

**Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации**

**Государственное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

**ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕЧНАЯ  
СИСТЕМА**

**Самара**

Федеральное агентство связи РФ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»

Кафедра «Линии связи и измерения в технике связи»

Методическая разработка к лабораторной работе

**«Измерения на смонтированном элементарном  
кабельном участке ВОЛП»**

Составители: к.т.н. Дашков М.В.  
к.т.н. Баскаков В.С.  
асс. Ромодин А.В.

Рецензент: к.т.н. Трошин А.В

Самара  
2010

**ББК 621.391.63**

**Д 21**

**Измерения на смонтированном элементарном кабельном участке ВОЛП: учебно-методическая разработка/ М.В. Дашков, В.С. Баскаков, А.В. Ромодин, Самара: ИНУЛ ПГУТИ. 2010. – 31 с.**

**Рецензент:** к.т.н. А.В. Трошин

В учебно-методической разработке приводится систематизированный материал по выполнению комплекса измерений на смонтированном элементарном кабельном участке ВОЛП. Рассмотрены методика и алгоритм измерения суммарного затухания оптического тракта с использованием оптического тестера и оптического рефлектометра.

*Рекомендовано Методическим советом ГОУ ВПО ПГУТИ в качестве учебно-методического пособия для студентов, обучающихся по специальностям 210401, 210404, 210406.*

*Протокол заседания Методического совета ПГУТИ  
№9 от 03 декабря 2010 года*

## **Цель работы**

Изучение теоретических основ и получение практических навыков по измерению параметров смонтированного элементарного кабельного участка (ЭКУ) волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП).

## **Литература**

1. Измерения на ВОЛП. Учебное пособие для ВУЗов/В.А. Андреев, В.А. Бурдин, В.С. Баскаков, А.А. Воронков. – Самара, СРТТЦ ПГАТИ, 2001. – 162 с.
2. Измерения на ВОЛП методом обратного рассеяния. Учебное пособие для ВУЗов / В.А. Андреев, В.А. Бурдин, В.С. Баскаков, А.Л. Косова. – Самара: СРТТЦ ПГАТИ, 2003. –107 с.
3. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи: учебник для Вузов / В.А. Андреев, В.А. Бурдин, Б.В. Попова – М: Радио и связь, 1995. – 200с.
4. Нормы приёмо-сдаточных измерений элементарных кабельных участков магистральных и внутризоновых подземных волоконно-оптических линий передачи сети связи / Утверждены приказом Госкомсвязи России от 17.12.97 №97
5. РД 45.156-2000. Состав исполнительной документации на законченные строительством линейные сооружения магистральных и внутризоновых ВОЛП
6. РД 45.190-2001. Участок кабельный элементарный волоконно-оптической линии передачи. Типовая программа приемочных испытаний

## **Подготовка к работе**

Используя рекомендованную литературу и материал, представленный в приложении данного пособия, подготовить ответы на контрольные вопросы. Изучить цели и задачи проведения измерений на смонтированном элементарном кабельном участке. Изучить порядок проведения измерения затухания оптического тракта оптическим рефлектометром и оптическим тестером.

## Контрольные вопросы

1. Цели и задачи измерений на ЭКУ ВОЛП.
2. Расчет суммарного затухания на ЭКУ ВОЛП. Нормативные значения затухания основных элементов ЭКУ.
3. Параметры ВОЛП, контролируемые на ЭКУ.
4. Методы и средства измерений суммарного затухания на ЭКУ. Основные требования.
5. Требования к параметрам измерения оптического рефлектометра и к отношению сигнал-шум.
6. Порядок измерения суммарного затухания на ЭКУ оптическим рефлектометром.
7. Порядок измерения суммарного затухания ЭКУ при помощи оптических тестеров.
8. Поясните причину расхождения результатов измерения оптическим рефлектометром и оптическим тестером.
9. Требования к техническим характеристикам измерительного оборудования.

## Техника безопасности

При выполнении лабораторных работ, связанных с использованием когерентных лазерных источников излучения, необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

1. Не смотреть в выходной порт источника и на торцы коннекторов патч-кордов или оптических адаптеров.
2. Контроль качества оптического коннектора или адаптера допускается только при отсутствии в волокне излучения.
3. Для определения активности оптического волокна рекомендуется использовать измеритель оптической мощности или специальный индикатор излучения.

**Внимание!** Излучение, используемое в телекоммуникационных системных и измерительных приборах, невозможно обнаружить визуально.



## Материалы, инструменты и оборудование для выполнения работы

1. Безворсовые салфетки



2. Спирт в дозаторе



3. Оптический патч-корд (FC/UPC-FC/UPC)



4. Оптический адаптер FC



5. Источник оптического излучения FOD 2112



6. Измеритель оптической мощности FOD 1024



## Порядок выполнения работы

1. Произведите измерение суммарного затухания ЭКУ с использованием оптического рефлектометра.

2. Загрузите программное обеспечение оптического рефлектометра OTDRTOOLrus.EXE. В пункте главного меню выберите “Файл” – “Откр. трассу” и выберите файл, соответствующий исследуемому ЭКУ. В наименовании используется следующий формат:

***ECU\_Номер ЭКУ\_Направление измерения\_Длина волны.sor***

Например, рефлектограмме, снятой с ЭКУ №1 в направлении А-В на длине волны 1310 нм соответствует файл ***ECU\_01\_AB\_1310.sor***

3. Запишите параметры измерения, при которых была получена исследуемая рефлектограмма. К основным параметрам измерения относятся:

- диапазон расстояний, км;
- длительность импульса, нс (мкс);
- длина волны, нм;
- показатель преломления;
- коэффициент релеевского рассеяния, дБ;
- интервал между точками (разрешение), м;
- тип оптимизации;
- время усреднения.

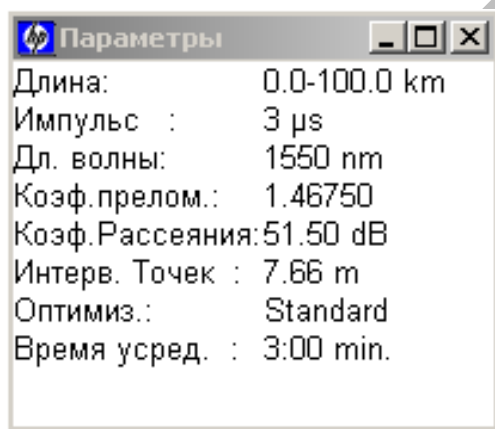
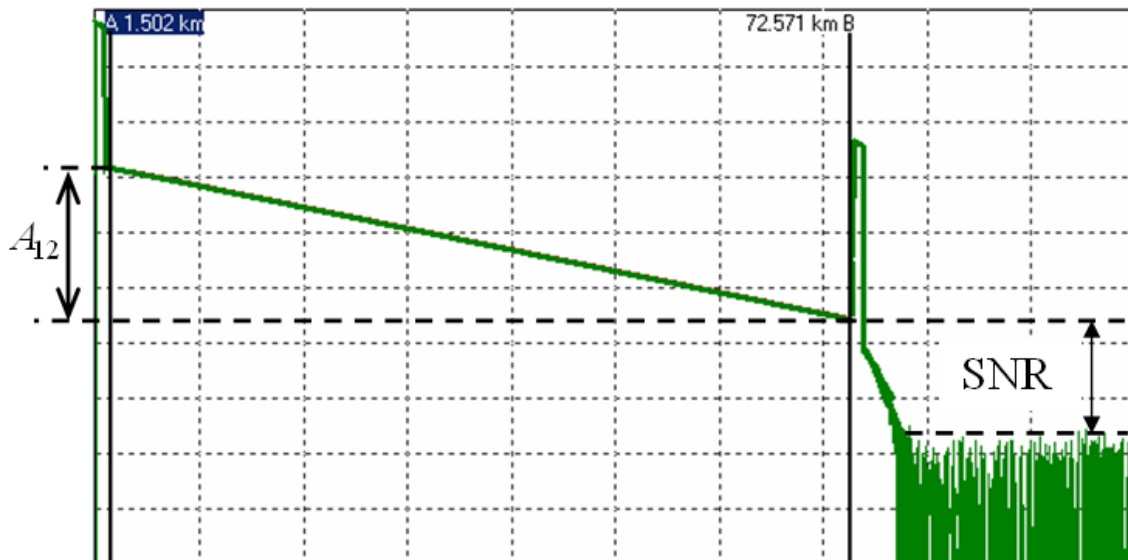


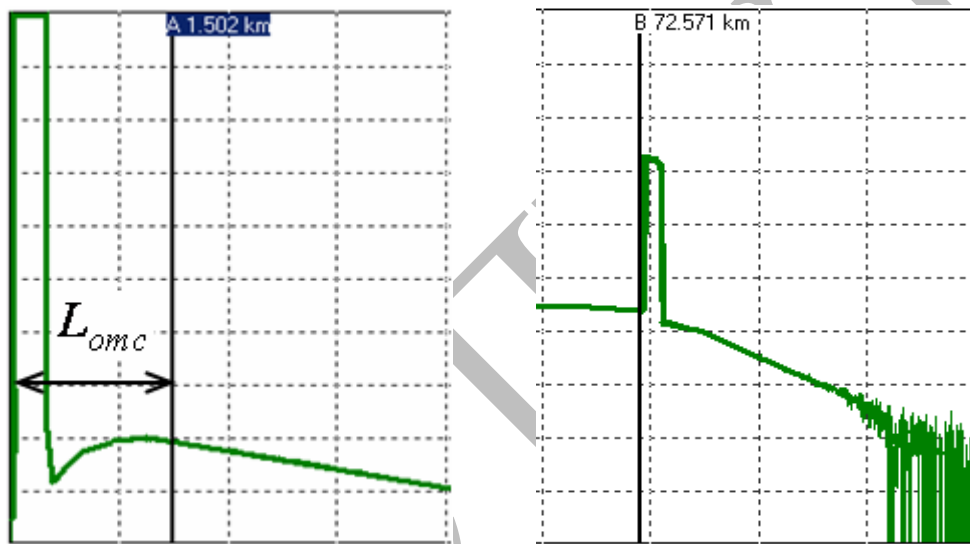
Рис. 1. Окно параметров измерения

4. Определите отношение сигнал-шум (SNR) как разность уровня релеевского сигнала в конце рефлектограммы и уровня шума (см. рис. 2 а).

5. Произведите измерение оптической длины ЭКУ. Для этого выставьте маркер В в конце рефлектограммы (см. рис. 2 а). Для увеличения точности установки маркеров отмасштабируйте исследуемый участок (см. рис. 2 б,в).



а)



б) в)

Рис. 2. Расстановка маркеров при измерении суммарного затухания

Для этого установите курсор на границе участка, который хотите увеличить и, удерживая левую кнопку мыши, выделите исследуемый участок.

Для установки маркеров наведите курсор на вертикальную черту и, удерживая левую кнопку мыши, переместите маркер в требуемую точку.

6. Выставьте маркеры для измерения суммарного затухания следующим образом: маркер **A** расположите в начале квазирегулярного участка рефлектограммы, отступив за мертвую зону, а маркер **B** расположите непосредственно в конце рефлектограммы.

Пример расстановки приведен на рис. 2.

В строке **Потери/2г** окна показаний маркеров (см. рис. 3) будет отображаться затухание на участке между маркерами **A** и **B**.



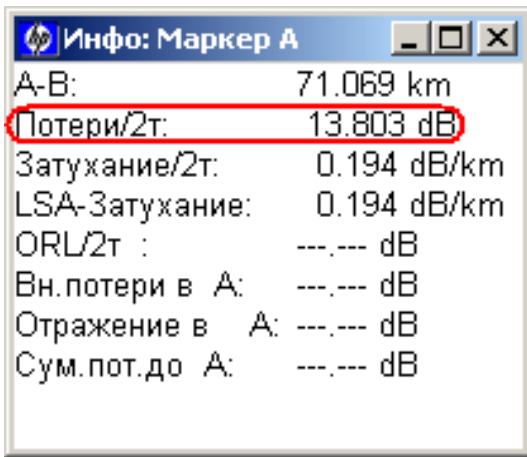


Рис. 3. Окно показаний маркеров: вносимое затухание

8. Для того чтобы учесть вклад затухания на участке ОВ, находящегося в мертвой зоне, к результату измерения следует прибавить произведение длины отступа на коэффициент затухания

$$A = A_{12} + \alpha_1 \cdot L_{отс}$$

где  $A_{12}$  – затухание, определяемое на участке между двумя маркерами, дБ;  $\alpha_1$  – коэффициент затухания первой строительной длины, дБ/км;  $L_{отс}$  – длина участка отступа, определяемая по координате первого маркера, км.

9. Для измерения коэффициента затухания первой строительной длины необходимо выставить два маркера таким образом, чтобы первый маркер находился за мертвой зоной от переднего разъема, а второй маркер располагался на квазирегулярном участке рефлектограммы в пределах первой строительной длины. Рекомендуется располагать маркеры так, чтобы расстояние между ними было не менее 1 км или по возможности максимальным.

Запишите значение коэффициента затухания, полученного в результате аппроксимации методом наименьших квадратов и отображаемого в строке **LSA-Затухание** окна показаний маркеров (см. рис. 4).

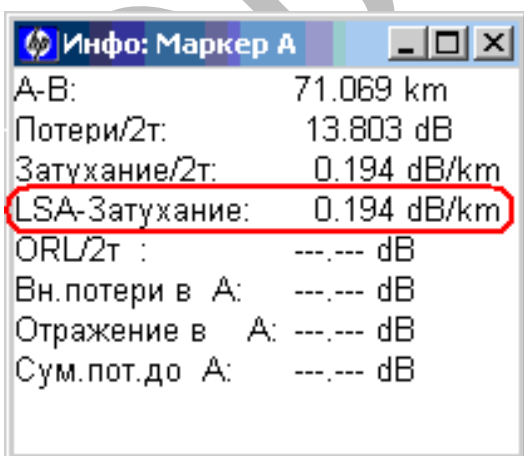


Рис. 4. Окно показаний маркеров: коэффициент затухания

Занесите полученные данные в табл. 1.

Для расчета суммарного затухания на ЭКУ определите среднее значение результатов измерения с двух сторон.

$$A_{\text{эку}} = \frac{A_{AB} + A_{BA}}{2}$$

Произведите аналогичные измерения для рефлектограммы полученной с противоположной стороны, а также для другой длины волны.

Табл. 1. Результаты измерения суммарного затухания

Длина волны	1310 нм		1550 нм	
Направление	AB	BA	AB	BA
$A_{12}$ , дБ				
$\alpha_1$ , дБ/км				
$L_{\text{омс}}$ , км				
$A$ , дБ				
$A_{\text{эку}}$ , дБ				

10. Произведите измерение суммарного затухания ЭКУ с использованием оптических тестеров.

**Примечание.** При подключениях к измерительному и кроссовому оборудованию предварительно протирайте оптические коннекторы безворсовой салфеткой, смоченной небольшим количеством изопропилового спирта.

Для подключения разъемов типа FC/PC совместите ключ на коннекторе с пазом на оптическом адаптере, зафиксируйте круглой накладной гайкой. Не прикладывайте чрезмерных усилий!



Рис. 5. Этапы подключения разъемов типа FC/PC

11. Определите опорный уровень источника оптического излучения. Подключите источник оптического излучения к измерителю оптической мощности при помощи измерительного патч-корда (см. рис. 6).

Прогрейте источник оптического излучения в течение 15 мин и снимите значения уровня мощности  $P_0$  (в дБм) на двух длинах волн 1310 и 1550 нм. Результаты занесите в табл. 2.

Патч-корд №1



Источник оптического излучения      Измеритель оптической мощности

Рис.6. Схема для определения опорного уровня источника

12. Подключите источник излучения и измеритель оптической мощности при помощи двух патч-кордов и адаптера -измерительной оптической розетки.

Отключите коннектор патч-корда от измерителя мощности. Подключение на стороне источника излучения оставляйте **неизменным**.

Подключите второй патч-корд к измерителю мощности.

Соедините коннекторы патч-кордов через оптическую розетку (см. рис. 7).

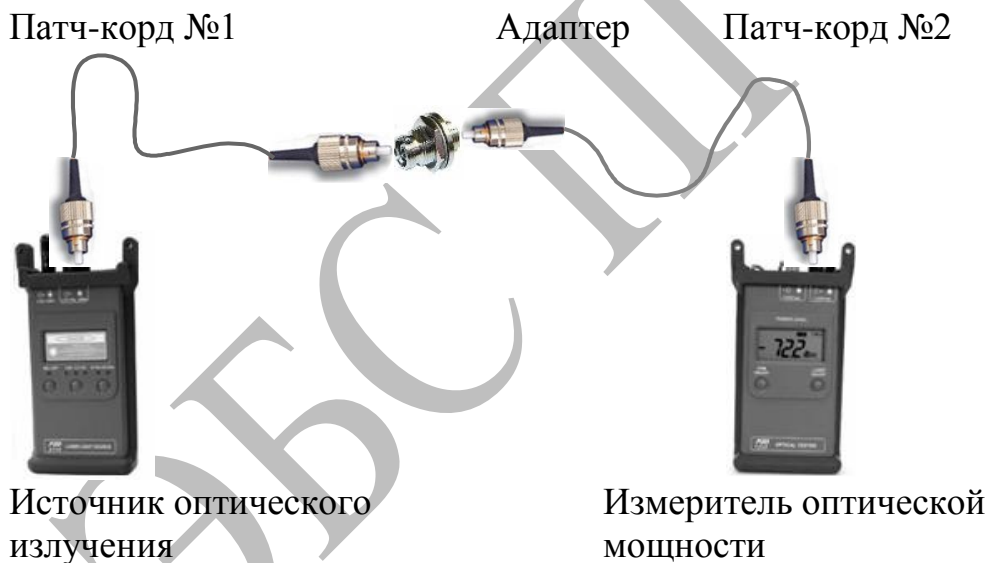


Рис.7. Схема для контроля качества второго патч-корда

13. Снимите новые значения уровня мощности  $P'_0$  (в дБм) на двух длинах волн 1310 и 1550 нм.

Если  $P_0 - P'_0 < 0.5$  дБ, качество патч-корда и условия подключения можно считать удовлетворительными.

14. После определения опорного уровня удалите измерительную розетку и, не отключая коннекторы патч-кордов на сторонах источника и измерителя, подключите к измеряемому оптическому тракту (см. рис. 3).



Рис. 8. Схема измерения на ЭКУ

15. Подключите патч-корд источника излучения к оптическому порту ст. А, а патч-корд измерителя мощности к оптической порту ст. В.

Снимите показания измерителя оптической мощности  $P_L$  (в дБм) на двух длинах волн 1310 и 1550 нм.

16. Для исключения погрешности, вызванной случайным характером качества подключения оптических коннекторов, проведите как минимум 3 измерения, каждый раз переподключая патч-корды на ст. А и ст. В.

Внимание! Полученные значения не должны отличаться более чем на 0.2 дБ. Значения, отклоняющиеся от среднего более чем на 0.2 дБ, следует исключить.

17. Занесите полученные результаты в табл. 2 и определите среднее значения уровня мощности:

$$\langle P_L \rangle = \frac{\sum_{i=1}^3 P_{L,i}}{3} \quad (1)$$

18. Определите вносимое затухание по формуле

$$A_{AB} = P_o - \langle P_L \rangle, \text{ дБ} \quad (2)$$

Табл.2. Результаты измерения вносимого затухания в направлении А-В

$\lambda$ , нм	$P_0$ , дБм	$P_L$ , дБм	$\langle P_L \rangle$ , дБм	$A_{AB}$ , дБ
1310				
1550				

Произведите аналогичные измерения в обратном направлении. Для этого источник излучения с патч-кордом перенесите на ст. В, а измеритель мощности – на ст. А. Полученные значения запишите в табл. 3.

Табл. 3. Результаты измерения вносимого затухания в направлении В-А

$\lambda$ , нм	$P_0$ , дБм	$P_L$ , дБм	$\langle P_L \rangle$ , дБм	$A_{BA}$ , дБ
1310				
1550				

19. Определите итоговое значение вносимого затухания по формуле

$$A = \frac{A_{AB} + A_{BA}}{2} \quad (3)$$

Запишите данные в табл. 3

Табл.4. Результаты измерения вносимого затухания

$\lambda$ , нм	$A_{AB}$ , дБ	$A_{BA}$ , дБ	$A$ , дБ
1310			
1550			

20. Используя данные измерений (табл. 1,4) заполните протокол измерения на смонтированном ЭКУ ВОЛП. Пример протокола приведен в Приложении 3.

21. Сравните полученные результаты измерения оптическим рефлектометром и оптическим тестером. Сделайте выводы.

## Приложение 1. Элементарный кабельный участок

Элементарным кабельным участком является вся физическая среда передачи между соседними окончаниями участка. Окончание участка – граница, выбранная условно в качестве стыка оптического волокна с активным оборудованием (регенератор, оптический усилитель, волоконно-оптическая система передачи). Для типовых ЭКУ ВОЛП данным стыком является оконечное устройство – оптический кросс. На рис. П1.1. приведена схема типового ЭКУ.

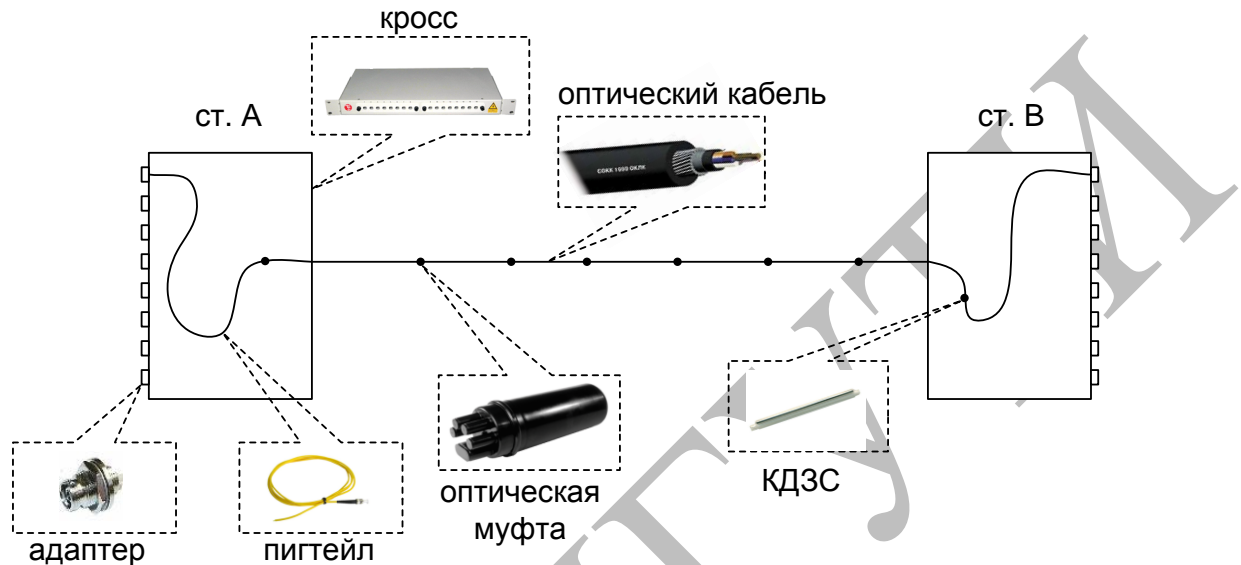


Рис. П1.1. Схема элементарного кабельного участка

Основными элементами ЭКУ, являются строительные длины оптического кабеля; сварные соединения оптических волокон строительных длин, размещенные в оптических муфтах; кроссовое оборудование, включающее оптические розетки (адаптеры) и монтажные шнуры – пиг-тейлы. Пиг-тейл представляет собой отрезок оптического волокна в защитном 900 мкм буфере с одной стороны оконцованный оптическим коннектором и подключаемый к адаптеру кросса, а с другой стороны свариваемый с оптическим волокном линейного кабеля.

Одним из основных параметров элементарного кабельного участка (ЭКУ) является затухание.

Суммарное затухание оптического тракта будет складываться их вносимых затуханий отдельных компонент: затухания оптического волокна линейного кабеля, затухания сварных соединений, затухания на оптических розетках.

Оценку суммарного затухания на ЭКУ можно произвести по формуле

$$A_{\text{эку}} \text{ дБ} = \alpha L_{\text{эку}} + a_c n_c + a_p n_p, \text{ дБ}$$

$\alpha$  – коэффициент затухания оптического волокна, дБ/км;

$L_{\text{эку}}$  – протяженность элементарного кабельного участка, км;

$a_c$  – затухание сварных соединений оптических волокон, дБ;

$n_c$  – количество сварных соединений;

$a_p$  – затухание разъемных соединений, дБ;  
 $n_p$  – количество разъемных соединений.

Для получения максимального значения суммарного затухания ЭКУ в расчетах используются максимально-допустимые значения для коэффициента ОВ и затухания сварных и разъемных соединениях.

Табл. П.1.

Параметр	Длина волны	
	1310 нм	1550 нм
Коэффициент затухания, дБ/км	$\leq 0.36$	$\leq 0.22$
Затухание сварного соединения, дБ	$\leq 0.2$ для 100% $\leq 0.1$ для 50%	$\leq 0.1$ для 100% $\leq 0.05$ для 50%
Затухание разъемного соединения, дБ	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$

В состав измерений на смонтированном ЭКУ входит контроль суммарного затухания и оптической длины. По результатам измерения можно судить о соответствии смонтированного участка параметрам, предусмотренным проектом, и о работоспособности волоконно-оптической системы передачи.

## Приложение 2. Измерение суммарного затухания ЭКУ

На практике при измерении суммарного затухания оптического тракта ВОЛП применяют метод вносимого затухания и метод обратного рассеяния и основными приборами являются оптический тестер и оптический рефлектометр.

Особенности измерения суммарного затухания на ЭКУ:

- измерения производятся с двух сторон ЭКУ;
- измерения, как правило, рекомендуется производить на двух длинах волн 1310 и 1550 нм (если для передачи используются другие длины волн, например 1490 нм в некоторых пассивных оптических сетях, измерение целесообразно производить также и на них);
- по согласованию с заказчиком допускается проведение измерений на одной длине волны, соответствующей рабочему длине волны волоконно-оптической системы передачи;
- в протокол включаются результаты измерения оптическим тестером и оптическим рефлектометром.

Измерительное оборудование должно обладать техническими характеристиками не хуже приведенных в табл. в табл. П2-3 [4].

Табл П.2. Требования к техническим характеристикам оптического рефлектометра

Характеристика	Значение
Рабочая длина волны, мкм	1,31; 1,55
Динамический диапазон измеряемых значений затухания при отношении сигнала к среднеквадратическому значению шума равном 1; дБ, при длине волны: 1310±20 нм 1550±20 нм	37 или $A_{SR} + 2$ 35 или $A_{SR} + 2$
Измеряемая длина, км	150



продолжение Табл. П.2

Погрешность измерения затухания (относительная нелинейность вертикальной шкалы рефлектометра), не более, %	5
Диапазон измерения устанавливаемого значения показателя преломления	1,4000...1,6000
Точность установки показателя преломления	0,0001
Погрешность по длине, на ЭКУ, %	0,01
Минимальная мертвая зона, м	40
Разрешающая способность по вертикали, дБ	0,001

В таблице  $A_{SR}$  соответствует суммарному затуханию оптического тракта ЭКУ.

Табл П.3. Требования к техническим характеристикам оптического рефлектометра

Характеристика	Значение
Рабочая длина волны, мкм	1,31; 1,55
Уровень оптической мощности, дБм	0; +10
Стабильность выходного уровня во времени, дБм	$\pm 0,1$
Диапазон измеряемых уровней, дБм	+10...-60
Погрешность измерения затухания, %	5
Разрешающая способность по уровню, дБм	0,01

**Измерение суммарного затухания ЭКУ с использованием оптического рефлектометра.**

Для измерения суммарного затухания смонтированного ЭКУ ВОЛП оптический рефлектометр при помощи измерительного патч-корда подключается к оптическим портам на кроссовом оборудовании. Перед подключением необходимо убедиться в отсутствии постороннего излучения в оптическом тракте. Для этого может использоваться индикатор наличия оптического излучения или измеритель оптической мощности. При наличии в оптическом рефлектометре опции контроля наличия сигнала в линии рекомендуется ее активировать.

Настройка оптического рефлектометра сводится к установке корректных параметров измерения.

**Рекомендации по установке параметров измерения.**

1. *Длина волны.* Как правило, измерения производятся на двух длинах волн 1310 нм и 1550 нм. По согласованию с заказчиком допускается проведение измерений только на той длине, волны, на которой предполагается работы ВОСП.

2. **Диапазон расстояний** должен превышать протяженность оптического волокна ЭКУ. В конце рефлектограммы должен оставаться участок шума, достаточный для определения отношения сигнал-шум.

3. **Длительность импульса и время усреднения** следует выбирать таким образом, чтобы отношение сигнал-шум в конце рефлектограммы было не менее 3 дБ. Требуемые значения будут определяться суммарным затуханием оптического тракта, а, следовательно, протяженностью ЭКУ и длиной волны измерения.

4. **Показатель преломления** должен быть выставлен в соответствии с паспортными данными оптического волокна в кабеле, используемом на ЭКУ.

5. **Количество точек данных (объем данных)** следует выбирать максимальным, чтобы снизить погрешность измерения оптической длины.

6. **Коэффициент рассеяния (Backscatter Coefficient)**. В некоторых приборах, может использоваться понятие **уровень обратного рассеяния (Backscatter Level)**. Данные параметры не влияют на точность измерения расстояния и суммарного затухания, следовательно, корректировать заводские установки рефлектометра нет необходимости. В большинстве оптических рефлектометров по умолчанию выставлены значения для стандартных кварцевых ступенчатых ОВ.

5. **Оптимизация, фильтрация**. Опции фильтрации сигнала или оптимизации по динамическому диапазону, доступные в ряде моделей рефлектометров позволяют снизить зашумленность рефлектограммы за счет дополнительной обработки сигнала. Однако при этом значительно увеличиваются мертвые зоны на неоднородностях и затрудняется локализация сварных соединений. Поскольку при измерении на смонтированном ЭКУ контролируется суммарное затухание, в отдельных случаях при сильной зашумленности рефлектограммы допускается использование подобных режимов. В большинстве случаев рекомендуется проводить измерения в стандартном режиме.

### **Расстановка маркеров при измерении суммарного затухания на ЭКУ**

Для измерения суммарного затухания необходимо выставить два маркера: один в начале рефлектограммы, отступив за мертвую зону от переднего разъема, а второй – в конце рефлектограммы. При измерении должен быть выбран метод аппроксимации по двум точкам. В различных версиях рефлектометров могут использоваться следующие обозначения этого метода: 2t, 2p, Two Point Approximation (ТРА) и др.

Для того чтобы учесть вклад в затухание участка ОВ, находящегося в мертвой зоне, к результату измерения следует прибавить произведение длины отступа на коэффициент затухания

$$A = A_{12} + \alpha_1 \cdot L_{omc}$$

где  $A_{12}$  – затухание, определяемое на участке между двумя маркерами, дБ;  $\alpha_1$  – коэффициент затухания первой строительной длины, дБ/км;  $L_{omc}$  – длина участка отступа, определяемая по координате первого маркера, км

Для исключения систематической погрешности, вызванной разницей коэффициентов рассеяния ОВ строительных длин ОК, измерения производятся с двух сторон ЭКУ, и результирующее значение определяется по формуле:

$$A = \frac{A_{AB} + A_{BA}}{2}$$

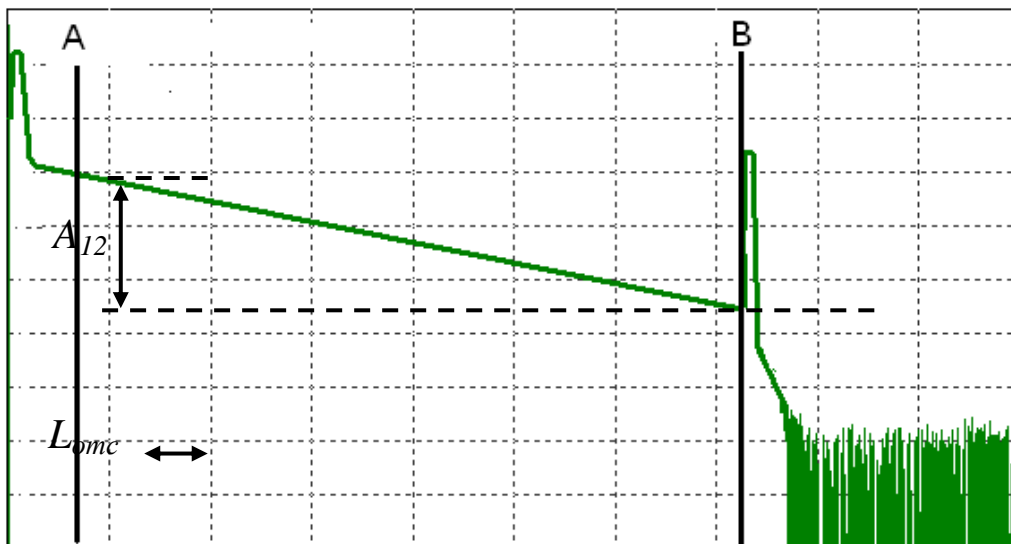


Рис. П.2.1. Расстановка маркеров при измерении суммарного затухания

### Измерение суммарного затухания ЭКУ с использованием оптического тестера.

1. Перед измерением источник излучения должен быть прогрет для стабилизации уровня выходного излучения. Как правило, рекомендуемое время прогрева составляет 5 -15 мин.

2. Определяется опорный уровень излучения источника с учетом потерь на вводе излучения в измерительный патч-корд. Калибровку рекомендуется производить в два этапа. Вначале источник излучения и измеритель соединяются при помощи измерительного патч-корда и определяется опорный уровень  $P_0$ . Затем, оставляя условие подключения на стороне источника неизменным, подключают измеритель мощности через второй патч-корд и измерительную оптическую розетку. Прирост затухания при этом не должен превышать 0.5 дБ. Данный этап позволяет проконтролировать качество второго патч-корда и качество его подключения к измерителю оптической мощности. Опорный уровень должен быть определен на каждой длине волны.

3. Далее, оставляя без изменения подключения патч-кордов к источнику излучения и измерителю мощности, измерительная розетка удаляется, и откалиброванные приборы развозятся на противоположные стороны ЭКУ и подключаются к кроссовому оборудованию.

4. Определяется уровень мощности на приеме  $P_L$ . Для снижения погрешности, вызванной случайным характером качества подключения оптических коннекторов, рекомендуется проводить как минимум 3 измерения, каждый раз пе-

реподключая патч-корды на кроссовом оборудовании. Полученные значения усредняются и определяется уровень  $\langle P_L \rangle$ .

5. Суммарное затухание рассчитывается по формуле

$$A = P_0 - \langle P_L \rangle, \text{ дБ}$$

где  $P_0$ ,  $\langle P_L \rangle$  - показания измерителя мощности в дБм.

Примечание. При вычислении должны учитываться все знаки. Например, если  $P_0 = -5$  дБм, а  $\langle P_L \rangle = -20$  дБм вносимое затухание будет рассчитываться как

$$A = -5 - (-20) = 15 \text{ дБ}$$

6. Измерения производятся в двух направлениях на заданных длинах волн. При этом источник излучения и измеритель мощности меняют местами.

6. Рассчитывают вносимое затухание с учетом опорного уровня. Итоговым значением затухания является среднее значение результатов измерения с двух сторон.

$$A = \frac{A_{AB} + A_{BA}}{2}$$

После проведения измерений двумя методами необходимо сравнить полученные значения.

Результат измерения суммарного затухания оптическим тестером больше, чем результат измерения оптическим рефлектометром. Это объясняется тем, что при измерении оптическим рефлектометром в результат не входят потери в оконечных устройствах: затухание на разъёмных соединениях и на сварных соединениях пиг-тейлов и ОВ линейного кабеля в кроссе. Данные объекты попадают в мертвую зону на переднем разъеме и при стандартном подключении рефлектометра с использованием типового измерительного патч-корда не могут быть учтены. Следует отметить, что возможно измерение суммарного затухания оптическим рефлектометром с учетом потерь в кроссовом оборудовании, однако для этого требуется размещение двух измерительных катушек с двух сторон ЭКУ.

Допустимая величина расхождения составляет не более 1.5 дБ. Подобная величина определяется тем, что результат измерения оптическим тестером включает затухание двух оптических розеток, а также затухание двух сварных соединений в оптических кроссах. В случае значительной разницы результатов (более 1.5 дБ) можно сделать вывод о дефектах монтажа кроссового оборудования.

### Приложение 3. Состав протокола измерения на смонтированном ЭКУ

По результатам измерений на смонтированном ЭКУ составляется протокол. Как правило, протокол должен содержать следующую информацию:

- наименование ВОЛП;
- данные оптического рефлектометра: модель и серийный номер рефлектометра, срок действия поверки;
- данные оптического тестера: модель и серийные номера источника излучения и измерителя мощности, срок действия поверки;
- параметры измерений: длина волны излучения, коэффициент преломления, длительность импульса;
- оптическая длина ЭКУ;
- физическая длина ЭКУ;
- результаты двухсторонних измерений суммарного затухания оптическим рефлектометром и результат усреднения;
- результаты двухсторонних измерений суммарного затухания оптическим тестером и результат усреднения;
- подпись специалиста, производившего измерения.

Формы и состав протоколов, принятые различными организациями, могут отличаться.

Состав исполнительной документации на смонтированный ЭКУ и примеры протоколов приведены в [5,6].

## Протокол измерений смонтированного ЭКУ

ВОЛП, участок: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Рефлектометр (тип, зав.№): \_\_\_\_\_ Срок действия поверки: \_\_\_\_\_

Оптический тестер (тип, зав.№): \_\_\_\_\_ Срок действия поверки: \_\_\_\_\_

Показатель преломления: \_\_\_\_\_

Рабочая длина волны, нм \_\_\_\_\_

Оптическая длина, км \_\_\_\_\_

Физическая длина, км \_\_\_\_\_

Номер модуля (цвет)	Номер ОВ	Цвет ОВ	Затухание, дБ, по данным:						
			рефлектометра			оптического тестера			
			A-B	B-A	$\frac{(A+B)}{2}$	A-B	B-A	$\frac{(A+B)}{2}$	
Красный	1								
	2								
	3								
	4								
Зеленый	5								
	6								
	7								
	8								
....	....								

Представитель Заказчика

Представитель Подрядчика

## Приложение 4. Оптический тестер

Источник оптических сигналов FOD 2112 содержит два лазерных диода Фабри-Перо с длиной волны излучения 1310 и 1550 нм.

### Технические характеристики FOD 2112

1. Рабочие длины волн:  $(1550 \pm 20)$  и  $(1310 \pm 20)$  нм.
2. Максимальная выходная мощность непрерывного немодулированного оптического излучения не менее -5 дБм (0.3 мВт).
3. Относительная нестабильность выходной мощности оптического излучения за 15 мин работы при температуре  $(20 \pm 5)^{\circ} \text{C}$  не более 0,05 дБ.
4. Ширина спектра излучения не более 5 нм.
5. Режимы работы:
  - непрерывное немодулированное оптическое излучение;
  - модуляция частотой 1 кГц и 2 кГц.
6. Тип оптического разъема: FC/PC.
7. Рабочие условия эксплуатации источника:
  - температура окружающей среды  $10\text{-}35^{\circ} \text{C}$ ;
  - относительная влажность воздуха до 80% при температуре  $25^{\circ} \text{C}$ .
8. Время непрерывной работы от внутреннего источника питания без подзарядки 24 ч.

Примечание. Перед измерениями прибор необходимо прогреть в течение 15 мин.

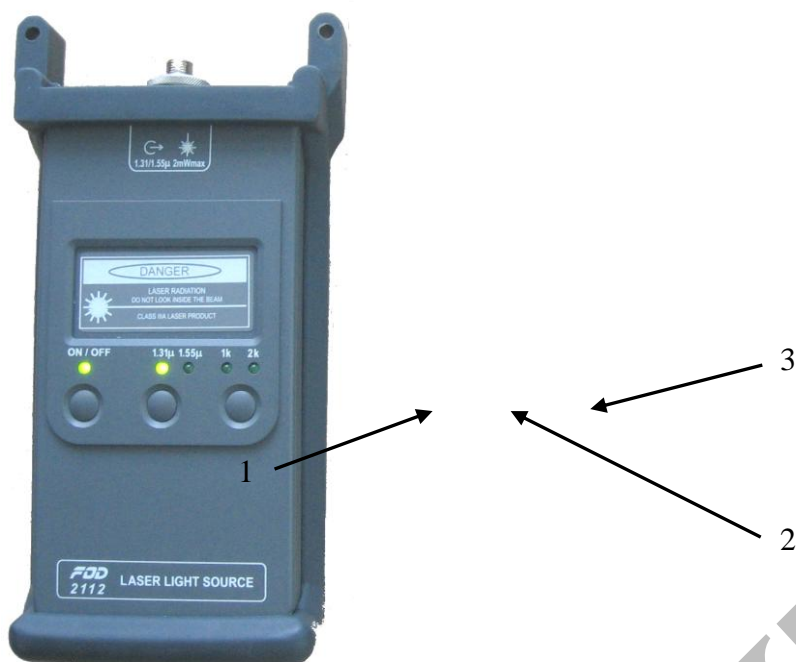
### Основы работы с FOD 2112

Источник включается с помощью кнопки **1 (ON/OFF)**.

Переключение длины волны излучения производится кнопкой **2 (1.31μ/1.55μ)**. При этом в соответствии с выбранной длиной волны будет светиться соответствующий светодиод: **1.31μ** при длине волны 1310 нм и **1.55μ** при длине волны 1550 нм.

Переключение режима модуляции волны излучения производится кнопкой **3**. При этом в соответствии с выбранной частотой модуляции длиной волны будет светиться соответствующий светодиод: **1к** при частоте 1 кГц и **2к** при частоте 2 кГц.

Режиму непрерывного излучения соответствуют погашенные светодиоды **1к** и **2к**.



- 1 – Кнопка включения/выключения прибора (ON/OFF)
- 2 – Кнопка выбора длины волны (1.31μ/1.55μ)
- 3 – Кнопка выбора режима модуляции (1 k / 2 k)

Рис. П 4.1. Источник оптических сигналов FOD 2112

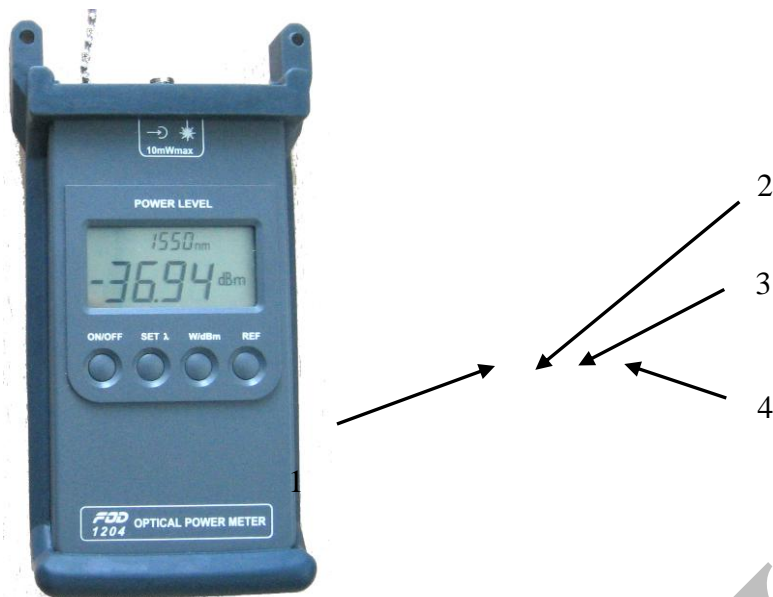
### **Измеритель уровня оптической мощности FOD 1204**

Измеритель уровня оптической мощности FOD 1204 предназначен для измерения средней мощности оптического излучения в спектральных диапазонах 820-880; 1270-1340; 1520-1580 нм, а также для использования в качестве индикатора при оценке оптической мощности в спектральных диапазонах 959-1010 и 1450-1510 нм.

### **Технические характеристики FOD 1204**

1. Длина волны 850/980/1310/1480/1550 нм.
2. Тип фотодиода InGaAs.
3. Диапазон измерения средней мощности оптического излучения от -73 до +10 дБм.
4. Основная погрешность измерения средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки (850±10), (1310±10), (1550±10) нм при уровне мощности оптического излучения 0 дБм не более ±0,15 дБ (±3,5%).
5. Систематическая составляющая основной погрешности измерения средней мощности оптического излучения в спектральных диапазонах 820-880, 1270-1340, 1520-1580 нм не более ±0,1 дБ (±2%).
6. Рабочие условия эксплуатации источника:
7. - температура окружающей среды 10-40<sup>0</sup> С;
8. - относительная влажность воздуха до 90% при 30<sup>0</sup>С.





- 1 – Кнопка включения/выключения прибора (ON/OFF)
- 2 – Кнопка выбора длины волны (SET  $\lambda$ )
- 3 – Кнопка выбора единицы измерения (W/dBm)
- 3 – Режим измерения относительных уровней мощности (REF)

Рис. П 4.2. Источник оптических сигналов FOD 2112

### Основы работы с FOD 1204

Для включения измерителя, необходимо нажать кнопку **ON/OFF** и удерживать ее в течение 1 с.

В источнике предусмотрен режим автоматического выключения через 10 мин после включения. Если необходимо отключить этот режим, нужно при включении измерителя удерживать кнопку **ON/OFF** в течении 3 с до появления на индикаторе надписи 1h. В этом случае измеритель автоматически выключается через 1 час после последнего нажатия.

Кнопка **SET  $\lambda$**  позволяет установить длины волн: 850, 980, 1310, 1480, 1550 нм. При очередном нажатии на эту кнопку значение длины волны изменяется на следующее по возрастанию. После значения 1550 нм следует 850 нм.

Кнопка **W/dBm** позволяет производить измерения оптической мощности в ваттах и децибелах относительно 1 мВт (дБм).

Кнопка **REF** позволяет производить измерения относительно какого-либо введенного в память прибора значения. При нажатии этой кнопки текущее значение оптической мощности будет запомнено, а на индикаторе показано относительное значение уровня, выраженное в децибелах (дБ).

## Приложение 5. Основы работы программным обеспечением оптического рефлектометра

На рис. изображен внешний вид интерфейса программного обеспечения (ПО) оптического рефлектометра.

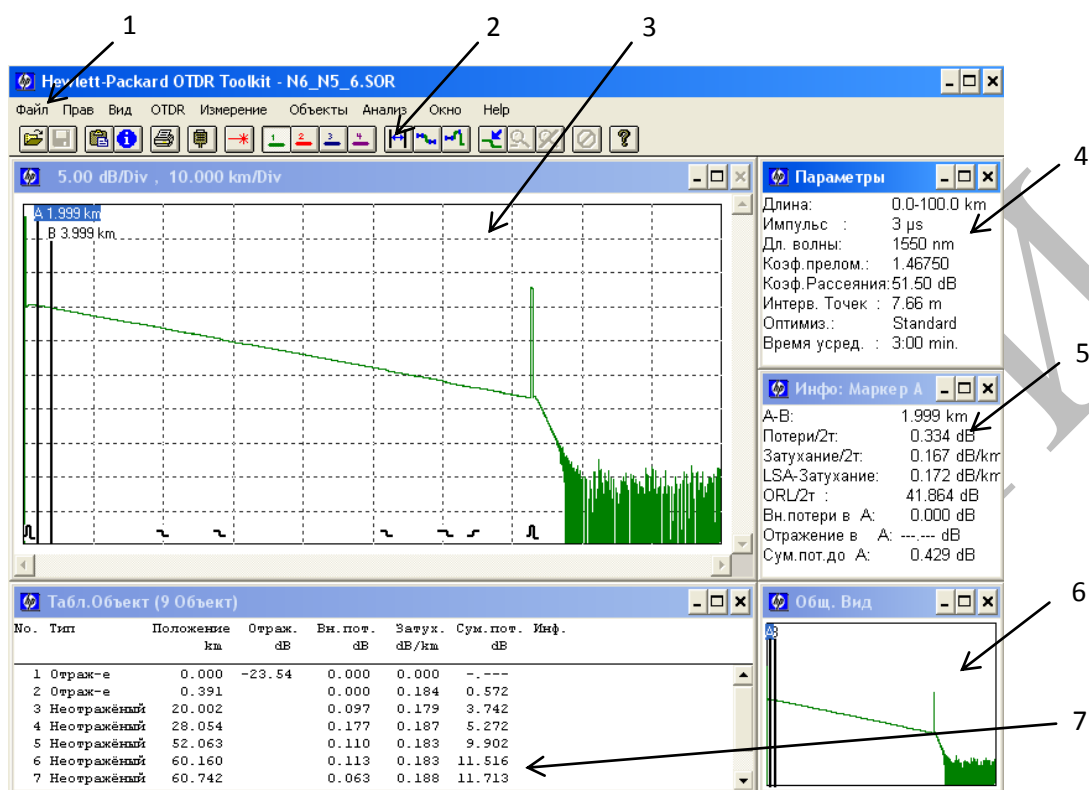

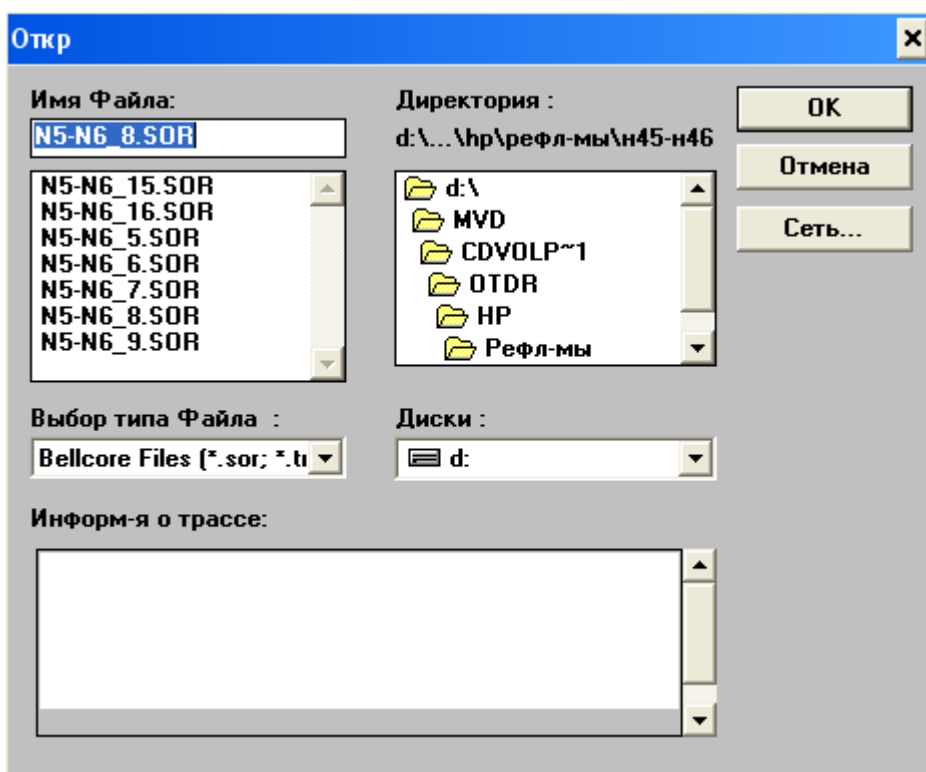


Рис. П5.2 – Внешний вид ПО оптического рефлектометра

### Основные элементы интерфейса.

- 1 – Строка основного меню
- 2 – Панель инструментов
- 3 – Окно рефлектограммы
- 4 – Параметры измерения
- 5 – Показания маркеров и результаты измерения
- 6 – Окно общего вида рефлектограммы
- 7 – Таблица объектов

**Открытие рефлектограммы.** В строке основного меню выберите вкладку “Откр. Трассу” или в панели инструментов выберите кнопку . В диалоговом окне выберите директорию, где находятся файлы рефлектограмм и выберите имя файла, соответствующее вашему варианту.



**Масштабирование.** Для того, чтобы отмасштабировать рефлектограмму, установите курсор мыши около того места, которое необходимо увеличить, и, удерживая левую клавишу мыши, выделите исследуемый участок.

**Расстановка маркеров.** Для установки маркера необходимо выставить курсор мыши на вертикальный маркер и, удерживая левую клавишу мыши, переместить маркер в нужную точку.