

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

Минина Е.А.

2023 г.

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.ДВ.02.01 Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2024

Разработчик (-и):  
старший преподаватель

/ И.И. Шестаков

подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании многоканальной электрической связи (МЭС)

Протокол от 30.11.2023 №4

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Е.И. Гниломедов

подпись

Екатеринбург, 2023

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  
\_\_\_\_\_Минина Е.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

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

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.ДВ.02.01 Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах**

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2024

Разработчик (-и):  
старший преподаватель \_\_\_\_\_ / И.И. Шестаков  
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании многоканальной электрической связи (МЭС)  
Протокол от 30.11.2023 №4  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Е.И. Гниломедов  
подпись

Екатеринбург, 2023

## 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/практик)
ПК-3 Способен проводить техническое обслуживание оборудования связи телекоммуникационных сетей	ПК-3.1 Знает методы проведения диагностики и контроля, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи  ПК-3.2 Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования	1	–
ПК-6 Способен к выполнению работ на кабельных линиях связи	ПК-6.1 Знает теоретические основы передачи сигналов по кабельным линиям связи, основные технические данные, конструкцию характеристики кабелей связи, основные методы проведения измерений параметров и измерительное оборудование, применяемое при обслуживании кабельных линий связи	1	–

Форма 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.

Индикатор освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
ПК-3.1 Знает методы проведения диагностики и контроля, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи	Знает: - параметры ВОЛС и ВОЛП, подлежащие контролю и измерению в процессе эксплуатации и ввода в эксплуатацию; - методы измерения полных оптических потерь, затухания, возвратные потери, длину линии связи, коэффициента ошибок, глаз-диаграмму  Умеет -применять метод вносимых потерь	Знает параметры ВОЛС и ВОЛП, подлежащие контролю и измерению в процессе эксплуатации и ввода в эксплуатацию, знает единицы измерений этих параметров и может пояснить в чем разница между дБ и дБм. Знает методику и владеет навыками измерения полных оптических потерь, затухания, возвратных потери, длины линии связи, коэффициента

	<p>для измерения совокупного затухания; -применять рефлектометр для измерения затухания, отражения и длину ВОЛС</p> <p>Владеет -навыками измерения параметров ВОЛС</p>	<p>ошибок, глаз-диаграммы. Без помощи преподавателя и методических указаний умеет измерять затухание методом вносимых потерь для измерения совокупного затухания, и отражение рефлектометром OTDR. Знает и умеет переносить рефлектограмму с OTDR на ПЭВМ для глубокого анализа.</p>
<p>ПК-3.2 Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации;</li> <li>- способы и приёмы наладки, настройки, регулировки и испытания оборудования, тестирования, настройки и обслуживания аппаратно-программных средств;</li> <li>- методы и способы проведение всех видов измерений параметров оборудования и сквозных каналов и трактов (настроечных, приёмодаточных, эксплуатационных и аварийных);</li> <li>- принципы оформления и делопроизводства в области метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации телекоммуникаций.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять принципы метрологического обеспечения и способы инструментальных измерений, используемых в области инфокоммуникационных технологий и систем связи;</li> <li>- организовать и осуществить проверку технического состояния и ресурса оборудования; применять современные методы их обслуживания и ремонта;</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основными приёмами технической эксплуатации и метрологического обеспечения аппаратуры и систем телекоммуникаций.</li> </ul>	<p>Самостоятельно умеет пользоваться программой OTDR Viewer. Знает и умеет устанавливать маркеры на рефлектограмме для измерения затухания, отражения, длины ВОЛС. Умеет читать полученные результаты анализа и давать рекомендации по дальнейшей эксплуатации ВОЛС. Знает и умеет самостоятельно применять оптические тестеры различных производителей для измерения затухания. Умеет грамотно, с пояснениями описывать назначение всех кнопок управления в оптическом тестере и рефлектометре. Знает и умеет идентифицировать причины неработоспособности ВОЛП. Применяет критическую логику мышления, вначале определяет работоспособность аппаратуры, приемо-передающих модулей при помощи тестера. Затем определяет из анализа рефлектограммы ВОЛС ее целостность и пригодность к эксплуатации. Знает нормативные значения затухания в сварных соединениях, в разъемных соединениях, значения возвратных потерь разъемного соединения с</p>

		<p>полировкой UPC и APC, знает нормативные значения километрического затухания в оптоволокне на длинах волн 1310 и 1550 нм.</p> <p>Умеет пояснять причины разных значений совокупных потерь в линии снятых в двух направлениях.</p> <p>Делает грамотные выводы по лабораторным работам в соответствии с полученными результатами измерений.</p>
<p>ПК-6.1 Знает теоретические основы передачи сигналов по кабельным линиям связи, основные технические данные, конструкцию характеристики кабелей связи, основные методы проведения измерений параметров и измерительное оборудование, применяемое при обслуживании кабельных линий связи</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы и способы измерения оптических параметров на ВОЛС;</li> <li>- способы подключения измерительного оборудования к линии связи и телекоммуникационной аппаратуре.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- читать рефлектограмму;</li> <li>- применять метод обратного Рэлеевского рассеяния, метод светопропускания для оценки и измерения параметров ВОЛС;</li> <li>- оперировать с величинами мощности и уровня сигнала;</li> <li>- подключать измерительное оборудование к ВОЛС;</li> <li>- пользоваться измерительным оборудованием;</li> <li>- проводить аналитические расчеты в рамках оптических потерь в ВОЛС;</li> <li>- заполнять протокол измерений ВОЛС.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами и способами измерения оптических параметров на ВОЛС;</li> <li>- навыками работы с измерительным оборудованием;</li> <li>- навыками заполнения протокола измерения ВОЛС;</li> <li>- навыками подключения измерительного оборудования к ВОЛС или аппаратуре связи.</li> </ul>	<p>Знает принцип работы оптического рефлектометра, оптического тестера. Визуально различает виды коннекторов и разъемных соединений. Умеет в ручном режиме анализировать рефлектограмму.</p> <p>Самостоятельно может составить протокол измерений, разработать его форму. Знает, что указывается в протоколе измерений. Самостоятельно может изобразить схему измерения, схему подключения рефлектометра или оптического тестера, умеет собирать натурные модели ВОЛС из существующих компонентов: соединительные шнуры, нормализующие катушки, оптические разветвители</p>

## Шкала оценивания.

### Экзамен

5-балльная шкала	Критерии оценки
Отлично «5»	Самостоятельно и правильно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагает свой ответ. Может ответить на дополнительные вопросы. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения. Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом без зачитывания с листа, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Хорошо «4»	Самостоятельно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Не уверенно отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения, обосновывая его законами «Теории электрических цепей». Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом с подглядыванием в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Удовлетворительно «3»	Самостоятельно, но не полно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. При этом допускает ошибки. Не уверенно или вообще не отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. Решил задачу экзаменационного билета. При наличии ошибок, может исправить их за счет наводящих вопросов. Не уверенно объясняет ход решения задачи. Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом зачитывая в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Неудовлетворительно «2»	Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом зачитывая в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета. Не отвечает или дает неправильные ответы на уточняющие и дополнительные вопросы. Не решена задача экзаменационного билета, или задача решена неправильно.

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

#### 3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
<b>ПК-3.1</b> Знает методы проведения диагностики и контроля, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи	
Раздел 1 Введение	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 1. Классификация измерений в ТКС.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 2. Измерение параметров канала ТЧ.	Самостоятельная работа

	ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторная работа
Раздел 3. Измерение параметров цифровых каналов и трактов систем передачи.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 4. Измерение параметров линий передачи.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторная работа
<b>ПК-3.2</b> Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования	
Раздел 1. Классификация измерений в ТКС.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 2. Измерение параметров канала ТЧ.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторная работа
Раздел 3. Измерение параметров цифровых каналов и трактов систем передачи.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 4. Измерение параметров линий передачи.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторная работа
<b>ПК-6.1</b> Знает теоретические основы передачи сигналов по кабельным линиям связи, основные технические данные, конструкцию характеристики кабелей связи, основные методы проведения измерений параметров и измерительное оборудование, применяемое при обслуживании кабельных линий связи	
Раздел 1. Классификация измерений в ТКС.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 2. Измерение параметров канала ТЧ.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторная работа
Раздел 3. Измерение параметров цифровых каналов и трактов систем передачи.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 4. Измерение параметров линий передачи.	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторная работа

### 3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

**ПК-3.1** Знает методы проведения диагностики и контроля, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи

**ПК-3.2** Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования

**ПК-6.1** Знает теоретические основы передачи сигналов по кабельным линиям связи, основные технические данные, конструкцию характеристики кабелей связи, основные методы проведения измерений параметров и измерительное оборудование, применяемое при обслуживании кабельных линий связи

#### Конспект лекции на тему «Идентификация глаз-диаграммы»

Глаз-диаграммы применяются для оценки параметров цифровых сигналов как при проведении лабораторных (системных) измерений, так и эксплуатационных. По своей структуре глаз-диаграммы являются модификацией осциллограмм, и отличаются от последних тем, что используют периодическую структуру цифрового сигнала.

Для построения двухуровневой глаз-диаграммы битовый поток подается на осциллограф, в то время как синхронизация внешней развертки производится от битового потока с частотой  $f_b$ . В случае построения многоуровневых диаграмм сигнал должен проходить через многоуровневый конвертер, а синхронизация производится от символьного потока с частотой  $f_s$ . Для калибровки глаз-диаграммы сигнал подают непосредственно на вход осциллографа. В этом случае глаз-диаграмма имеет вид прямоугольника. Фильтр (тестируемая система), ограничивающий полосу передаваемого сигнала, вносит существенные изменения в форму импульса, в результате диаграмма приобретает форму «глаза».

Глаз-диаграммы используют периодическую структуру цифрового сигнала. За счет внешней синхронизации развертки, получаемые осциллограммы волнового фронта накладываются друг на друга с периодом одного отсчета. В результате проведения измерений с накопителем получается глаз-диаграмма, при этом по оси ординат откладываются амплитуда сигналов, по оси абсцисс – время.

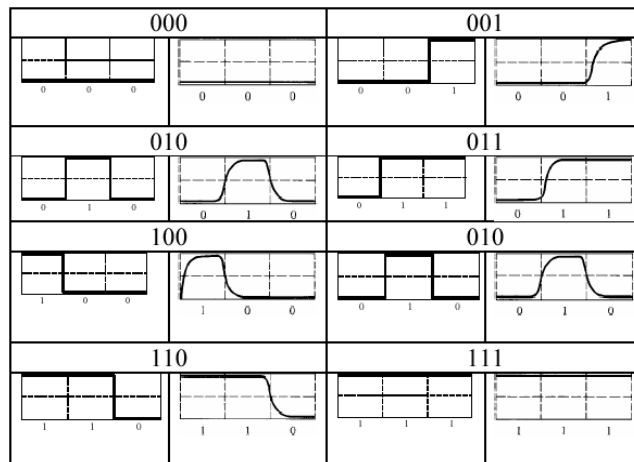


Рисунок 1 – Построение глаз-диаграммы

Пример формирования глаз-диаграммы непосредственно на выходе источника и на выходе тестируемой системы представлен в таблице 10.

Таблица 10 - Формирования глаз-диаграммы





Реальная осциллограмма сигнала «разрезается» посимвольно в соответствии с тактовыми импульсами синхронизирующего генератора, а затем глаз-диаграмма «складывается» из полученных кусков. В идеальном случае при отсутствии цепей фильтрации в результате такого сложения получится квадрат («квадратный глаз»). Однако глаз-диаграмма реального сигнала будет значительно отличаться от квадрата, поскольку будет содержать в себе составляющие нарастания фронта сигнала спада фронта, прямоугольный импульс будет иметь форму колокола, в результате получится диаграмма более похожая на глаз.

Исследование глаз-диаграмм позволяет провести детальный анализ цифрового сигнала по параметрам, непосредственно связанным с формой волнового фронта: параметра межсимвольной интерференции (ISI), джиттера передачи данных, джиттера синхронизации и других характеристик.

Таким образом, глаз-диаграмма представляет собой результат многократного наложения битовых последовательностей с выхода генератора ПСП, отображаемый на экране осциллографа в виде диаграммы распределения амплитуды сигнала по времени. Пример глаз-диаграммы с указанием основных параметров представлен на рисунке 2.

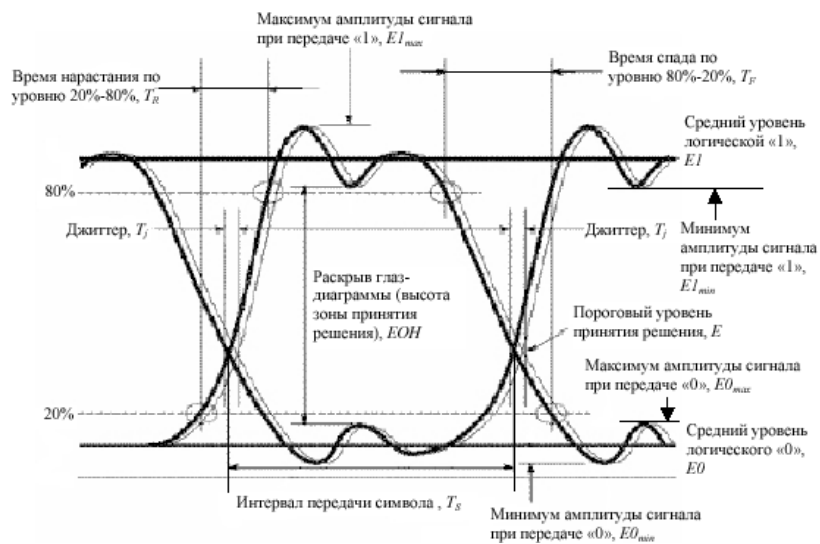


Рисунок 2 – Идентификация глаз-диаграммы

Расстановка маркеров при измерение энергетических характеристик сигнала по глаз-диаграмме в точках  $\varphi=\pi$ ,  $\varphi=0$  и  $\varphi=2\pi$  представлена на рисунке 3.

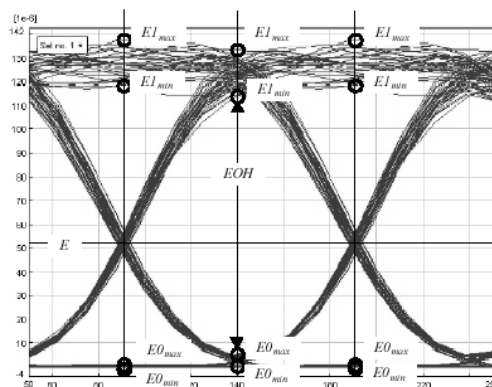


Рисунок 3 – Измерение энергетических параметров

Эффекты уширения импульса, а также фазовое дрожание сигнала вызывают появление взаимных искажений между символами, что приводит к пересечению глаз-диаграммы с временной осью в разные промежутки времени. Максимальная ширина области пересечения с временной осью определяется как пиковое фазовое дрожание или джиттер передачи данных  $T_j$ . Джиттер измеряется обычно в единицах времени или как отношение к интервалу передачи символа  $T_j/T_s$ .

Расстановка маркеров при измерении параметров сигнала во временной области по глаз-диаграмме представлена на рисунке 4.

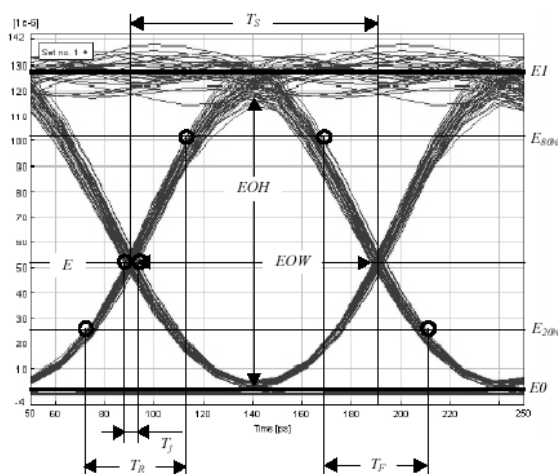


Рисунок 4 – Измерение параметров во временной области

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### Измерения на волоконно-оптических линиях передачи с помощью оптического тестера

#### 1. Цель работы:

- 1.1 Изучить теоретические основы измерений вносимых затуханий методом светопропусканий;
- 1.2 Изучить особенности измерений методом светопропусканий;
- 1.3 Получить практические навыки измерений вносимых затуханий с помощью оптического тестера.

#### 2. Подготовка к выполнению работы:

- 2.1 Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе по литературе, конспекту лекций, приложению к лабораторной работе.
- 2.2 Подготовить бланк отчета с ответами на контрольные вопросы. При необходимости, в отчете отразить заготовки таблиц, шаблоны для построения графиков зависимости.

### 3. Основное оборудование:

#### 3.1 Лабораторное оборудование:

- оптический источник излучения KIWI;
- оптический измеритель мощности KIWI;
- оптический измеритель мощности ТАПАЗ.
- оптические пассивные компоненты: оптические разветвители, оптические соединительные шнуры, оптические аттенюаторы.
- натурная модель ВОЛС.

### 4.Задание и методические к лабораторной работе:

#### 4.1 Решить измерительные задачи в соответствии со своим вариантом.

Задача 1. Сколько милливатт имеет сигнал, мощность которого в относительных единицах составляет  $P_{\text{дБм}}$ ? Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{дБм}}$	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20
$P_{\text{мВт}}$										
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$P_{\text{дБм}}$	-75	-65	-55	-45	-35	-25	-15	5	15	25
$P_{\text{мВт}}$										

Задача 2. Определить затухание волоконно-оптической линии, если мощность входного сигнала  $P_{\text{вх}}$ , мВт, а мощность выходного сигнала  $P_{\text{вых}}$ , мВт. Исходные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные к задаче 2

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{вх}}$ , мВт	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
$P_{\text{вых}}$ , мВт	0,01	0,005	0,01	0,015	0,02	0,25	0,03	0,035	0,004	0,45
$\alpha$ , дБ										
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$P_{\text{вх}}$ , мВт	0,2	0,9	1,3	1,9	2,3	3,5	0,25	2,75	3,8	4,35
$P_{\text{вых}}$ , мВт	0,018	0,025	0,002	0,011	0,0016	0,044	0,043	0,027	0,029	0,034
$\alpha$ , дБ										

Задача 3. Определить затухание волоконно-оптической линии, если уровень мощности оптического сигнала на входе оптического волокна составляет  $P_{\text{вх}}(\lambda)$  [дБм], а уровень мощности оптического сигнала на выходе оптоволокна на дальнем конце линии связи составляет  $P_{\text{вых}}(\lambda)$  [дБм]. Исходные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 3

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{вх}}(\lambda)$ [дБм]	-10	-11	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20
$P_{\text{вых}}(\lambda)$ [дБм]	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-30
$\alpha$ , дБ										
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

$P_{\text{вх}}(\lambda)$ [дБм]	+2	-1,1	-1,3	-4	+5	+6	+7	-18	-5,9	+2,5
$P_{\text{вых}}(\lambda)$ [дБм]	-30	-34	-48	-39	-40	-25	-29	-43	-42	-22
$\alpha$ , дБ										

**Задача 4.** Определить затухания волоконно-оптической линии, если показание измерителя мощности в режиме сохранения опорного уровня  $A_{\text{изм}}$  на длине волны  $\lambda$ , соответствует данным таблицы 4.

Таблица 2.4 – Исходные данные к задаче 4

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_{\text{изм}}$ , дБ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	49
$\lambda$ , мкм	1,31	1,55	1,55	1,31	1,55	1,31	1,31	1,55	1,31	1,55
$\alpha$ , дБ										
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$A_{\text{изм}}$ , дБ	23,5	29	34,2	15,6	28,3	11,3	11,9	34,9	27,1	43,4
$\lambda$ , мкм	1,55	1,31	1,31	1,55	1,31	1,55	1,31	1,55	1,55	1,31
$\alpha$ , дБ										

**Задача 5.** Оценить погрешность измерения затухания методом светопропускания, если абсолютная погрешность измерителя оптической мощности равна  $\Delta P$ , дБм. Исходные данные представлены в таблице 5

Таблица 5 – Исходные данные к задаче 5

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta P$ , дБм	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,01
$\Delta \alpha$ , дБ										

Ответы на измерительные задачи записать в таблицу 6.

Таблица 6 – Ответы по задачам варианта N

№ задачи	1	2	3	4	5
Ответы					

4.2 Изучите функциональные назначения клавиш оптического лазерного источника излучения KIWI-4200, переменного оптического аттенюатора и измерителя мощности KIWI-4300. Записать в отчет характеристики приборов: длина волны излучения, длина волны приема, единицы измерения уровня сигнала, частота модуляции оптического сигнала.

4.3 Экспериментальная проверка адекватности абсолютной и логарифмической шкал измерителя оптической мощности. Для этого, с помощью оптического шнура, типа FC/UPC – FC/UPC, соедините источники и приемник оптического сигнала, как показана на рисунке 1.

Установите длину волны 1310 нм, измерьте уровень сигнала в дБ, дБм, Вт, Нп. Результаты запишите в таблицу 7. Повторите данные измерения на длине волны 1490 нм, 1550 нм, 1625 нм.

**Примечание:** единицы измерения и значения длин волн могут отсутствовать в характеристиках приборов, в зависимости от модели прибора.

Таблица 7 – Результаты измерений задания

Значение уровня сигнала	1310 нм	1490 нм	1550 нм	1625 нм
Измеренные значения				
Вт				
дБ				

дБм				
Нп				
Расчетные значения				
дБ				
дБм				
Нп				

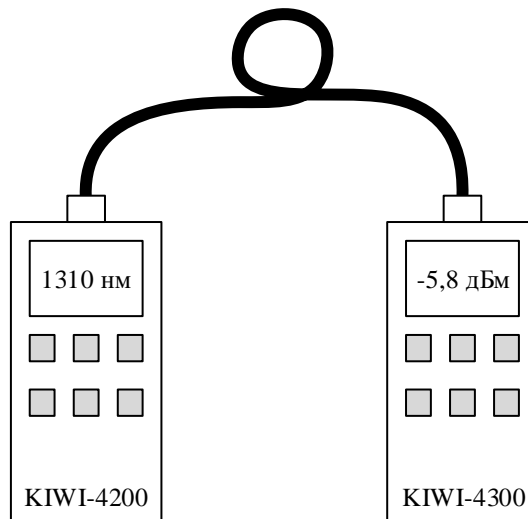


Рисунок 1 – Схема соединения источника и приемника оптической мощности

После снятия значений уровня сигнала на различных длинах волн при разных единицах измерений, выполнить перевод значений для каждой длины волны из Вт в дБ; из Вт в дБм; из Вт в Нп. Сравнить измеренные значения с расчетными, сделать вывод о линейности шкал измерителя оптической мощности.

#### 4.4 Исследуйте стабильность мощности источника излучения от длины волны( $\lambda$ ).

Для этого на источнике излучения устанавливается режим постоянного уровня сигнала (режим CW) и длина волны  $\lambda=1310$  нм. Затем с помощью измерителя мощности, настроенного на длину волны  $\lambda=1310$  нм, измеряется уровень излучаемой мощности  $P(\lambda=1310$  нм), значение которого фиксируется в заготовке отчета (таблица 8). Схема исследования соответствует рисунку 1. Повторить измерения в той же последовательности на длине волны  $\lambda=1490$ , 1550 и 1625 нм. Сравните зафиксированные в отчете уровни  $P(\lambda=1310$  нм),  $P(\lambda=1490$  нм),  $P(\lambda=1550$  нм) и  $P(\lambda=1625$  нм), сформулировать и письменно изложить соответствующий вывод о зависимости мощности источника излучения от длины волны.

Таблица 8 – Результаты измерений

Длина волны источника излучения	Уровень сигнала на входе измерителя оптической мощности, Вт
1310 нм	
1490 нм	
1550 нм	
1625 нм	

4.5 Исследуйте амплитудно-волновую зависимость фотодиода измерителя оптической мощности.

Для этого на источнике излучения устанавливается режим постоянного уровня сигнала (режим CW) и длина волны  $\lambda=1310$  нм. Затем с помощью измерителя мощности, настроенного на длину волны  $\lambda=1310$  нм, измеряется уровень излучаемой мощности  $P(\lambda=1310$  нм), после

этого, необходимо переключить длину волны 1310 нм на 1490 нм, 1550 нм и 1625 нм в приемнике оптического сигнала, значение которого фиксируется в заготовке отчета (таблица 9). Схема исследования соответствует рисунку 1.

Таблица 9– Результаты измерений задания 6.4

Длина волны источника излучения	Значение длины волны приемника, нм			
	1310	1490	1550	1625
1310 нм				
1490 нм				
1550 нм				
1625 нм				

Повторить измерения в той же последовательности на длине волны  $\lambda=1490$ , 1550 и 1625нм. Сравните зафиксированные в отчете уровни  $P(\lambda=1310 \text{ нм})$  и  $P(\lambda=1550 \text{ нм})$ , сформулировать и письменно изложить соответствующий вывод о зависимости мощности источника излучения от длины волны. Построить график зависимости уровня оптического сигнала от длины волны, установленной в приемнике оптического сигнала. Сделать вывода о характере зависимости  $P(\lambda)$ .

4.6 Исследование частотной зависимости затухания (потерь) ВОЛС или вносимого пассивным компонентом (оптический разветвитель, аттенуатор), в режиме линейной градуировки измерителя оптической мощности. Соберите схему исследования, как показано на рисунке 2.

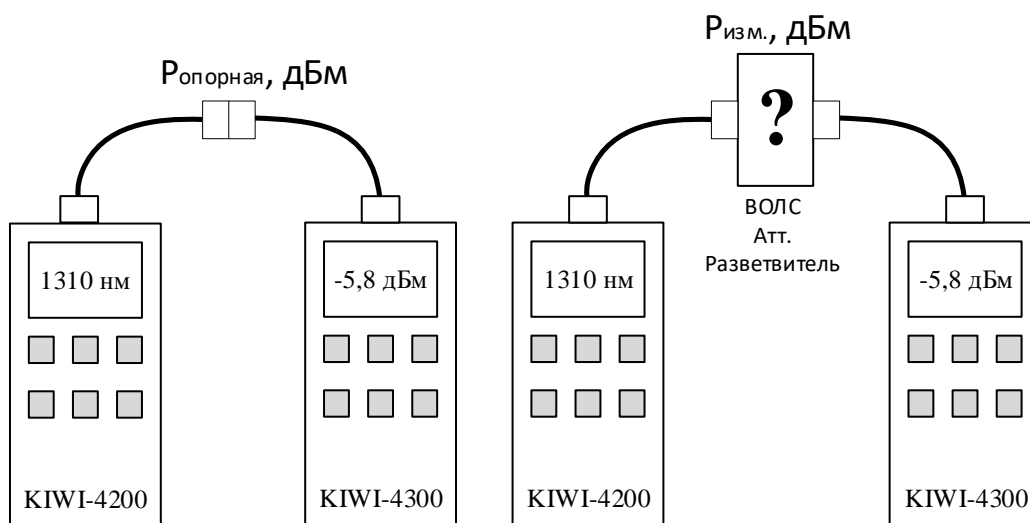


Рисунок 2 – Схема исследования частотной зависимости затухания  
Заполните таблицу 10 для длин волн 1310 нм, 1490 нм, 1550 нм и 1625 нм.

Таблица 10 – Результаты измерения потерь в оптическом разветвителе / ВОЛС / оптическом аттенуаторе

Длина волны 1310 нм							
P опорная, дБм	Оптический разветвитель					ВОЛС	Оптический аттенуатор
	1	2	3	4	...		
P изм., дБм							
P изм. сред., дБм						–	–
A, дБ							
Длина волны 1490 нм							
P опорная, дБм							

	Оптический разветвитель					ВОЛС	Оптический аттенюатор
	1	2	3	4	...		
$R_{изм.}, дБм$							
$R_{изм. сред.}, дБм$						–	–
$A, дБ$							
Длина волны 1550 нм							
$R_{опорная}, дБм$							
	Оптический разветвитель					ВОЛС	Оптический аттенюатор
	1	2	3	4	...		
$R_{изм.}, дБм$							
$R_{изм. сред.}, дБм$						–	–
$A, дБ$							
Длина волны 1625 нм							
$R_{опорная}, дБм$							
	Оптический разветвитель					ВОЛС	Оптический аттенюатор
	1	2	3	4	...		
$R_{изм.}, дБм$							
$R_{изм. сред.}, дБм$						–	–
$A, дБ$							

Построить график зависимости потерь (затухания) от длины волны, сделать выводы.

### 5. Содержание отчета:

- 5.1 Цель работы.
- 5.2 Результаты решения задач.
- 5.3 Таблица с результатами измерений, схемы измерений, графики измерений.
- 5.4 Выводы по работе.
- 5.5 Ответы на контрольные вопросы.

### 6. Контрольные вопросы:

1. Дайте определение коэффициента затухания ОВ. В каких единицах его измеряют?
2. Дайте определение потери. В каких единицах они измеряются?
3. Почему рекомендуется при входном контроле измерять коэффициент затухания с двух сторон?
4. Достоинства и недостатки метода светопропускания.
5. Какими методами можно измерить затухание волоконных световодов? В чем их сущность?

### 3.3. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

*ПК-3.1 Знает методы проведения диагностики и контроля, основные, контролируемые параметры обслуживаемого оборудования первичных и вторичных сетей связи*

*ПК-3.2 Умеет контролировать и измерять в процессе технического обслуживания параметры оборудования*

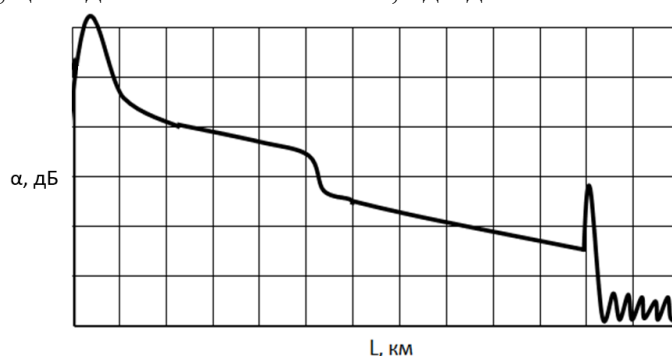
*ПК-6.1 Знает теоретические основы передачи сигналов по кабельным линиям связи, основные технические данные, конструкцию характеристики кабелей связи, основные методы проведения измерений параметров и измерительное оборудование, применяемое при обслуживании кабельных линий связи*

1. Рефлектометрия ВОЛС. Назначение. Чтение и анализ рефлектограммы ВОЛС. Типы событий на рефлектограмме. Неоднородности ВОЛС.

2. Оптический рефлектометр OTDR. Структурная схема. Принцип работы. Характеристики. Схема подключения в ВОЛП.
3. Оптический тестер. Принцип работы. Характеристики. Схема подключения в линию связи. Измерение оптических потерь: метод вносимых потерь. Схема измерения. Этапы измерения. Достоинство и недостатки метода.
4. Измерение параметров ВОЛС. Что такое отражение, потери, километрическое затухание и уровень сигнала. Единицы измерения отражения, потерь, километрического затухания и уровня сигнала.
5. Рефлектометрия ВОЛС. Этапы рефлектометрии от настройки рефлектометра до получения протокола измерений. Протокол измерений.
6. Каким образом рассчитать коэффициент затухания волоконно-оптических световодов при измерениях?
7. Какие существуют нормы на коэффициент затухания световодов?
8. Назовите основные причины дополнительного затухания оптического кабеля.
9. Назовите основные методы увеличения динамического диапазона оптического тестера.
10. Какие измерения позволяет производить оптический тестер?
11. Какой тип шкал используется в приемнике излучения (линейный, нелинейный, логарифмический)?
12. Зависит ли затухание, вносимое аттенюатором, от длины волны света, проходящего через него?
13. Чем обусловлено затухание сигналов в волоконных световодах?
14. Почему длины волн излучения  $\lambda=1,3$  мкм, и особенно  $\lambda=1,55$  мкм считаются наиболее перспективными в волоконно-оптических системах передачи?
15. Дайте сравнительную оценку различных методов измерения затуханий в ОВ.
16. Сколько милливатт имеет сигнал, мощность которого в относительных единицах составляет 0 дБм?
17. На какой длине волны затухание минимально: 850, 1300 или 1550 нм? Почему?

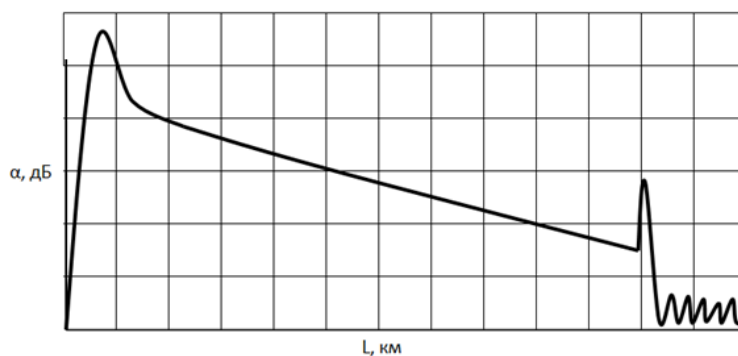
#### Типовые задачи:

1. По кривой обратного рассеяния, представленной на рисунке определить потери в неоднородности ВОЛС. Дать характеристику неоднородности. Исходные данные: цена деления по оси «L» - 10 км/дел.; цена деления по оси « $\alpha$ » - 0,5 дБ/дел.

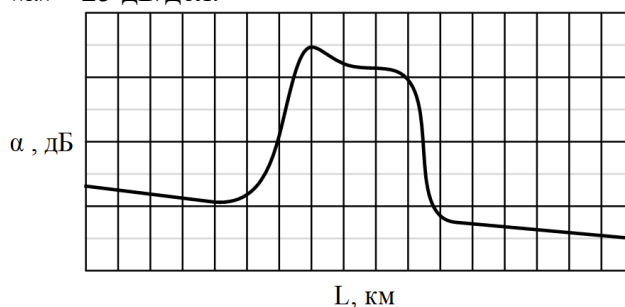


2. По кривой обратного рассеяния, представленной на рисунке определить полные оптические потери и длину ВОЛС. Исходные данные: цена деления по оси «L» - 15 км/дел.; цена деления по оси « $\alpha$ » - 0,4 дБ/дел.





3. По кривой обратного рассеяния, представленной на рисунке определить оптические потери и отражение в неоднородности ВОЛС. Исходные данные: цена деления по оси «L» - 5 м/дел.; цена деления по оси « $\alpha$ » - 25 дБ/дел.



4. Выполнить перевод мощности оптического сигнала 15,6 мВт в уровень мощности сигнала выраженный в дБм, и уровень мощности оптического сигнала 0 дБм в мощность выраженной в Вт.

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI: <http://www.aup.uisi.ru>.

### 3.4. Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания к выполнению лабораторных занятий. –URL: <http://aup.uisi.ru/3723299/>
2. Методические указания к выполнению ДКР. –URL: <http://aup.uisi.ru/3725778/>
3. Пример вопросов для подготовки к экзамену. – URL: <http://aup.uisi.ru/3723301/>