

Федеральное агентство связи

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

2019 г.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине «**Основы нелинейной оптики**»

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) – 2019

Екатеринбург 2019

Федеральное агентство связи

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине «**Основы нелинейной оптики**»

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) – 2019

## 1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин)
<p>ПК-1 Способен к эксплуатации и развитию сетевых платформ, систем и сетей передачи данных</p>	<p><b>ПК-1.1 знает:</b> –теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; –физику процессов нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; –основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики.</p> <p><b>ПК-1.2 умеет:</b> –рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике; –идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; –классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; –проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; –на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи.</p> <p><b>ПК-1.3 владеет:</b> –навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике, –навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи; –умением делать грамотные выводы, грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в волоконной оптике.</p>	4	<p>Этап 1: Основы теории цепей Этап 2: 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 Этап 3 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,</p>

Форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен.

## 2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Шкала оценивания	Результаты обучения	Дескрипторы уровней освоения компетенций
<b>ПК-1 Способен к эксплуатации и развитию сетевых платформ, систем и сетей передачи данных</b>		
Низкий (пороговый) уровень	<p><b>ПК-1.1 знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–физику процессов нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики.</li> </ul> <p><b>ПК-1.2 умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи.</li> </ul> <p><b>ПК-1.3 владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике,</li> <li>–навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи;</li> <li>умением делать грамотные выводы, грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в волоконной оптике.</li> </ul>	<p><b>Слабо знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–физику процессов нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики;</li> <li>- как составлять грамотный отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать грамотные выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</li> </ul> <p><b>Слабо умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи;</li> <li>- составлять грамотный отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать грамотные выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</li> </ul> <p><b>Слабо владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике,</li> <li>–навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи;</li> <li>умением делать грамотные выводы, грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в</li> </ul>

		<p>волоконной оптике;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками составлять грамотного отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать грамотные выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</li> </ul>
<p>Средний уровень</p>	<p><b>ПК-1.1 знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–физику процессов нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики.</li> </ul> <p><b>ПК-1.2 умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи.</li> </ul> <p><b>ПК-1.3 владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике,</li> <li>–навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи;</li> <li>умением делать грамотные выводы, грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в волоконной оптике.</li> </ul>	<p><b>Средне знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–физику процессов нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики;</li> <li>- как составлять отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</li> </ul> <p><b>Средне умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</li> <li>–на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи;</li> <li>- составлять отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</li> </ul> <p><b>Средне владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике,</li> <li>–навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи;</li> <li>умением делать грамотные выводы, грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в</li> </ul>

		<p>волоконной оптике;</p> <p>- навыками составлять отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</p>
<p>Высокий уровень</p>	<p><b>ПК-1.1 знает:</b></p> <p>–теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–физику процессов нелинейный (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики.</p> <p><b>ПК-1.2 умеет:</b></p> <p>–рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи.</p> <p><b>ПК-1.3 владеет:</b></p> <p>–навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике,</p> <p>–навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи;</p> <p>умением делать грамотные выводы, грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в волоконной оптике.</p>	<p><b>Очень хорошо знает:</b></p> <p>–теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–физику процессов нелинейный (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики;</p> <p>- как составлять грамотный отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать грамотные выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</p> <p><b>Очень хорошо умеет:</b></p> <p>–рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике;</p> <p>–на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи;</p> <p>- составлять грамотный отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать грамотные выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.</p> <p><b>Очень хорошо владеет:</b></p> <p>–навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике,</p> <p>–навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи;</p> <p>умением делать грамотные выводы,</p>

		грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в волоконной оптике; - навыками составлять грамотный отчет по лабораторным и практическим работам, формулировать грамотные выводы по полученным расчетам и графиков зависимостей.
--	--	--

2.2 Таблица соответствия результатов промежуточной аттестации по дисциплине уровню этапа формирования компетенций

Форма контроля	Шкала оценивания	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения компетенции
Экзамен	удовлетворительно	ПК-1.1	низкий
		ПК-1.2	низкий
		ПК-1.3	низкий
	хорошо	ПК-1.1	средний
		ПК-1.2	средний
		ПК-1.3	средний
	отлично	ПК-1.1	высокий
		ПК-1.2	высокий
		ПК-1.3	средний

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Процесс оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлен в таблицах по формам обучения:

Тип занятия	Тема (раздел)	Оценочные средства
	<b>ПК-1.1 знает:</b> теоретические аспекты нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; физику процессов нелинейный (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; основные области применения и научно-технические проблемы нелинейной волоконной оптики.	
Лекция	Все разделы дисциплины	Дискуссия Зачет
Лабораторная работа	Исследование влияния дисперсии оптоволокна на оптический сигнал Исследование чирп-эффекта в оптоволокне Исследование эффекта фазовой самомодуляции Исследование эффекта перекрестной фазовой модуляции Исследование оптических солитонов Исследование ЧВС в оптической линии связи	Лабораторная работа Защита лабораторной работы
Практическое занятие	Расчет зависимости рефракционного индекса оптоволокна от мощности оптического сигнала Построение спектрограмм оптического сигнала с чирп-эффектом Расчет Стоксовых частот при SBS и SRS явлении Расчет параметров оптического солитона Расчет спектра оптического сигнала WDM который подвержен влиянию ЧВС	Практическая работа. Индивидуальное задание

Самостоятельная работа	Все разделы дисциплины	Отчеты по практическим и лабораторным работам. Подготовка к экзамену
<b>ПК-1.2 умеет:</b> рассчитывать параметры нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике; идентифицировать, различать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; классифицировать механизмы нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; проводить анализ полученных результатов при моделировании, исследовании, и/или изучении нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике; на теоретическом уровне устранять, компенсировать влияние нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи.		
Лекция	Все разделы дисциплины	Дискуссия Зачет
Лабораторная работа	Исследование влияния дисперсии оптоволокна на оптический сигнал Исследование чирп-эффекта в оптоволокне Исследование эффекта фазовой самомодуляции Исследование эффекта перекрестной фазовой модуляции Исследование оптических солитонов Исследование ЧВС в оптической линии связи	Лабораторная работа Защита лабораторной работы
Практическое занятие	Расчет зависимости рефракционного индекса оптоволокна от мощности оптического сигнала Построение спектрограмм оптического сигнала с чирп-эффектом Расчет Стоксовых частот при SBS и SRS явлении Расчет параметров оптического солитона Расчет спектра оптического сигнала WDM который подвержен влиянию ЧВС	Практическая работа. Индивидуальное задание
Самостоятельная работа	Все разделы дисциплины	Отчеты по практическим и лабораторным работам. Подготовка к зачету
<b>ПК-1.3 владеет:</b> навыками расчета параметров нелинейных (линейных) процессов, протекающих в волоконной оптике, навыками устранения, компенсации нелинейных (линейных) явлений, протекающих в волоконной оптике для повышения качества связи, для увеличения дальности связи; умением делать грамотные выводы, грамотный анализ при проявлении нелинейных явлений, протекающих в волоконной оптике.		
Лекция	Все разделы дисциплины	Дискуссия Зачет
Лабораторная работа	Исследование влияния дисперсии оптоволокна на оптический сигнал Исследование чирп-эффекта в оптоволокне Исследование эффекта фазовой самомодуляции Исследование эффекта перекрестной фазовой модуляции Исследование оптических солитонов Исследование ЧВС в оптической линии связи	Лабораторная работа Защита лабораторной работы



Практическое занятие	Расчет зависимости рефракционного индекса оптоволокна от мощности оптического сигнала Построение спектрограмм оптического сигнала с чирп-эффектом Расчет Стоксовых частот при SBS и SRS явлении Расчет параметров оптического солитона Расчет спектра оптического сигнала WDM который подвержен влиянию ЧВС	Практическая работа. Индивидуальное задание
Самостоятельная работа	Все разделы дисциплины	Отчеты по практическим и лабораторным работам. Подготовка к зачету

#### 4. Типовые контрольные задания

Представить один пример задания по каждому типу оценочных средств для каждой компетенции, формируемой данной дисциплиной.

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

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

#### Расчет зависимости рефракционного индекса оптоволокна от мощности оптического сигнала

##### 1 Цель работы:

1.1 Освоение методики расчета зависимости рефракционного индекса оптоволокна от мощности оптического сигнала.

##### 2 Подготовка к работе:

- 2.1 Подготовить бланк отчета, в отчете отразить цель работы, ответы на контрольные вопросы.  
2.2 Проработать конспект лекций по тематике практического занятия.

##### 3 Задание и методические указания:

3.1 По исходным данным, представленных в таблице 1, произвести расчет зависимости показателя преломления оптоволокна от входной мощности оптического сигнала. Результаты расчетов свести в таблицу 2. По табличным данным построить график зависимости  $n(P)$ .

Таблица 1 – Исходные данные

Вариант	$n_0$	$n_H, \times 10^{-20} \text{ м}^2/\text{Вт}$	$A_{\text{эфф}}, \text{ мкм}^2$
0	1,47	2,2	50
1	1,46	2,25	60
2	1,46	2,30	70
3	1,45	2,35	80
4	1,44	2,40	90
5	1,43	2,45	100
6	1,44	2,50	85
7	1,45	2,55	45
8	1,47	2,60	35
9	1,48	2,65	30
10	1,46	2,70	25
11	1,45	2,75	47
12	1,43	2,80	26
13	1,42	2,85	19
14	1,45	2,90	53

15	1,47	2,95	67
16	1,43	3,00	59
17	1,46	3,10	71
18	1,47	3,15	84
19	1,47	3,20	39
20	1,45	3,30	41

Таблица 1 – Результаты расчетов

№ пп	P, мВт	n
1	1	
2	10	
3	20	
4	30	
...	...	...
20	190	

Рефракционный индекс твердого кристаллического материала (в ОВ наиболее часто используется кварц) выражается формулой:

$$n = n_0 + n_n \frac{P_0}{A_{эфф}}, \quad (1)$$

где  $n_0$  – индекс рефракции сердцевины ОВ при малых уровнях оптической мощности;  
 $n_n$  – коэффициент нелинейности рефракционного индекса, величина которого лежит в пределах (для традиционного кварца, используемого в ОВ  $n_n = 2,35 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2/\text{Вт}$ );  
 $P_0$  – оптическая мощность, передаваемая по ОВ в мВт;  
 $A_{эфф}$  – эффективная площадь ядра ОВ в  $\text{мкм}^2$ .

3.2 Построить график зависимости  $n(A_{эфф})$ . Параметр  $A_{эфф}$  взять в пределах от 10 до 100  $\text{мкм}^2$ .  
 Мощность сигнала принять равной максимально-допустимой мощности оптического сигнала, водимого в оптоволокно: 17 дБм.

Для этого, по формуле (1) заполнить таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов  $n(A_{эфф})$  при  $P_0 = 17$  дБм

№ пп	$A_{эфф}$ , $\text{мкм}^2$	n
1	10	
2	20	
...	...	...
10	100	

*Примечание:* для расчета  $n(A_{эфф})$  нужно перевести 17 дБм в мВт.

#### 4 Контрольные вопросы:

- 4.1 Что такое рефракция?
- 4.2 Каково значение показателя преломления сердцевины и оболочки оптоволокна?
- 4.3 От каких параметров оптического сигнала зависит показатель преломления оптоволокна?
- 4.4 К каким нелинейным явлениям влечет изменение показателя преломления оптоволокна в зависимости от мощности сигнала?
- 4.5 Какой характер зависимости показателя преломления оптоволокна от мощности сигнала?

#### 5 Содержание отчета:

- 5.1 Цель работы.
- 5.2 Задание и исходные данные.
- 5.3 Расчеты  $n(A_{эфф})$  и  $n(P)$ .
- 5.4 Заполненные таблицы 2 и 3.
- 5.5 Графики зависимости  $n(A_{эфф})$  и  $n(P)$ .
- 5.6 Выводы по работе.
- 5.7 Ответы на контрольные вопросы.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

## Исследование влияния дисперсии оптоволокна на оптический сигнал

### 1 Цель работы:

1.1 Исследование влияния хроматической дисперсии оптоволокна на параметры оптического сигнала.

1.2 Провести оценку влияния хроматической дисперсии на параметры оптического сигнала и на качество связи.

### 2 Подготовка к работе:

2.1 Подготовить бланк отчета, в отчете отразить цель работы, ответы на контрольные вопросы и шаблон таблицы 1.

2.2 Проработать конспект лекций по тематике лабораторной работы.

### 3 Методические указания по выполнению работы:

3.1 Запустите программу *OptiPerformer*. На компьютере: «диск D:\Кафедра МЭС\ВПО\Основы нелинейной оптики...», в открывшейся папке лабораторной работы №1, удерживая левую кнопку мыши перетащите файл «LP1.1.osr» на рабочее поле программы *OptiPerformer*.

3.2 Перенести в отчет структурную схему макета лабораторной установки.


*Примечание.* Схему представить схематически, в виде блоков с указанием названий этих блоков.

3.3 Построить графики зависимости времени нарастания длительности импульса от длины оптической линии связи.

Для этого, в открывшемся окне программы, в нижнем правом углу указать статические значения: ReferenceWavelength = 1550 nm; FiberDispersion = 18 ps/nm/km.

Изменяя параметр FiberLength в пределах от 100 до 1000 километров, зафиксируйте значение уширения длительности импульса. Для этого:

1) задайте параметр FiberLength = 100;

2) в левом нижнем углу нажмите кнопку ;

3) после автоматических расчетов, двойным щелчком левой кнопкой мыши откройте окно осциллограммы OTDV\_1;

4) правой кнопкой мыши, на рабочем поле осциллограммы вызовите контекстное меню, выберите инструмент *Zoom*, и увеличьте временную диаграмму сигнала до размеров двух, трех импульсов;

5) правой кнопкой мыши, на рабочем поле осциллограммы вызовите контекстное меню, выберите инструмент *Marker*, установите два маркера А и В. Маркер А устанавливается на самой вершине импульса, маркер В устанавливается на импульсе относительно уровня 0,5 от максимального значения, как показано на рисунке 1;

6) правой кнопкой мыши, на рабочем поле осциллограммы вызовите контекстное меню, выберите инструмент *Info*, а затем *Select*;

7) с окна *Info-Window* запишите в таблицу значение разницы маркеров А-В, как показано на рисунке 1.

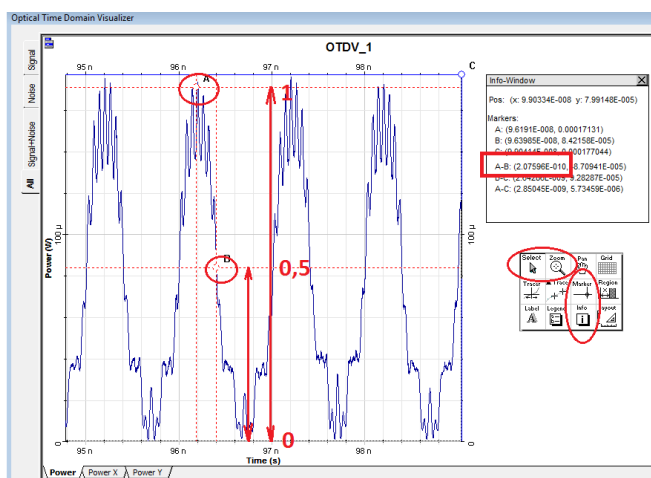


Рисунок 1 – Установка маркеров на осциллограмме

Таблица 1 – Значение длительности импульса от длины ВОЛС

Длительность							
--------------	--	--	--	--	--	--	--

импульса, пс							
Длина ВОЛС, км	100	200	300	400	500	...	1000

*Примечание:* Если временная диаграмма будет представлена сложной формой, как показано на рисунке 2, то установка маркеров выполняется условно на аппроксимирующей линии импульса, как показано на рисунке 2.

3.4 Определить номинальную допустимую длину ВОЛС  $L_{НОМ}$ , при которой уширение длительности импульса будет составлять половине периода следования импульса. То есть, при наличии дисперсии, уширение импульса не должно быть более его длительности.

Зная длительность импульса, а это есть максимальная допустимая величина уширения импульса, по графику можно определить предельно допустимую длину ВОЛС, длина которой ограничивается влиянием хроматической дисперсией.

Расчёт длительности импульса выполняется по общеизвестной формуле (1) или определяется визуально по осциллограмме OTDV.

$$\tau_H = \frac{1}{B}, \quad (1)$$

где  $B$  – скорость цифрового потока, значение которой берется из указанных характеристик в программе *OptiPerformer* (таблица сверху на рабочем поле *OptiPerformer*).

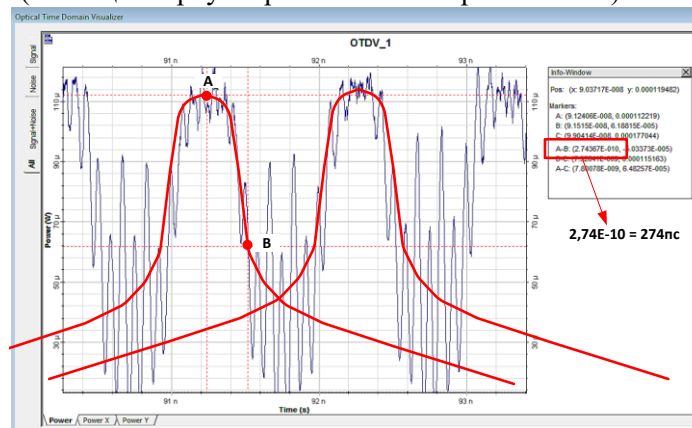


Рисунок 2 – Условная установка маркеров на аппроксимирующей линии импульса

3.5 Добейтесь такого результата, при котором время нарастания длительности импульса будет в пределах нормы для ВОЛС протяженностью более чем  $L_{НОМ}$ . Добиться такого результата можно двумя путями:

- 1) замены оптоволокна на волокно, у которого коэффициент хроматического дисперсионного параметра меньше величины по умолчанию 16,75 пс/нм/км;
- 2) сменить рабочую длину волны на 1310, где для стандартного одномодового оптоволокна коэффициент хроматической дисперсии находится в районе 0 пс/нм/км.

В отчет указать рекомендацию такого волокна и значение коэффициента хроматической дисперсии.

3.6 Для одного выбранного варианта уменьшения влияния хроматической дисперсии на параметры сигнала, также построить зависимость времени нарастания длительности импульса от длины ВОЛС. Также следует определить  $L_{НОМ}$ ,

3.7 Отобразить в отчете временную диаграмму и спектрограмму сигнала на входе и выходе ВОЛС для линии протяженностью 100 км,  $L_{НОМ}$ , и 1000 км.

3.8 Сделать выводы.

#### 4 Контрольные вопросы:

- 4.1 Что такое дисперсия и к чему она приводит?
- 4.2 Единица измерения дисперсии?
- 4.3 Какие методы применяются на ВОЛС для компенсации хроматической дисперсии?
- 4.4 Какие параметры оптической системы связи влияют на прирост длительности импульса?

#### 5 Содержание отчета:

- 5.1 Цель работы.

- 5.2 Структурная схема макета лабораторной установки.
- 5.3 Таблица с результатами измерений, график зависимости  $\tau_n(L_{\text{ВОЛС}})$ , временные диаграммы и спектрограммы сигнала.
- 5.4 Расчет длительности импульса, математически и графически.
- 5.5 Выводы по работе.
- 5.6 Ответы на контрольные вопросы.

### Типовые вопросы к экзамену

1. Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений.
2. Линейная и нелинейная оптика. Предмет и задачи нелинейной оптики, история и основные этапы ее развития.
3. Понятие о самовоздействиях световых волн.
4. Физические процессы, вызывающие ФСМ и ФКМ в оптоволокне.
5. Влияние ФСМ и ФКМ на характеристики ВОЛС.
6. Природа чирпинга. Положительный и отрицательный чирпинг.
7. Вынужденное комбинационное (рамановское) рассеяние. Природа проявления. Достоинства и недостатки.
8. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Природа проявления. Достоинства и недостатки.
9. Физика образования и основные свойства солитонов. Применение оптических солитонов в волоконной оптике. Схемы солитонных линий.
10. Характеристика параметрических процессов. Четырехволновое смешение. Параметрическое усиление и его применение.

### Типовые задачи:

1. По исходным данным произвести расчет зависимости показателя преломления оптоволокна от входной мощности оптического сигнала.
2. Построить график зависимости  $n(A_{\text{эфф}})$ .
3. По исходным данным изобразить спектр и временную диаграмму оптического сигнала с положительным или отрицательным чирп-эффектом.
4. По исходным данным рассчитать Стоксову и Антистоксову компоненту при SRS явлении (рамановское рассеяние сигнала). После расчета стоксовых компонент, изобразить спектр сигнала.
5. По исходным данным рассчитать Стоксову и Антистоксову компоненту при SBS явлении (вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна). После расчета стоксовых компонент, изобразить спектр сигнала.
6. Рассчитать пиковую мощность фундаментального оптического солитона.
7. По исходным данным рассчитать спектр оптического сигнала WDM с шагом 0,4 нм, который подвержен влиянию ЧВС.

### Пример экзаменационного билета

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики" в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ)	<b>Экзаменационный билет</b> № <u>12</u> по дисциплине <u>Оптические цифровые телекоммуникационные системы</u>	УТВЕРЖДАЮ: Зав. кафедрой МЭС <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> « <u>25</u> » <u>декабря</u> 2020 г.
---	--	---

Направление 11.03.02 Профиль Технологии и системы оптической связи  
 Факультет ИИиУ курс 3 семестр б

- 1) Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Природа проявления. Достоинства и недостатки.

2) По исходным данным рассчитать спектр оптического сигнала WDM с шагом 0,4 нм, который подвержен влиянию ЧВС.

**5. Банк контрольных заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации**

Представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI:  
<http://www.aup.uisi.ru>.

Оценочные средства рассмотрены и утверждены на заседании кафедры МЭС

31.05.2019 г.      Протокол № 11

Заведующий кафедрой (разработчик)

  
подпись

Е.А.Субботин  
инициалы, фамилия

31.05.2019 г.

Оценочные средства рассмотрены и утверждены на заседании кафедры [МЭС]

31.05.2019 г.      Протокол № 11

Заведующий кафедрой (разработчика)

\_\_\_\_\_

Е.А.Субботин

подпись

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

31.05.2019 г.