксационные переходы. Использование вынужденных переходов для усиления электромагнитного поля. Классификация оптических усилителей по месту размещения в волоконно-оптическом линейном тракте, по виду используемых активных сред, по уровню оптической мощности на выходе и по числу оптических каналов в том или ином спектральном диапазоне работы.	2		
2	Полупроводниковые оптические усилители Подпороговые и надпороговые полупроводниковые оптические усилители. Принцип действия и особенности применения полупроводниковых оптических усилителей. Основные характеристики полупроводниковых оптических усилителей: коэффициент усиления, уровень шума, динамический диапазон и неравномерность амплитудно-волновой характеристики (АВХ). Неравномерность АВХ при усилении импульсных сигналов с помощью полупроводниковых оптических усилителей. Использование в компенсаторах дисперсии, оптических коммутаторах, в устройствах электроники (чип - модули).	4		
3	Волоконно-оптические усилители с применением редкоземельных элементов Структура легированного оптического волокна. Структурная схема примесного волоконно-оптического усилителя. Усилители для окон 850, 1310 и 1550 нм. Достоинства и недостатки эрбиевых волоконно-оптических усилителей. Зависимость свойств эрбиевого волокна от рабочей длины накачки. Схемы однонаправленной, обратно направленной, двунаправленной накачки и совмещенной накачки. Зависимость усиления от мощности накачки при различных уровнях входного сигнала, мощность насыщения, коэффициент усиления, мощность усиленного спонтанного излучения, шум-фактор. Расчет числа каскадов линейных эрбиевых усилителей. Оптическое отношение сигнал/шум. Перекрестные межканальные помехи. Усилители с распределенным усилением. Методы коррекции АВХ эрбиевых усилителей. Способы динамического изменения усиления в сетях с большим числом усилителей: регулировка лазером накачки, регулировка звена усилителей, регулировка с использованием оптической обратной связи.	4		
4	Волоконно-оптические усилители Рамана Эффекты нелинейного преломления и нелинейные эффекты вынужденного неупругого рассеивания световой волны в волокне. Вынужденное рассеивание Бриллюэна. Вынужденное рамановское рассеивание или вынужденное комбинационное рассеивание (ВКР). Основные особенности стимулированного рассеяния Рамана. Пороговая мощность. Схема усилителя Рамана. Схемы и режимы работы оптической накачки. Коэффициент рамановского усиления. АВХ ВКР - усилителя. Коэффициент шума. Особенности использования оптических усилителей Рамана в ВОСП xWDM. Перспективы расширения полосы усиления ВКР - усилителей и	4		

	увеличения длины регенерационного участка ВОСП.			
5	Волоконно-оптические усилители Бриллюэна Отличительные особенности рассеяния Бриллюэна от рассеяния Рамана. Пороговая мощность вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ). Режим насыщения усиления истощения накачки. Увеличение длины линии связи за счет применения ВРМБ - усилителя. Использование ВРМБ - усилителей в когерентном приемнике и в качестве перестраиваемого узкополосного оптического фильтра. Параметрические усилители и их основные свойства. Сравнение параметров нелинейных оптических усилителей.	1,5		
6	Схемы и основные особенности применения промышленных оптических усилителей Типы гибридных волоконных усилителей. Схемы и параметры промышленных оптических усилителей. Разработка сверхширокополосных оптических усилителей.	0,5		
ВСЕГО		16	-	-

4.2 Содержание практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Объем в часах		
			О	З	ЗД
1	3	Расчет диаграммы уровней оптического сигнала длиннопролетной ВОЛС	4	-	-
2	3	Расчет OSNR длиннопролетной ВОЛС	4	-	-
3	4	Расчет параметров ROA	4	-	-
ВСЕГО			12	-	-

4.3 Содержание лабораторных занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем в часах		
			О	З	ЗД
1	3	Исследование характеристик оптических усилителей EDFA	4	-	-
2	3	Исследование EDFA усилителей в системах DWDM	2	-	-
	3	Исследование EDFA усилителей в длиннопролетных ВОЛС	2		
ВСЕГО			8	-	-

4.4 Курсовой проект

Учебным планом не предусмотрено.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ИННОВАЦИОННЫХ ФОРМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ¹

Преподавание дисциплины базируется на результатах научных исследований, проводимых УрТИСИ СибГУТИ, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей.

№ п/п	Тема	Объем в часах*	Вид учебных	Используемые инновационные
-------	------	----------------	-------------	----------------------------

¹ Учеть развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей).

		О	З	занятий	формы занятий
1	Волоконно-оптические усилители с применением редкоземельных элементов	4	-	лекция	Интерактивная лекция
2	Волоконно-оптические усилители Рамана	4	-	лекция	Интерактивная лекция
3	Исследование характеристик оптических усилителей EDFA	4	-	лабораторная работа	Лабораторная работа «мозговой штурм»
ВСЕГО		12	-		

* Не меньше интерактивных часов

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Список основной литературы

1. Цуканов В.Н. Волоконно-оптическая техника [Электронный ресурс]: практическое руководство/ Цуканов В.Н., Яковлев М.Я.— Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2015.— 304 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23310>.

6.2 Список дополнительной литературы

1. Довольнов Е.А. Кузнецов В.В., Миргород В.Г., Шарангович С.Н. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи. — Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012 г. — 156 с. — Электронное издание. — УМО.

2. Куц Г.Г. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Куц Г.Г., Соколова Ж.М., Шангина Л.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 414 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14020>.

3. Шандаров С.М. , Башкиров А.И. Введение в квантовую и оптическую электронику. — Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012 г. — 98 с. — Электронное издание.

4. Скляр О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебное пособие [для вузов] / О. К. Скляр. - Изд. 2-е, стереотип.- СПб. : Лань, 2010

5. Фокин, В. Г. Оптические системы передачи и транспортные сети : учеб. пособие для вузов / - М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2008

6.3 Информационное обеспечение (в т.ч. интернет- ресурсы).

1. Полнотекстовая база данных учебных и методических пособий СибГУТИ. http://ellib.sibsutis.ru/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe?Z21ID=GUEST&C21COM=F&I21DBN=AUTHOR&P21DBN=IRBIS&Z21FLAGID=1. Доступ по логину-пароллю.

2. Научная электронная библиотека (НЭБ) elibrary <http://www.elibrary.ru> ООО «Научная Электронная библиотека» г. Москва. Лицензионное соглашение №6527 от 27.09.2010 свободный доступ (необходимо пройти регистрацию).

3. Электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>. Свободный доступ.

4 Сектор стандартизации электросвязи (МСЭ-Т), <http://www.itu.int/rec/T-REC-G>. Свободный доступ.

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ТРЕБУЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Наименование аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лекционная аудитория №101 УК№3	Лекционные занятия	Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) используется лекционная аудитория №101 УК№3 для проведения лекционных занятий на 25 посадочных мест, оснащённая проекционным оборудованием и персональным компьютером, работающим под управлением операционной системы Windows 7, офисной мебелью, доской магнитно-маркерной
Лаборатория №203, №312 УК№3	Лабораторная работа	Для проведения лабораторных работ используется лаборатория №203 и №312 оснащённая 9 и 14 рабочими местами, персональными компьютерами, работающим под управлением операционной системы Windows XP и Windows 7, лабораторным оборудованием, офисной мебелью, доской магнитно-маркерной.
Аудитория №203 УК№3	Практические занятия	Для проведения практических занятий используется аудитория №203 оснащённая 20 посадочными местами, доской магнитно-маркерной.
По лаборатория для самостоятельной работы студентов №310 УК№3	Самостоятельная работа	Для самостоятельной работы студентов используется лаборатория для самостоятельной работы студентов №310 УК№3, оснащённая офисной мебелью, рабочими местами с персональными компьютерами, работающими под управлением операционной системы Windows 7, 10 – рабочими местами, 14 – посадочными местами, принтером Samsung ML-2241; аудитория используется для проведения самостоятельной работы студентов кафедры многоканальной электрической связи. Имеется предоставление удалённого доступа к единой научной образовательной электронной среде.

8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ²

8.1 Подготовка к лекционным, практическим и лабораторным занятиям

8.1.1 Подготовка к лекциям

На лекциях необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание научных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

Конспектирование лекций – сложный вид аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Целесообразно сначала понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно оставлять поля, на которых при

² Целью методических указаний является обеспечение обучающимся оптимальной организации процесса изучения дисциплины.

самостоятельной работе с конспектом можно сделать дополнительные записи и отметить непонятные вопросы.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты в соответствии с вопросами плана лекции, предложенными преподавателем. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале.

Во время лекции можно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью освоения теоретических положений, разрешения спорных вопросов.

8.1.2 Подготовка к лабораторным работам

Подготовку к лабораторной работе необходимо начать с ознакомления плана и подбора рекомендуемой литературы.

Целью лабораторных работ является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков.

В рамках этих занятий студенты осваивают конкретные методы изучения дисциплины, обучаются экспериментальным способам анализа, умению работать с приборами и современным оборудованием. Лабораторные занятия дают наглядное представление об изучаемых явлениях и процессах, студенты осваивают постановку и ведение эксперимента, учатся умению наблюдать, оценивать полученные результаты, делать выводы и обобщения.

8.1.3 Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к практическим занятиям следует начинать с ознакомления плана практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучении основной и дополнительной литературы. Новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

8.2 Самостоятельная работа студентов

Успешное освоение компетенций, формируемых данной учебной дисциплиной, предполагает оптимальное использование времени самостоятельной работы.

Подготовка к лекционным занятиям включает выполнение всех видов заданий, рекомендованных к каждой лекции, т. е. задания выполняются еще до лекционного занятия по соответствующей теме. Целесообразно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Все задания к практическим занятиям, а также задания, вынесенные на самостоятельную работу, рекомендуется выполнять непосредственно после соответствующей темы лекционного курса, что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях, систематизировать ранее пройденный материал, на его основе приступить к получению новых знаний и овладению навыками.

Самостоятельная работа во внеаудиторное время состоит из:

- повторение лекционного материала;
- подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам;
- изучения учебно-методической и научной литературы;
- изучения нормативно-правовых актов;
- решения задач, выданных на практических занятиях;
- подготовки к контрольным работам, тестированию и т. д.;
- подготовки рефератов по заданию преподавателя;
- проведение самоконтроля путем ответов на вопросы текущего контроля знаний, решения представленных в учебно-методических материалах дисциплины задач, тестов, написания рефератов и эссе по отдельным вопросам изучаемой темы.

8.3 Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к промежуточной аттестации необходимо:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

- внимательно прочитать рекомендуемую литературу;

- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

Освоение дисциплины предусматривает посещение лекционных занятий, выполнение и защиту лабораторных, практических работ, самостоятельной работы.

Текущий контроль достижения результатов обучения по дисциплине включает следующие процедуры:

- контрольные работы для полусеместровой аттестации;

- решение индивидуальных задач на практических занятиях;

- контроль самостоятельной работы, осуществляемый на каждом лабораторном, практическом занятии;

- защита лабораторных работ.

Промежуточный контроль достижения результатов обучения по дисциплине проводится в следующих формах:

- зачет.

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации используются оценочные средства, описание которых представлено в Приложении 1 и на сайте (<http://www.aup.uisi.ru>).