

Федеральное агентство связи  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
Самарский Региональный Телекоммуникационный Тренинг Центр

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор СРТТЦ, д.т.н., профессор

В.А. Андреев

(подпись)

(инициалы, фамилия)

М.П.

« 10 » января 2019 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Оптические транспортные сети**

*(наименование дисциплины, модуля)*

программы профессиональной переподготовки  
*(вид программы (повышение квалификации, профессиональная переподготовка))*

**Инженер связи (телекоммуникаций), 614 часов**

*(наименование программы)*

Самара 2019 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Оптические транспортные сети» / сост. М.В. Дашков – Самара: СРТТЦ ПГУТИ, 2019.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины (модуля) «Оптические транспортные сети» слушателям СРТТЦ ПГУТИ, обучающимся по программе профессиональной переподготовки «Инженер связи (телекоммуникаций)», 614 часов.

Составитель  к.т.н., доцент каф. ЛС и ИТС, М.В. Дашков  
(подпись)



## 1 Планируемые результаты обучения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются изучение принципов построения оптических транспортных сетей.

Задачами дисциплины являются изучение вопросов, посвященных: сравнительному анализу технологий увеличения пропускной способности волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП); факторам искажения оптического сигнала в оптическом тракте; технологии спектрального разделения оптических каналов; основным элементами транспортных сетей и их параметрам; методам компенсации хроматической и поляризационной модовой дисперсии; сравнительному анализу форматов модуляции для высокоскоростных систем передачи 10/40/100 G; принципам работы оптических усилителей и особенностям их использования на ВОЛП; расчету параметров оптического тракта и оценке качества передачи.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты обучения (перечень компонентов)
<b>Профессиональные компетенции (ПК)</b>		
ПК-3	Способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	<p><b>Знать:</b> перспективы технического развития отрасли связи и телекоммуникаций и архитектуру различных геоинформационных систем, принципы системного подхода в проектировании систем связи, современные технические решения создания систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, новейшее оборудование и программное обеспечение.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать показатели текущего состояния транспортной сети, разрабатывать концептуальные документы по созданию и развитию систем связи, использовать современные информационно-коммуникационные технологии, специализированное программное обеспечение для проектирования и проведения расчетов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками сбора исходных данных, необходимых для разработки проекта связи, определения задач, решаемых с его помощью и ожидаемых результатов его использования, требований к объекту и его функциональной структуры, конфигурации, топологии; обоснованного выбора информационных технологий, технических решений и программного обеспечения; подготовки схемы организации связи, схемы управления и мониторинга, плана размещения оборудования и других необходимых документов.</p>
ПК-7	Способен осуществлять монтаж, настройку, регулировку, испытание и тестирование оборудования связи (телекоммуникаций), линейно-кабельных сооружений	<p><b>Знать:</b> принципы работы, состав и основные характеристики монтируемого оборудования, действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования, каналов и трактов, технологии монтажа и настройки оборудования связи (телекоммуникаций) и линейно-кабельных сооружений, методики проведения контроля проектных параметров и режимов работы оборудования и применения измерительного и тестового оборудования.</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться проектной и технической документацией на монтаж оборудования связи, выполнять работы</p>

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты обучения (перечень компонентов)
		<p>по монтажу аппаратуры связи различного назначения с использованием приспособлений для обеспечения безопасного выполнения работ, выбирать и использовать тестовое и измерительное оборудование, анализировать полученные результаты.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками проведения входного контроля оборудования и монтажа технологического оборудования, линейных сооружений, выполнения настройки, регулировки и тестирования оборудования.</p>
ПК-8	Способен осуществлять эксплуатацию оборудования связи (телекоммуникаций), линейно-кабельных сооружений	<p><b>Знать:</b> технические характеристики и схемы обслуживаемого оборудования, действующая нормативно-техническая документация, включающая алгоритмы технического обслуживания и инструкции по эксплуатации, методики проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи, методики проведения мониторинга и диагностики состояния оборудования средства измерений, используемые для контроля качества работы оборудования, трактов и каналов передачи.</p> <p><b>Уметь:</b> осуществлять проверку качества работы оборудования и средств связи, выбирать измерительные приборы и владеть навыками инструментальных измерений, используемых в области связи, анализировать результаты мониторинга и устанавливать соответствие параметров работы оборудования действующим отраслевым нормативам, определять места повреждений и выбирать методы восстановления работоспособности оборудования.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками проведения мониторинга работоспособности закрепленного оборудования связи (телекоммуникаций) с помощью соответствующего программного обеспечения, подготовка необходимых материалов, инструментов и приспособлений, измерительных приборов и схем, осуществлять поиск мест повреждения оборудования, выбора методов восстановления его работоспособности, контроля качества выполненных ремонтных работ.</p>

## 2 Учебно-тематический план освоения дисциплины (модуля)

### 2.1 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма контроля
1	Современное состояние и основные тенденции волоконно-оптической сети связи	Современное состояние сетей связи. Причины роста трафика. Тенденция развития оптических транспортных сетей. Совершенствование когерентных систем связи. Многоуровневые форматы модуляции. Увеличение символической скорости. Суперканалы и спектральная инженерия. Тенденции развития оптических систем дальней связи. Использование фотонных интегральных схем. Программно-перестраиваемые сети. Совершенствование методов обработки сигналов в когерентных	Итоговый тест по дисциплине (модулю)

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма контроля
		системах связи. Совершенствование методов усиления и регенерации оптических сигналов . Новая инфраструктура волоконно-оптических сетей связи	
2	Методы увеличения пропускной способности ВОЛП	Общие положения. Временное мультиплексирование в электрическом и оптическом диапазоне ETDM и OTDM. Технологии спектрального разделения оптических каналов (xWDM). Перспективные методы увеличения пропускной способности.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
3	Оптические волокна для современных сетей связи	Классификация одномодовых оптических волокон, рекомендации МСЭ-Т. Спектральная зависимость коэффициента затухания ОВ. Хроматическая дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
4	Технология спектрального уплотнения оптических каналов. Основные компоненты	Принцип спектрального разделения оптических каналов. Структурная схема ВОЛП с аппаратурой спектрального уплотнения. Основные компоненты оптического тракта. Контрольные точки и контролируемые параметры. Транспондер.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
5	Технология спектрального уплотнения оптических каналов. Оптические мультиплексоры	Терминальные оптические мультиплексоры. Оптические мультиплексоры ввода/вывода.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
6	Форматы модуляции оптического сигнала для высокоскоростных ВОЛП	Классификация форматов модуляции оптического сигнала. Фазовые форматы модуляции для систем 40/100 G. Сравнительная характеристика различных форматов модуляции.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
7	Методы компенсации хроматической дисперсии на ВОЛП	Классификация методов компенсации хроматической дисперсии. Оптические методы компенсации хроматической дисперсии. Модули на основе волокна компенсации дисперсии. Компенсаторы хроматической дисперсии на основе волоконных брэгговских решеток. Компенсаторы хроматической дисперсии на основе оптических интерферометров и фильтров. Перестраиваемые компенсаторы дисперсии на основе брэгговских решеток. Электронные методы компенсации дисперсии.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
8	Оптические усилители на ВОЛП	Классификация оптических усилителей. Принцип работы оптического усилителя на основе волокна, легированного эрбием. Принцип работы оптического усилителя на основе вынужденного комбинационного рассеяния – рамановские усилители. Принцип работы полупроводниковых оптических усилителей. Типовые характеристики.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
9	Расчет параметров оптического тракта ВОЛП с СРК	Расчет суммарного затухания элементарного кабельного участка для ВОЛП с аппаратурой спектрального уплотнения. Ограничение длины регенерационного участка высокоскоростных ВОЛП из-за хроматической дисперсии. Ограничение протяженности регенерационного участка из-за ПМД. Расчет суммарной накопленной ПМД на регенерационном участке ВОЛП. Расчет оптического отношения сигнал-шум на регенерационном участке ВОЛП с оптическими усилителями. Оценка качества передачи информации на ВОЛП.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)
10	Оптические транспортные сети	Концепция оптической транспортной сети (OTN). Формирование структуры OTN. Интерфейсы оптической транспортной сети. Заголовок транспортной единицы OTU. Функция прямой коррекции ошибок (FEC). Формирование структуры OTN. Интерфейсы и полезная нагрузка.	Итоговый тест по дисциплине (модулю)

## 2.2 Распределение видов учебной работы по разделам дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 71 часа.

Для очно-дистанционной формы обучения:

№ раздела	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего, час.	Ауди- торные занятия, час.	Дистан- ционны е занятия, час.	Тестирование, час.	СР, час.
			ЛК	ЛК		
1	Современное состояние и основные тенденции волоконно-оптической сети связи	7	-	2	-	5
2	Методы увеличения пропускной способности ВОЛП	7	-	2	-	5
3	Оптические волокна для современных сетей связи	7	-	2	-	5
4	Технология спектрального уплотнения оптических каналов. Основные компоненты	7	1	2	-	4
5	Технология спектрального уплотнения оптических каналов. Оптические мультиплексоры	7	-	2	-	5
6	Форматы модуляции оптического сигнала для высокоскоростных ВОЛП	7	-	2	-	5
7	Методы компенсации хроматической дисперсии на ВОЛП	7	-	2	-	5
8	Оптические усилители на ВОЛП	7	-	2	-	5
9	Расчет параметров оптического тракта ВОЛП с СРК	7	-	2	-	5
10	Оптические транспортные сети	7	-	2	-	5
	Итоговая аттестация – зачет в форме тестирования	2	-	-	2	-
	<b>Итого</b>	72	1	20	2	49

Для дистанционной формы обучения:

№ раздела	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего, час.	Ауди- торные занятия, час.	Дистан- ционны е занятия, час.	Тестирование, час.	СР, час.
			ЛК	ЛК		
1	Современное состояние и основные тенденции волоконно-оптической сети связи	7	-	2	-	5
2	Методы увеличения пропускной способности ВОЛП	7	-	2	-	5
3	Оптические волокна для современных сетей связи	7	-	2	-	5
4	Технология спектрального уплотнения оптических каналов. Основные компоненты	7	-	2	-	5
5	Технология спектрального уплотнения оптических каналов. Оптические мультиплексоры	7	-	2	-	5
6	Форматы модуляции оптического сигнала для высокоскоростных ВОЛП	7	-	2	-	5
7	Методы компенсации хроматической дисперсии на ВОЛП	7	-	2	-	5
8	Оптические усилители на ВОЛП	7	-	2	-	5
9	Расчет параметров оптического тракта ВОЛП с СРК	7	-	2	-	5
10	Оптические транспортные сети	7	-	2	-	5
	Итоговая аттестация – зачет в форме тестирования	2	-	-	2	-
	<b>Итого</b>	<b>72</b>		<b>20</b>	<b>2</b>	<b>50</b>

### 3. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 3.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

##### 3.1.1 Основная литература

1. Фокин, В. Г. Оптические системы передачи и транспортные сети [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Фокин ; Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Электрон. дан. (1 файл). - Новосибирск : СибГУТИ, 2008. - 284 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. - Режим доступа: [http://ellib.sibsutis.ru/ellib/2012/388\\_fokin\\_opticheskie\\_sist\\_per\\_transp\\_seti.pdf](http://ellib.sibsutis.ru/ellib/2012/388_fokin_opticheskie_sist_per_transp_seti.pdf), по паролю. - Б. ц. Авт. договор № 8 от 18.12.2014 г.
2. Направляющие системы электросвязи [Электронный ресурс] : учебник для студентов, обучающихся по направлению 210700 "Инфокоммуникационные технологии и системы", а также для слушателей учеб. центров повышения квалификации и переподготовки специалистов предприятий связи. Т. 2. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация / В. А. Андреев [и др.]. ; под ред. В. А. Андреева ; ПГУТИ, Каф. ЛС и ИТС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3,61 Мб). - Самара : [б. и.], 2017. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. издания 2016 г. - Режим доступа: [http://elib.psuti.local/andreev\\_burdin\\_portnov\\_kochanovskiy\\_popov\\_napravlyayuwie\\_sistemy\\_elektrosvyazi\\_t2\\_proektirovanie\\_stroitelstvo\\_i\\_tehnicheskaya\\_ekspluataciya.pdf](http://elib.psuti.local/andreev_burdin_portnov_kochanovskiy_popov_napravlyayuwie_sistemy_elektrosvyazi_t2_proektirovanie_stroitelstvo_i_tehnicheskaya_ekspluataciya.pdf), доступ по IP-адресам ПГУТИ. - Б. ц.

##### 3.1.2 Дополнительная литература

1. Листвин В.Н., Трещиков В.Н. DWDM системы: научное издание. – М.: Издательский Дом «Наука», 2013. – 300 с.
2. Фокин, В. Г. Когерентные оптические сети [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Фокин ; Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Электрон. дан. (1 файл). - Новосибирск : СибГУТИ, 2015. - 371 с. : ил. - Библиогр.: с. 356-364. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. - Режим доступа: [http://ellib.sibsutis.ru/ellib/2015/546\\_Fokin\\_v.\\_G.\\_Kogerentnye\\_opticheskie\\_seti\\_.pdf](http://ellib.sibsutis.ru/ellib/2015/546_Fokin_v._G._Kogerentnye_opticheskie_seti_.pdf), по паролю.
3. Фокин, В. Г. Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Фокин, Р. З. Ибрагимов ; Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Электрон. дан. (1 файл). - Новосибирск : СибГУТИ, 2016. - 156 с. : ил. - Библиогр.: с. 148-155. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. - Режим доступа: [http://ellib.sibsutis.ru/ellib/2016/624\\_Fokin\\_V.G.\\_Opticheskie\\_sistemy\\_s\\_terabitnymi\\_.pdf](http://ellib.sibsutis.ru/ellib/2016/624_Fokin_V.G._Opticheskie_sistemy_s_terabitnymi_.pdf), по паролю.
4. Технологии планово-профилактических и аварийно-восстановительных работ на ВОЛП: учебное пособие для вузов/ В.А. Андреев, В.А. Бурдин, А.А. Воронков, Л.Н. Шафигуллин. – Самара, ФГБОУ ВО ПГУТИ, 2017. – 110 с.
5. Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП с оптическим кабелем в защитном полимерном трубопроводе: учебное пособие для вузов / В.А. Андреев [и др.] / под ред. проф. В.А. Андреева, Самара: ООО «Издательство АсГард»

##### 3.1.3 Интернет-ресурсы

1. [www.itu.int](http://www.itu.int) – Международный союз электросвязи (стандарты)
2. <https://www.iec.ch/> - Международная электротехническая комиссия (стандарты)



### 3.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. <http://eclib.psuti.ru> - Электронный каталог НТБ ПГУТИ
2. [do.srttc.ru](http://do.srttc.ru) - Личный кабинет с обучающими материалами
3. [test.psuti.ru](http://test.psuti.ru) - Личный кабинет для тестирования

### 4 Оценочные средства

Промежуточной формой контроля является зачет, который проводится в форме тестирования. Для тестирования используется база тестовых заданий общим объемом 100 вопросов. Предъявляются к тестированию 30 вопросов, случайно выбранных из базы тестовых заданий.

#### Критерии оценки:

Оценка «*неудовлетворительно*» выставляется, если правильные ответы даны менее, чем на 51 процент тестовых заданий.

Оценка «*удовлетворительно*» выставляется, если правильные ответы даны более чем на 50 процентов тестовых заданий.

Перечень вопросов (база тестовых заданий) для промежуточной аттестации представлен в приложении А.

### 5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для осуществления образовательного процесса	Перечень основного оборудования, технических и электронных средств обучения и контроля знаний студентов с указанием их количества	Адрес (местоположение)
Аудитории для проведения лекционных занятий, контроля успеваемости		
Лекционная аудитория №1	Компьютер, проектор, экран, доска, 12 посадочных мест.	Корпус №2 ПГУТИ, ул.М.шоссе,77, СРТТЦ, 11 этаж
Лекционная аудитория №6	Компьютер, проектор, экран, посадочных мест 12, компьютерный класс на 6 рабочих мест.	
Лекционная аудитория №8	Компьютер, проектор, экран, доска, посадочных мест 16.	
Лекционная аудитория №10	Компьютер, проектор, экран, доска, посадочных мест 18.	
Аудитории для проведения практических занятий, контроля успеваемости		
Аудитория для практических занятий №4	Компьютер, проектор, экран, доска, 10 посадочных мест, компьютерный класс на 10 рабочих мест	Корпус №2 ПГУТИ, ул.М.шоссе,77, СРТТЦ, 11 этаж
Аудитория для практических занятий №9	Проектор, экран, доска, 18 посадочных мест, компьютерный класс на 15 рабочих мест	
Аудитория для практических занятий №11	Доска, посадочных мест 9.	
Аудитория для практических за-	Доска, посадочных мест 9	

нятий №12		
Помещения для самостоятельной работы и консультаций		
Аудитория для практических занятий №4	Компьютер, проектор, экран, доска, 10 посадочных мест, компьютерный класс на 10 рабочих мест с доступом в Интернет	Корпус №2 ПГУТИ, ул.М.шоссе,77, СРТТЦ, 11 этаж