

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-  
ние высшего образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра линий связи и измерений в технике связи

Т.Г. НИКУЛИНА, М.В. ДАШКОВ

## **ИЗМЕРЕНИЕ ВНОСИМЫХ ПОТЕРЬ НА СТЫКАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЛИН ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ**

Методические указания  
по выполнению лабораторной работы

Самара

2017

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ, протокол № 2 от 10.10.2017 г.

Рецензент:  
доцент, кафедра систем связи ФГБОУ ВО ПГУТИ,  
к.т.н., Трошин А.В.

**Никулина, Т.Г., Дашков, М.В.**

**Д Измерение вносимых потерь на стыках строительных длин оптических кабелей** методические указания по выполнению лабораторной работы/ Т.Г. Никулина. – Самара: ПГУТИ, 2017. –27 с.

В учебно-методической разработке приводится систематизированный материал, посвященный измерению вносимых потерь на сварных соединениях оптических волокон кабелей методом обратного рассеяния. В результате выполнения лабораторной работы студенты получают навыки работы в оболочке оптического рефлектометра, обработки рефлектограмм и измерения вносимых потерь на стыках строительных длин оптических кабелей.

Методические указания предназначены для студентов 4 курса, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, и для студентов 3 курса, обучающихся по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы и предназначены для проведения лабораторных занятий.

При подготовке методических указаний использовались материалы книги: Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛЕСАРарт, 2005. 208 с.

**Цель работы:** Получения практических навыков измерения вносимых потерь на стыках строительных длин оптических кабелей методом обратного рассеяния.

### **Литература.**

1. Измерения на ВОЛП. Учебное пособие для вузов / Андреев В.А. [и др.]. – Самара: ООО «Издательство АСГАРД», 2015. – 225 с.
2. Измерения на ВОЛП методом обратного рассеяния. Учебное пособие для вузов / Андреев В.А., Бурдин В.А., Баскаков В.С., Косова А.Л. – Самара, СРТТЦ ПГАТИ, 2015. – 122 с.
3. Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛЕСАРарт, 2005. 208 с.
4. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; ред. В. А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. – Т. 1 : Теория передачи и влияния. - 422 с.
5. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2010. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите общие положения теории метода обратного рассеяния.
2. Поясните принцип действия оптических рефлектометров OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Нарисуйте структурную схему OTDR. Поясните назначение блоков.
3. Нарисуйте типичную рефлектограмму ВОЛП, указав на ней все возможные типы неоднородностей.
4. Приведите основные рабочие параметры OTDR: динамический диапазон, разрешающая способность и т.д.
5. Какие параметры ВОЛП, могут быть измерены методом обратного рассеяния?
6. Поясните, как корректно произвести выбор и установку параметров измерения OTDR. Каковы требования к отношению сигнал-шум при измерении коэффициента затухания ОВ, потерь на сварном соединении, общих потерь на элементарном кабельном участке (ЭКУ) ВОЛП?
7. Поясните как зависят характеристики обратного рассеяния от параметров измерения.
8. Поясните как выполняются измерения расстояния до неоднородности. Каковы факторы, влияющие на точность измерения оптической длины?

9. Поясните как выполняются измерения коэффициента затухания на квазирегулярном участке. Каковы требования к условиям измерения? Какие факторы, влияют на точность измерения?
10. Поясните как выполняются измерения вносимых потерь на сварном соединении. при монтаже оптических муфт. Какая применяется схема измерения? Каковы нормы потерь на сварном соединении?
11. Поясните как выполняются измерения потерь на смонтированном ЭКУ с помощью OTDR. Поясните схему и порядок измерения, контролируемые параметры и нормы.

### Общий порядок выполнения работы

1. В работе необходимо произвести измерения вносимых потерь на стыках строительных длин (сварных соединениях) оптических кабелей на двух длинах волн 1310 нм и 1550 нм.
2. Обрабатываемые рефлектограммы выбираются согласно номеру бригады из табл. 1.

Табл. 1

Названия файлов рефлектограмм для различных бригад

№ бригады	Краткая характеристика	Имя файла
1	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-1-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-1-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-1-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-1-1550-30.sor
2	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-2-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-2-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-2-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-2-1550-30.sor
3	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-3-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-3-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ,	ab-3-1550-30.sor



	измеренная на длине волны 1550 нм	
9	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-9-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-9-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-9-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-9-1550-30.sor

3. Схема ЭКУ ВОЛП, на котором производились измерения характеристик обратного рассеяния (рефлектограмм) ВОЛП приведена на рис.1.

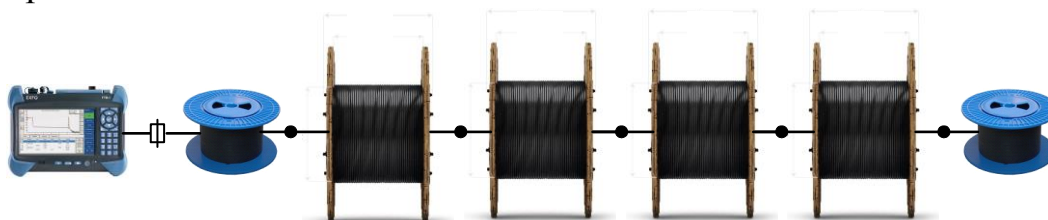


Рис. 1 – Схема ЭКУ ВОЛП

4. Откройте файл обрабатываемой рефлектограммы в заданной преподавателем оболочке рефлектометра (подробная последовательность работы в различных оболочках OTDR описана в методической разработке далее).
5. Произведите идентификацию всех неоднородностей и выполните измерения общей длины ЭКУ ВОЛП и расстояний до каждой неоднородности измеренных со стороны АБ и БА. Результаты запишите в табл. 2 в столбцы  $L_{АБ}$ ,  $L_{БА}$ .

Табл. 2

Результаты измерений

№ Неоднородности	$L_{АБ}$ , км	$L_{БА}$ , км	1310 нм			1550 нм		
			$a_{АБ}$ , дБ	$a_{БА}$ , дБ	$a_c$ , дБ	$a_{АБ}$ , дБ	$a_{БА}$ , дБ	$a_c$ , дБ
1								
2								
.								
.								
.								
n								
Общая длина ЭКУ ВОЛП								

6. Произведите измерения вносимых потерь на всех идентифицированных неоднородностях со стороны АБ и БА на двух длинах волн. Для этого необходимо выполнить обработку (измерения) четырёх рефлектограмм. Результаты занесите в табл. 2 в столбцы  $a_{АБ}$ , дБ и  $a_{БА}$ ,
7. **Важно!** При выполнении измерений помните, что если неоднородность на рефлектограмме трассы со стороны АБ находится в начале линии, то эта же неоднородность на рефлектограмме со стороны БА будет находиться в конце линии (рис. 3).

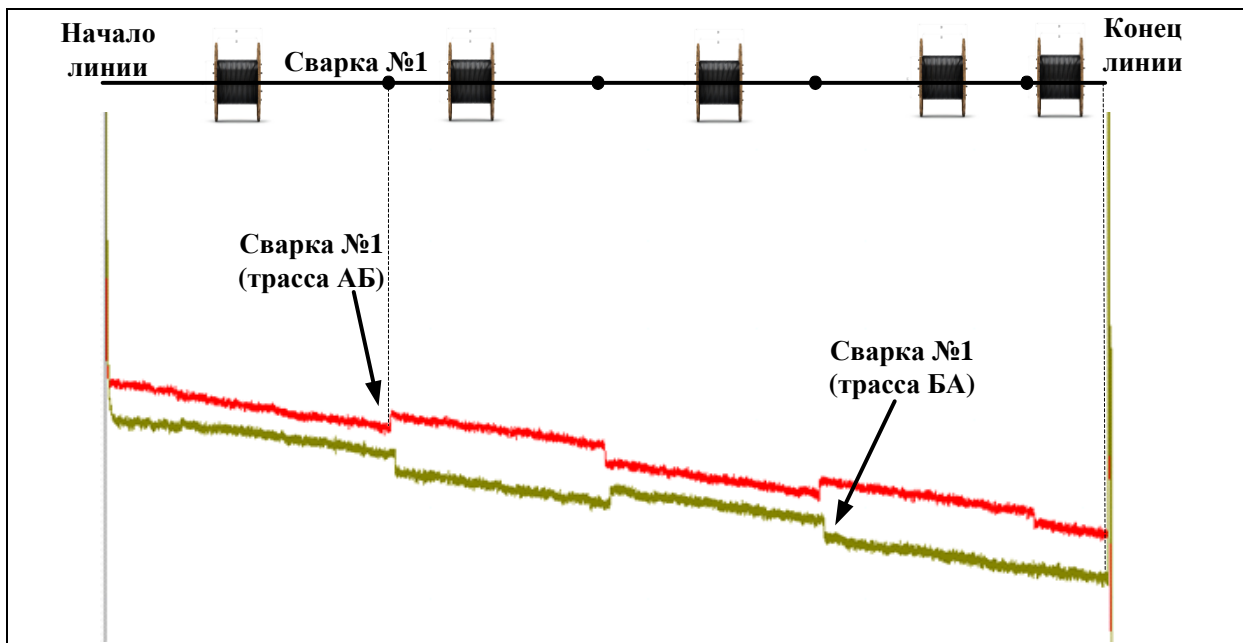


Рис. 3 – Пример рефлектограмм трассы ЭКУ ВОЛП со стороны АБ и БА

8. Для измерения вносимых потерь на неоднородности (сварном соединении) со стороны АБ и БА необходимо произвести корректную расстановку маркеров (4 или 5 маркеров в зависимости от того в какой оболочке работает измеритель)
9. На рис. 4 и рис. 5 представлены примеры расстановки маркеров на сварном соединении по пяти- и четырех-маркерным схемам. **Важно!** Четырех-маркерная схема отличается от пяти-маркерной тем, что отсутствует маркер, выставляемый на конец квазирегулярного участка перед неоднородностью. На рис. 4 – это маркер под номером 2.
10. После выполнения измерений вносимых потерь на сварных соединениях со стороны АБ и БА рассчитайте значение потерь на каждой неоднородности по формуле:

$$a_c = \frac{a_{АБ} + a_{БА}}{2}, \text{ дБ}$$

**Важно!** Находится сумма  $a_{AB} + a_{BA}$  с учетом знака. Пример: пусть  $a_{AB} = 0,06$  дБ,  $a_{BA} = -0,02$  дБ, тогда

$$a_c = \frac{a_{AB} + a_{BA}}{2} = \frac{0,06 + (-0,02)}{2} = \frac{0,06 - 0,02}{2} = 0,02, \text{ дБ}$$

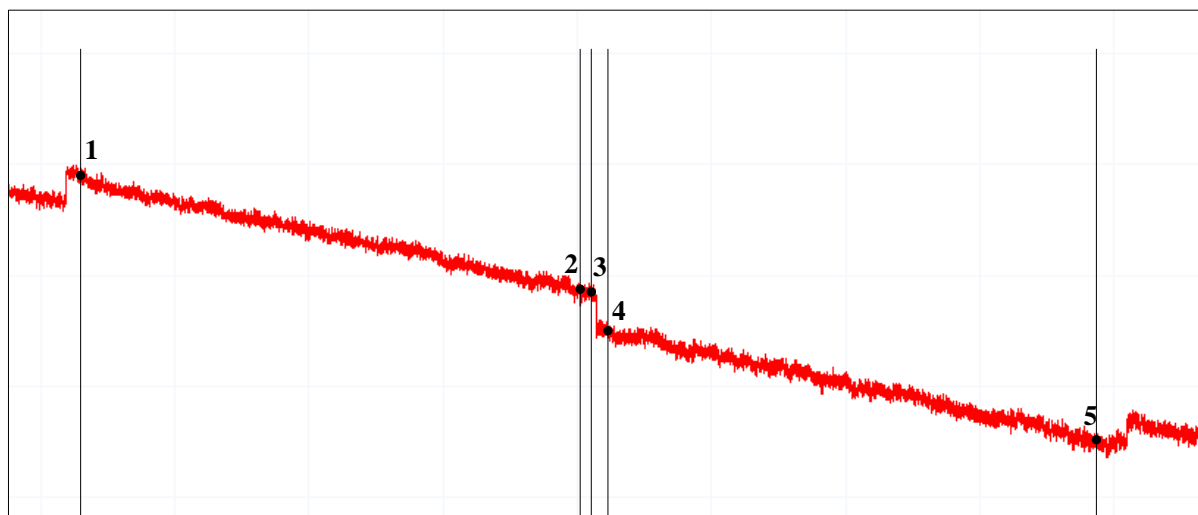


Рис. 4 – Пяти-маркерная схема расстановки маркеров для измерения вносимых потерь на сварном соединении

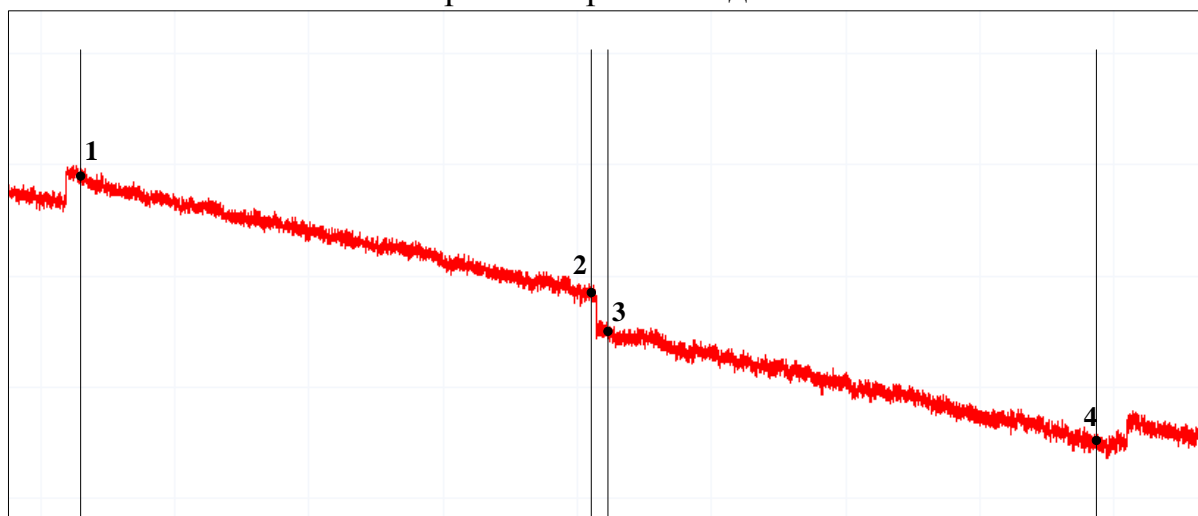


Рис. 5 – Четырех-маркерная схема расстановки маркеров для измерения вносимых потерь на сварном соединении

11. Значения  $a_c$  занесите в табл. 2 и выполните оценку потерь на всех неоднородностях (сварных соединениях) на соответствие нормам. Нормы потерь на сварных соединениях для двух длин волн приведены в табл. 3.

12. Сделайте выводы по проделанной работе.



Нормы потерь на сварных соединениях

Значения потерь на длине волны:	100 %	50 %
1310	0,2 дБ	0,1 дБ
1550	0,1 дБ	0,05 дБ

### Порядок выполнения работы в оболочке OTDR Trace Viewer III

1. Загрузите оболочку OTDR Trace Viewer III.
2. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой. Для этого нажмите кнопку «Open File» показанную на рис. 6.

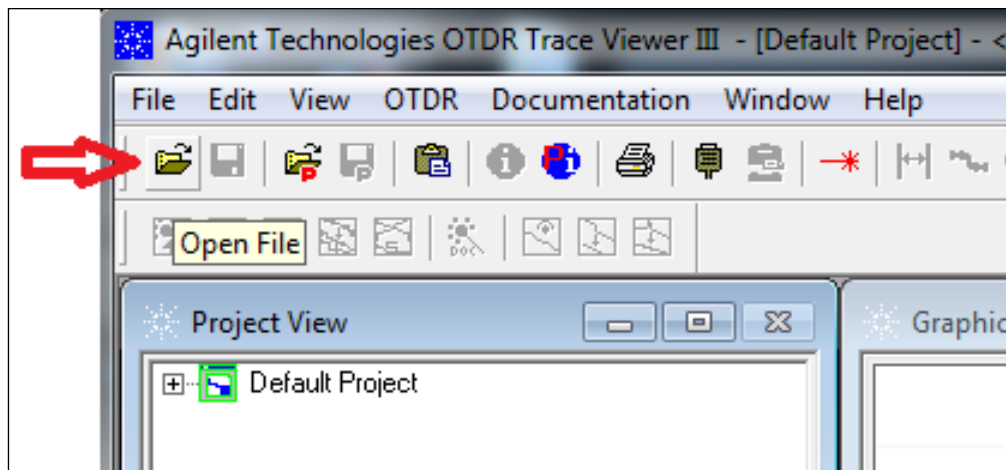


Рис. 6 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

3. Далее необходимо выбрать в появившемся окне папку, соответствующую номеру варианта и нужный файл трассы со стороны АБ (рис. 7).

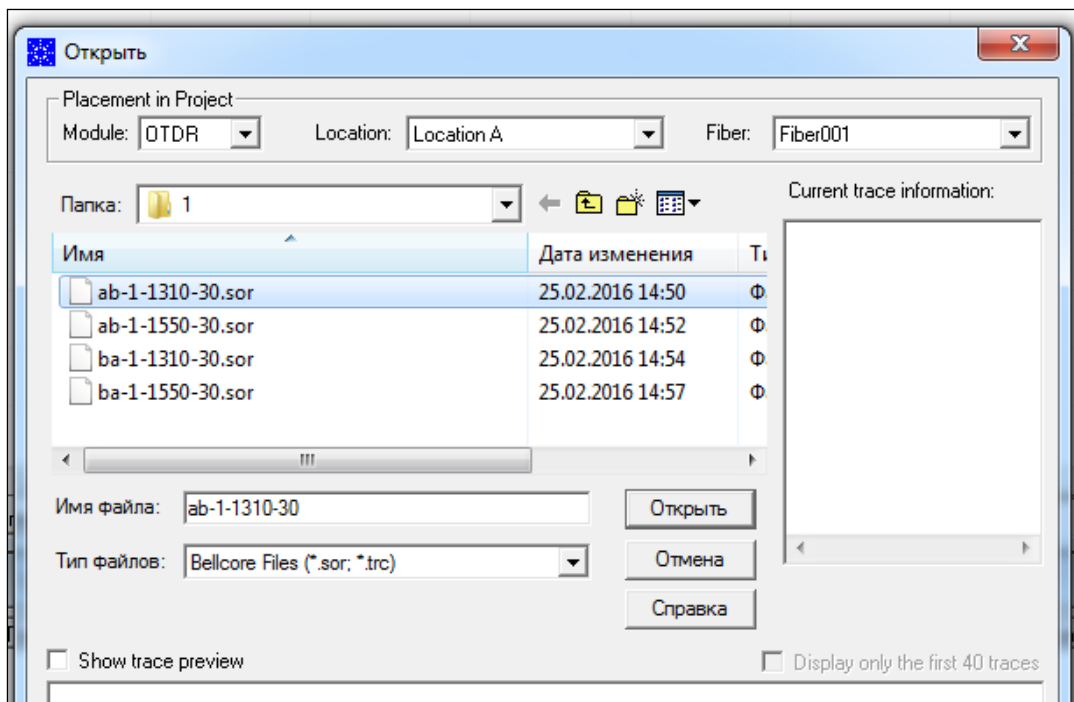


Рис. 7 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

4. Названия файлов и краткое их описание приведены в табл. 1.
5. В окне «Graphical View – TraceView» отобразится рефлектограмма трассы и маркеры А и В.

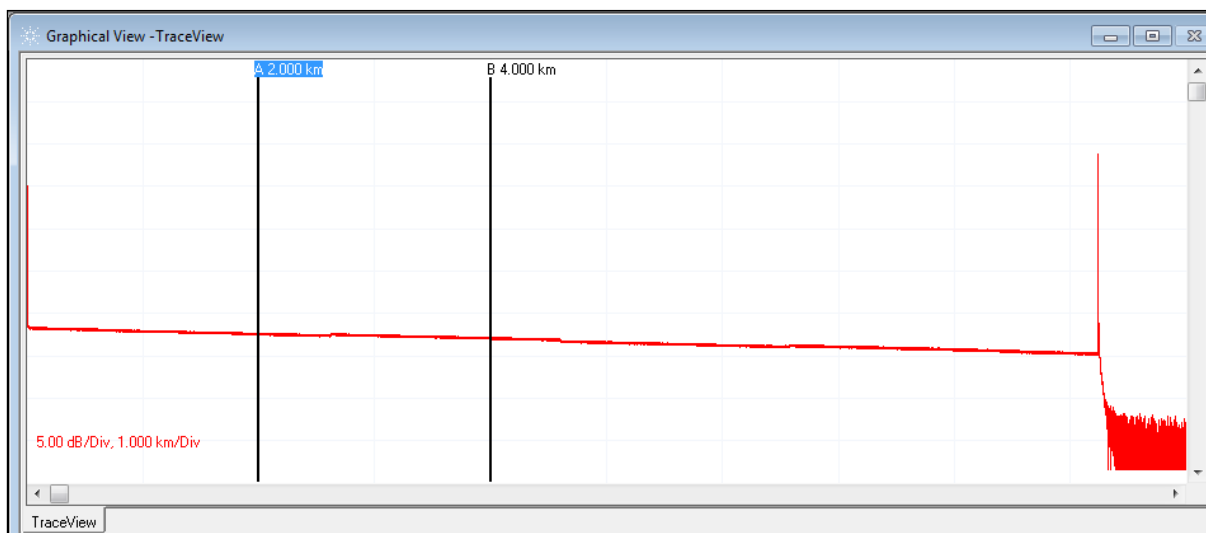


Рис. 8 – Вид рефлектограммы в оболочке OTDR Trace Viewer III

6. Обратите внимание, что активным является подсвеченный маркер.

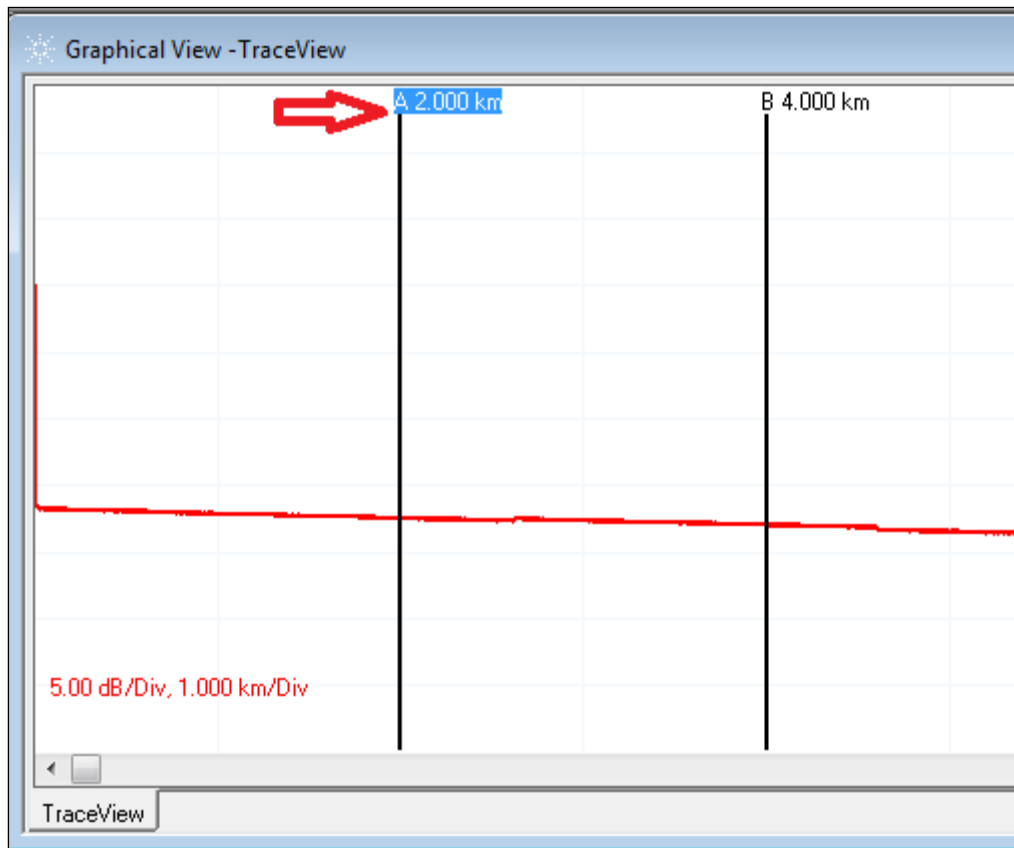


Рис. 9 – Маркеры на рефлектограмме трассы, стрелкой указан активный маркер

- Измените масштаб рефлектограммы, так чтобы были видны стыки сварных соединений.

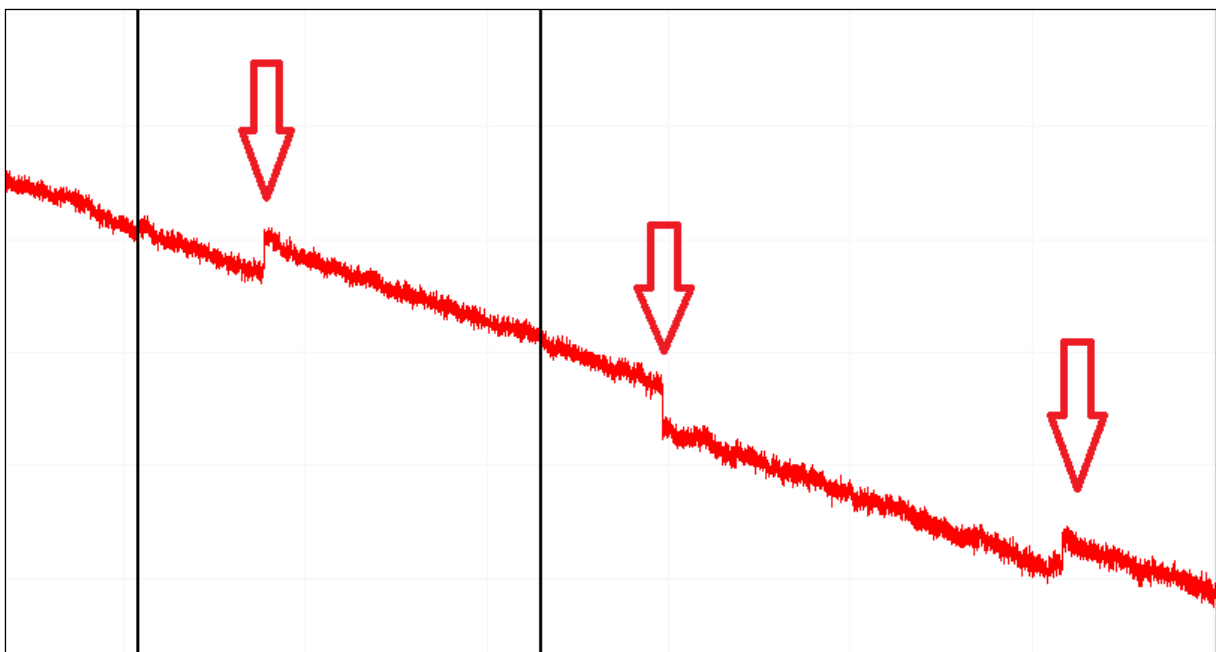


Рис. 10 – Вид участка рефлектограммы трассы в увеличенном масштабе: стрелками показаны стыки сварных соединений

8. Установите активный маркер на начало неоднородности, так как это показано на рисунке 11. Обратите внимание, что начало неоднородности там, где рефлектограмма резко искажается.

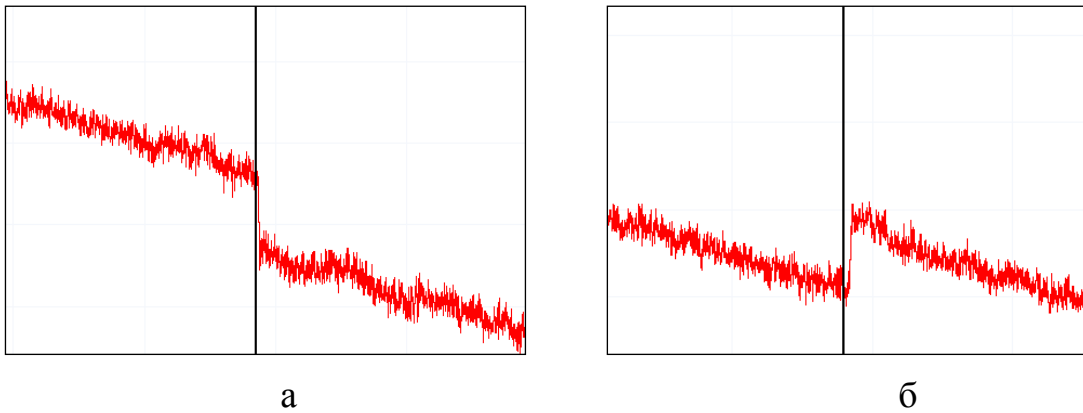


Рис. 11 – Установка активного маркера на «ступеньке» сварного соединения: а – «ступенька вниз», б – «ступенька вверх»

9. После установки маркера, нажмите кнопку, отмеченную стрелкой на рис. 12.

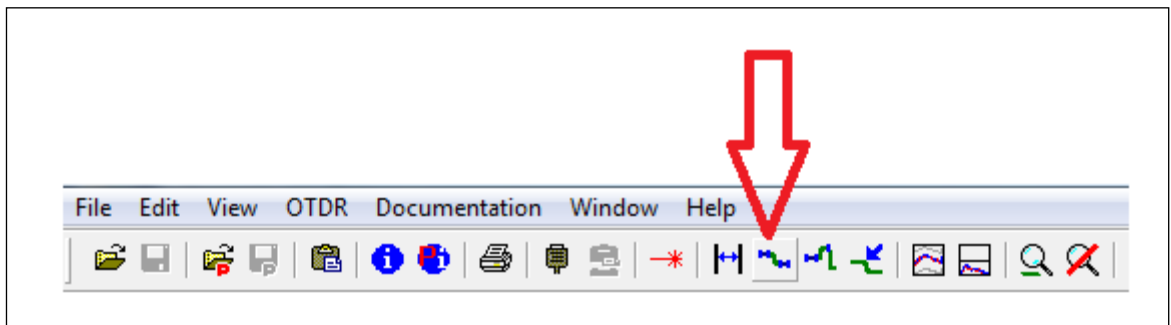


Рис. 12 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

10. Около основного маркера появятся четыре дополнительных маркера, отмеченные точками и аппроксимирующие прямые между дополнительными маркерами.

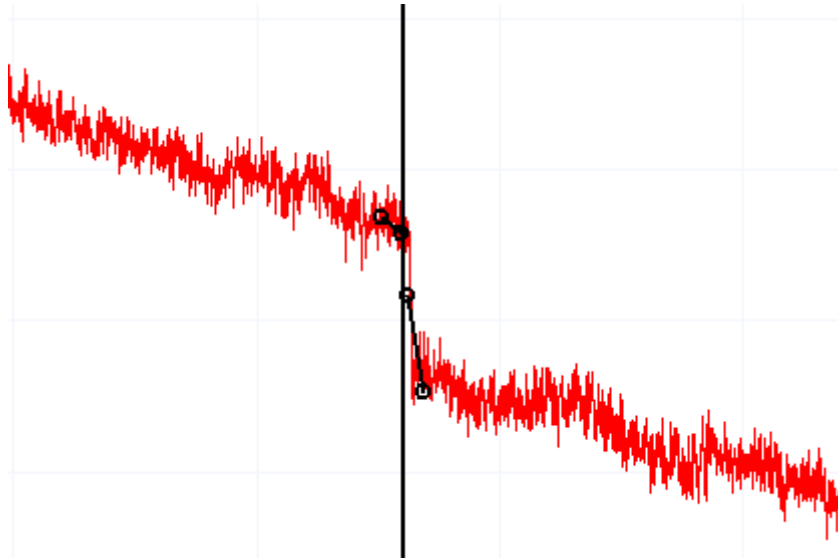
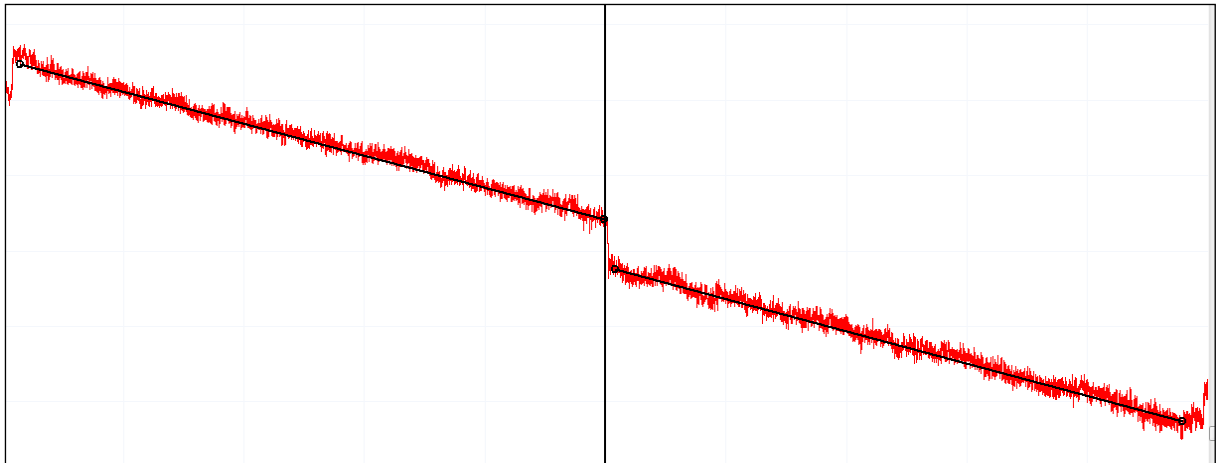
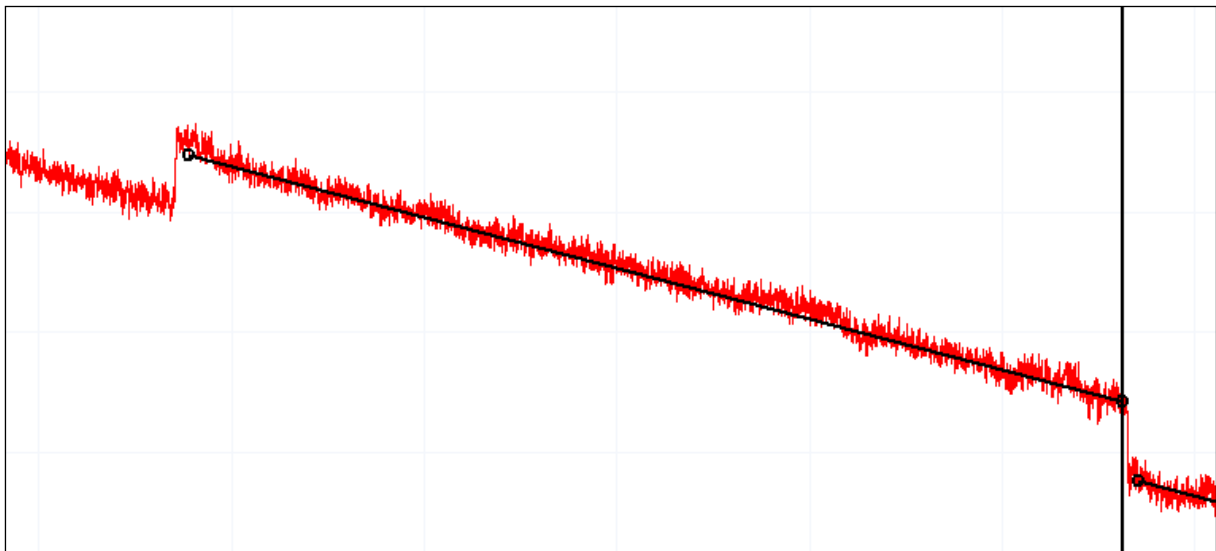


Рис. 13 – Вид маркера и прямых аппроксимации

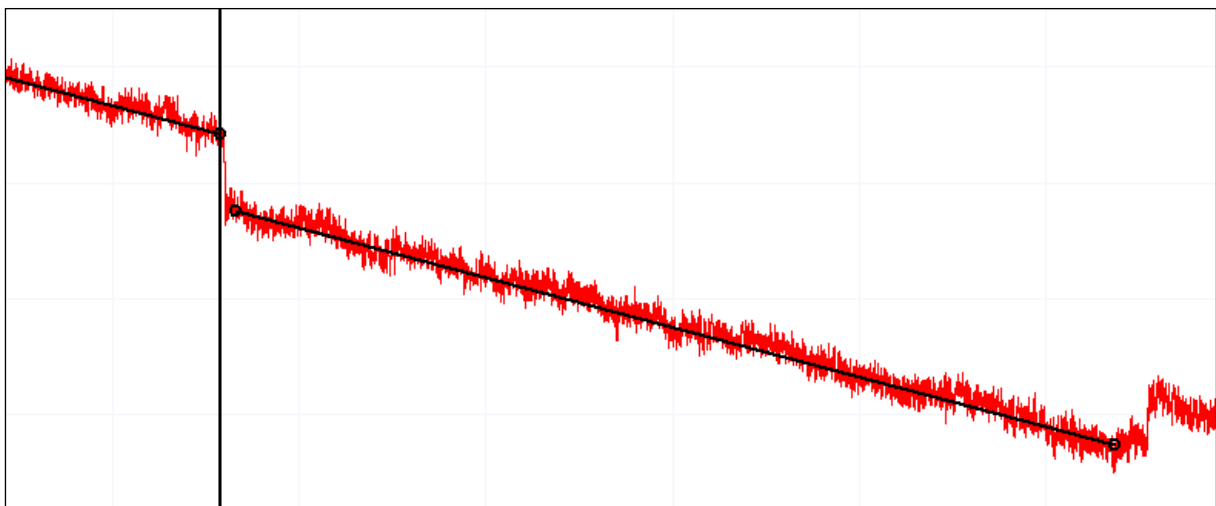
11. Измените, положение появившихся маркеров и соответственно прямых аппроксимации, так чтобы они оказались на квазирегулярных участках «до» и «после» неоднородности. При этом основной маркер по-прежнему должен быть установлен на начало неоднородности.
12. Маркеры, отмеченные точками, устанавливаются так, чтобы прямые аппроксимации занимали весь квазирегулярный участок. На рис. 14 показан пример корректной расстановки маркеров прямых аппроксимации.
13. На рис. 15 показаны примеры некорректной расстановки маркеров. В данном примере дополнительные маркеры расставлены так, что между каждой парой маркеров аппроксимируется не весь квазирегулярный участок, а лишь его небольшая часть. При такой расстановке маркеров результаты измерения потерь на неоднородности могут быть неточными. В общем случае точность измерений зависит от длины участков аппроксимации. Если длина участка не менее 1 км, то результаты будут достаточно точными. При уменьшении длины участка аппроксимации будет увеличиваться погрешность измерения. Это вызвано тем, что меняется наклон аппроксимирующих прямых.



а



б



в

Рис. 14 – Вид корректной расстановки маркеров: а – общий вид неоднородности и квазирегулярных участков, б – показан квазирегулярный участок до неоднородности, в – показан квазирегулярный участок после неоднородности

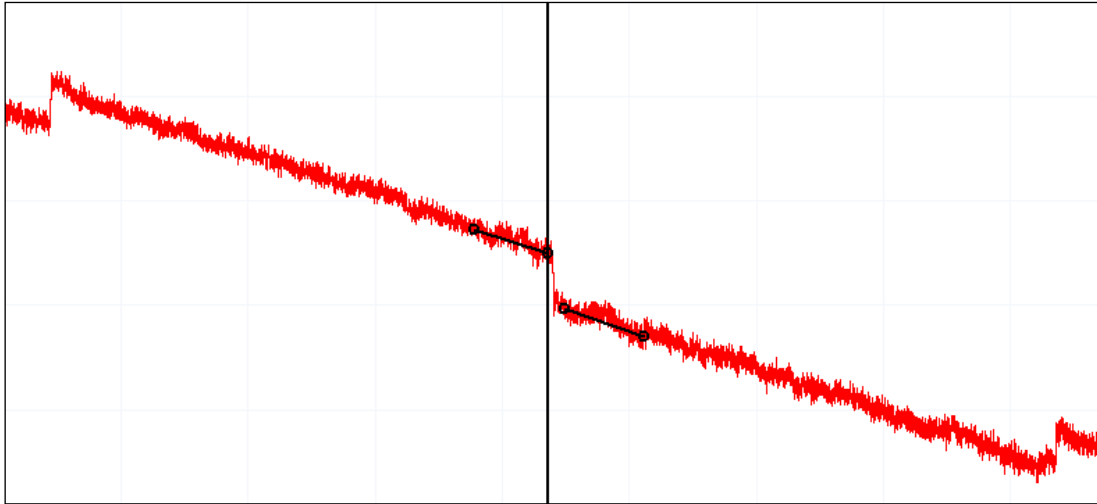


Рис. 15 – Пример некорректной расстановки маркеров: маркеры захватывают не весь квазирегулярный участок

14. На рис. 16 показан еще один пример некорректной расстановки маркеров. Первый маркер выходит за пределы квазирегулярного участка.

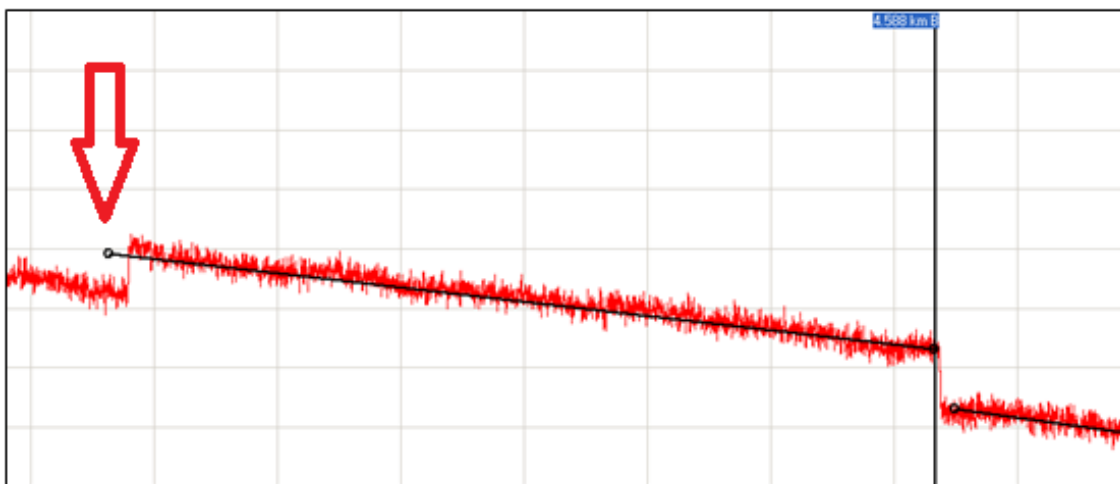


Рис. 16 – Пример некорректной расстановки маркеров: маркер слева от неоднородности выходит за пределы квазирегулярного участка

15. После корректной расстановки маркеров необходимо снять показания вносимых потерь на сварных соединениях. Это значение **Ins.Loss at A** или **Ins.Loss at B**, в зависимости от того какой маркер (A или B являлся активным). На рис. 17 – это значение **Ins Loss at B** равное 0,196 дБ.

Setting	Value
A-B:	2.588 km
2pt. Loss:	0.229 dB
2pt. Attenuation:	0.088 dB/km
LSA-Attenuation:	0.111 dB/km
2pt. ORL:	---,--- dB
Ins. Loss at B:	0.196 dB
Reflectance at B:	---,--- dB
Cum.Loss to B:	---,--- dB

Рис. 17 – Вносимые потери на сварном соединении

16. Выполните измерения вносимых потерь на всех неоднородностях рефлектограммы трассы со стороны АБ.
17. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой со стороны БА.
18. Выполните измерения вносимых потерь на всех сварных соединениях трассы со стороны БА.
13. После выполнения измерений вносимых потерь на сварных соединениях со стороны АБ и БА рассчитайте значение потерь на каждой неоднородности по формуле:

$$a_c = \frac{a_{AB} + a_{BA}}{2}, \text{ дБ}$$

14. Значения  $a_c$  занесите в табл. 2 и выполните оценку потерь на всех неоднородностях (сварных соединениях) на соответствие нормам. Нормы потерь на сварных соединениях для двух длин волн приведены в табл. 3.
15. Сделайте выводы по проделанной работе.



## Порядок выполнения работы в оболочке OTDR Fiber\_Trace

1. Загрузите оболочку OTDR Fiber\_Trace.
2. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой. Для этого нажмите кнопку «Open» показанную на рис. 18.

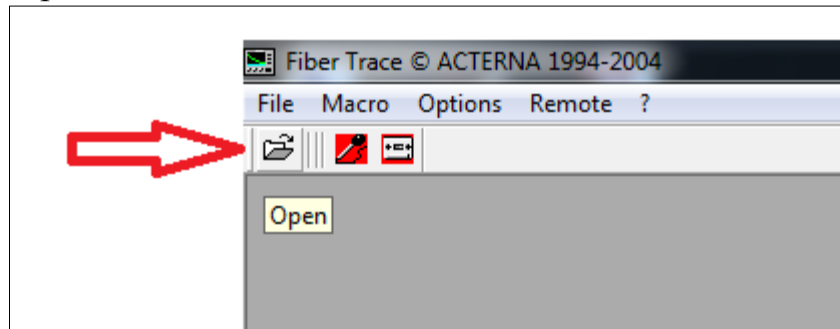


Рис. 18 – Вид оболочки OTDR Fiber\_Trace

3. Далее необходимо выбрать в появившемся окне папку, соответствующую номеру варианта и нужный файл трассы со стороны АБ (рис. 19).

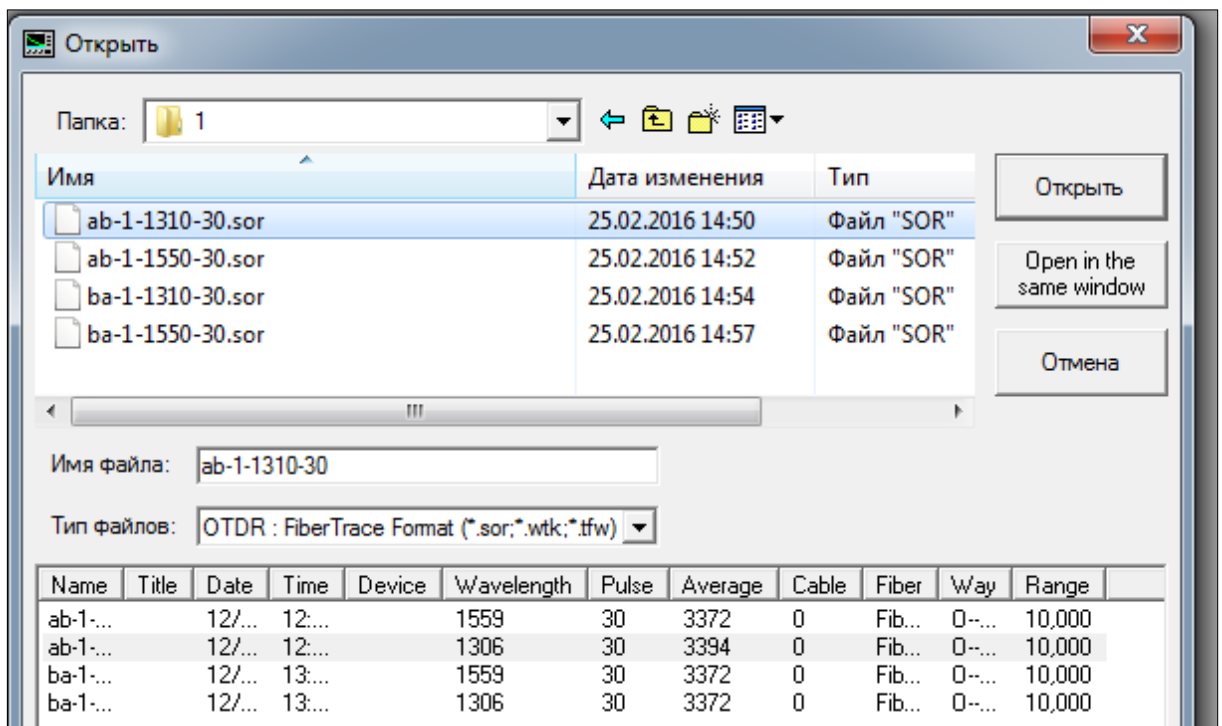


Рис. 19 - Вид оболочки OTDR Fiber\_Trace

4. Выполните масштабирование рефлектограммы, так чтобы хорошо различать все имеющиеся на рефлектограмме неоднородности. Для этого нажмите кнопку «Zoom» (рис. 20). Курсор мышки изменит вид на значок «лупы». Выделите курсором мышки масштабируемый уча-

сток рефлектограммы. После того, как вы отпустите курсор мышки, выделенный участок будет показан в увеличенном масштабе.

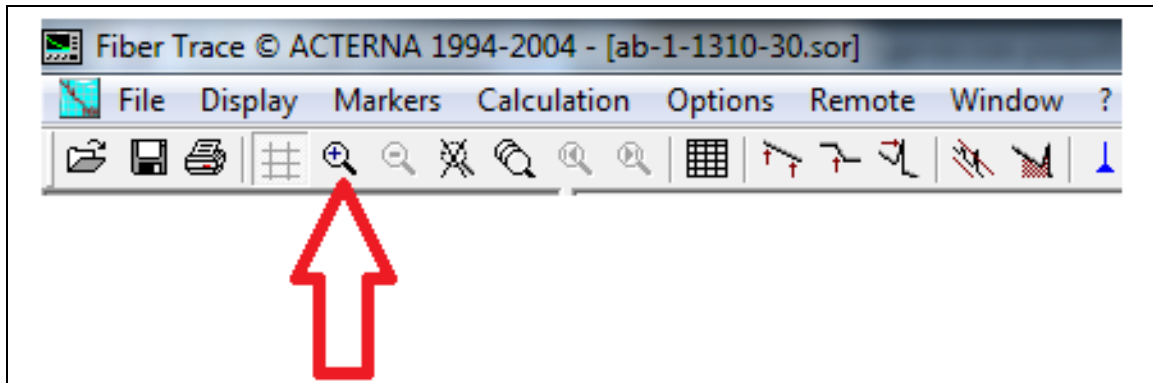


Рис. 20 – Кнопка «Zoom»

5. При необходимости возврата к первоначальному масштабу нажмите кнопку «Zoom reset» (рис. 21).

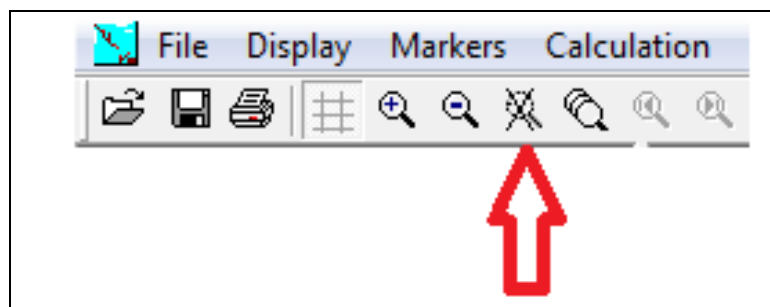


Рис. 21 – Кнопка «Zoom reset»

6. Выделите квазирегулярный участок до неоднородности, поставив сначала маркер А на конец квазирегулярного участка, непосредственно перед неоднородностью, затем поставив маркер В на начало квазирегулярного участка, как это показано на рис. 22.
7. Нажмите кнопку «Calculate slope» (рис. 23). После этого квазирегулярный участок будет выделен скобками (рис. 24).
8. Расставьте маркеры А и В на квазирегулярном участке после неоднородности и нажмите кнопку «Calculate slope» (рис. 25).
9. Поставьте маркер А на начало неоднородности (рис. 27).
10. Нажмите кнопку «Calculate Splice» (рис. 28). Рядом с неоднородностью появятся значения потерь на сварном соединении и расстояние до неоднородности.
11. Для того чтобы лучше было видно данные показания, измените масштаб, нажав кнопку «Zoom reset» (рис. 29).
12. Запишите значения потерь на сварном соединении, измеренные со стороны АБ. На рис. 29 это значение **0,191 dB** (0,191 дБ).

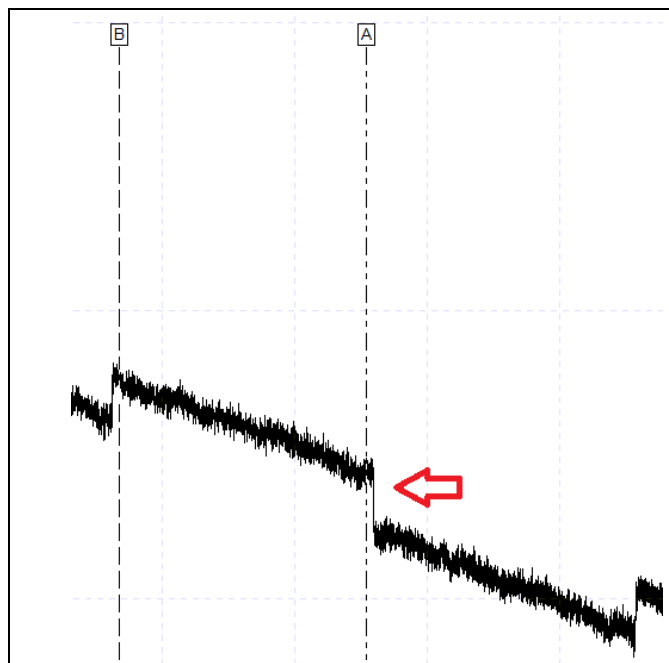


Рис. 22 – Расстановка маркеров на квазирегулярном участке до неоднородности (стрелкой показана сама неоднородность)

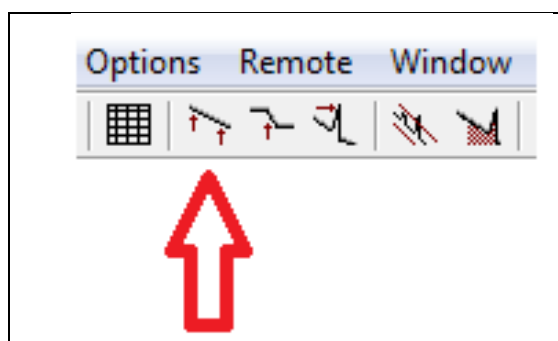


Рис. 23 – Кнопка «Calculate slope»

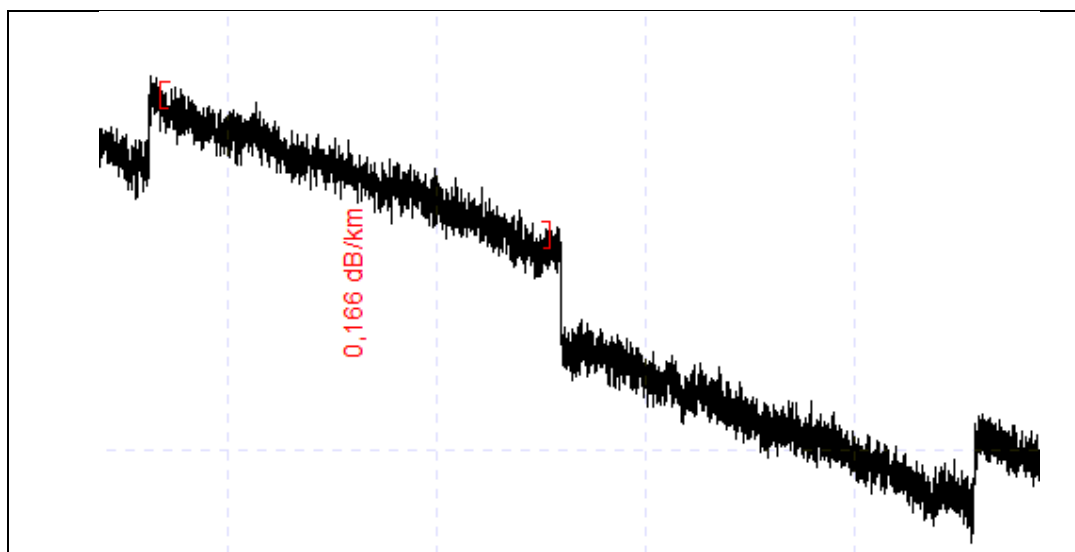


Рис. 24 – Вид квазирегулярного участка после нажатия

кнопки «Calculate slope»

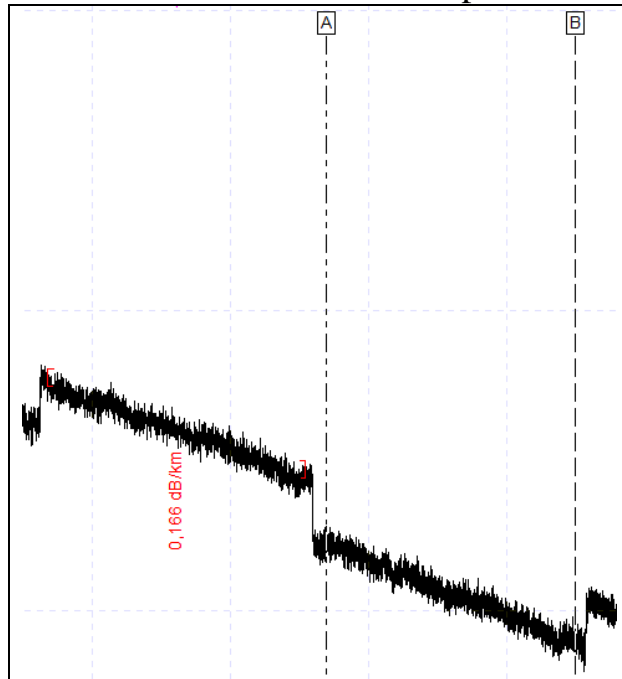


Рис. 25 – Расстановка маркеров на квазирегулярном участке после неоднородности

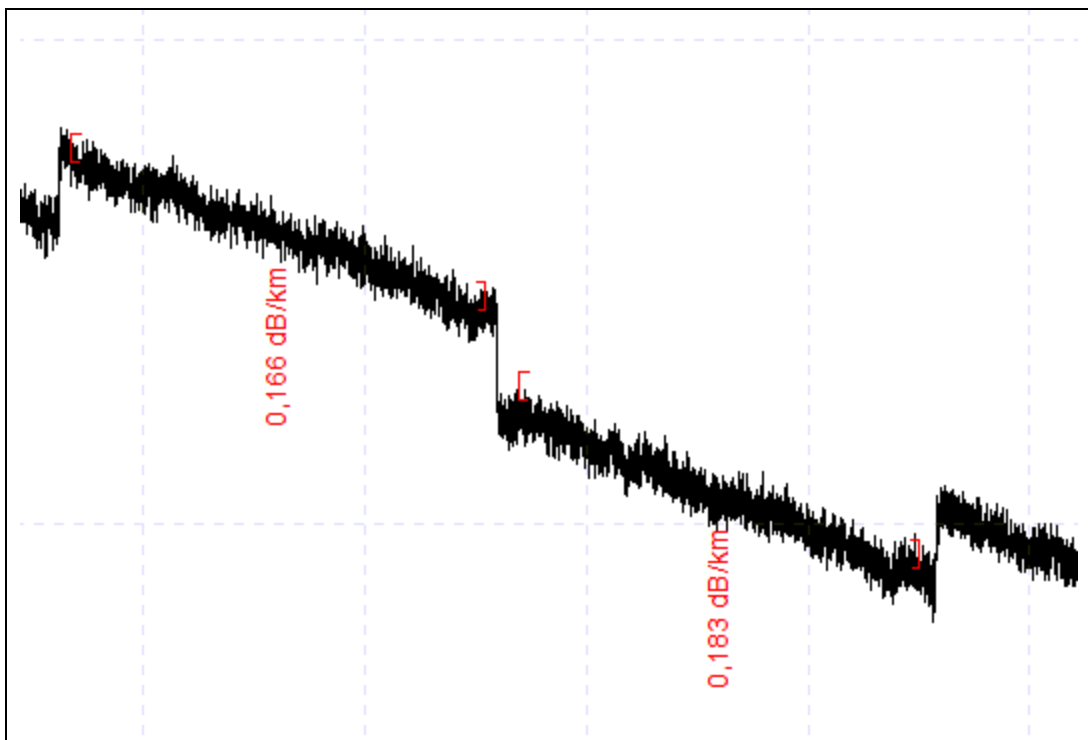


Рис. 26 – Вид квазирегулярного участка после нажатия кнопки «Calculate slope»

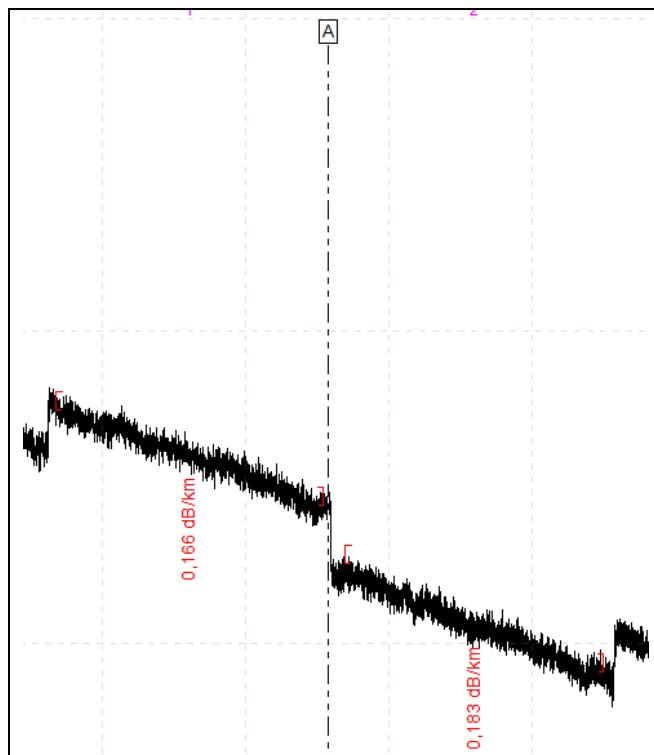


Рис. 27 – На рисунке показан маркер А на неоднородности

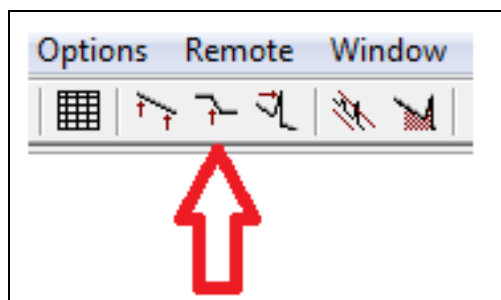


Рис. 28 – Кнопка «Calculate Splice»

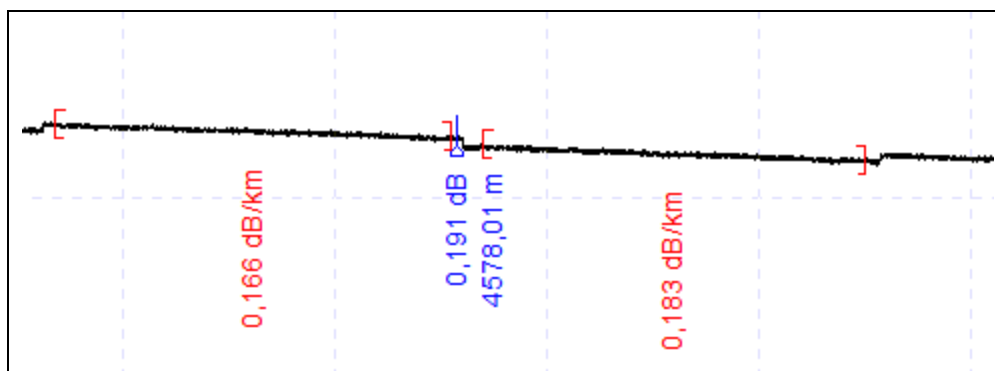


Рис. 29 – Вид рефлектограммы после нажатия кнопки «Zoom reset»

19. Аналогичным образом выполните измерения вносимых потерь на всех неоднородностях рефлектограммы трассы со стороны АБ.

20. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой со стороны БА.
21. Выполните измерения вносимых потерь на всех сварных соединениях трассы со стороны БА.
16. После выполнения измерений вносимых потерь на сварных соединениях со стороны АБ и БА рассчитайте значение потерь на каждой неоднородности по формуле:

$$a_c = \frac{a_{AB} + a_{BA}}{2}, \text{ дБ}$$

17. Значения  $a_c$  занесите в табл. 2 и выполните оценку потерь на всех неоднородностях (сварных соединениях) на соответствие нормам. Нормы потерь на сварных соединениях для двух длин волн приведены в табл. 3.
18. Сделайте выводы по проделанной работе.

### Приложение 1. Принцип действия OTDR

Оптический рефлектометр OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) посылает в линию мощный зондирующий оптический импульс и измеряет мощность и время запаздывания импульсов, вернувшихся обратно в рефлектометр (обратнорассеянный поток) [3]. В оптических волокнах обратнорассеянный поток образуется не только за счет отражения от больших (по сравнению с длиной волны) дефектов, но и за счет релеевского рассеяния. Рассеяние света происходит на флуктуациях показателя преломления кварцевого стекла, застывших при вытяжке волокна. Размер этих неоднородностей (релеевских центров) мал по сравнению с длиной волны и свет на них рассеивается во все стороны, в том числе и назад в моду волокна (рис. П.1).

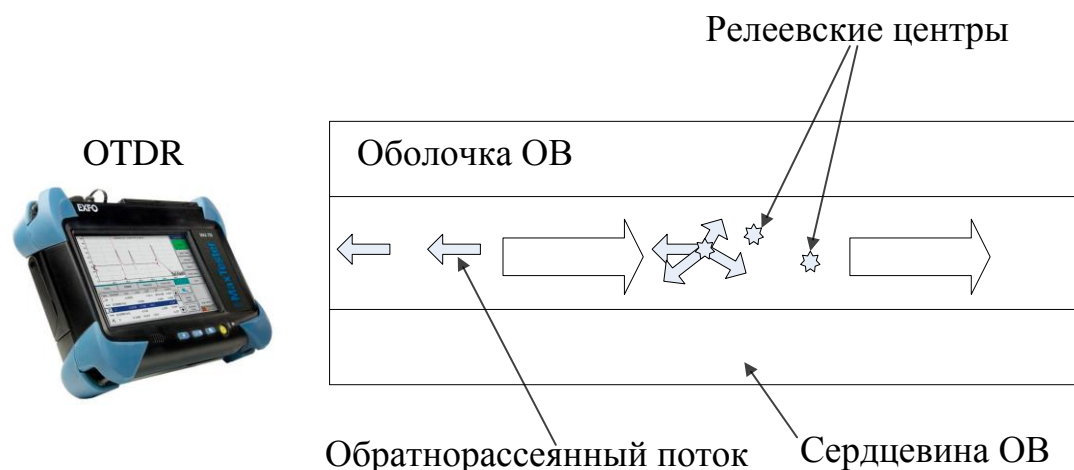


Рис. П.1 – Принцип действия оптического рефлектометра OTDR

Релеевские центры распределены однородно вдоль волокна, и в рассеянном на них потоке содержится информация обо всех параметрах ли-

нии, влияющих на поглощение света. Именно за счет детектирования рассеянного излучения удастся обнаруживать неотражающие (поглощающие) неоднородности в волокне. Например, по сигналу обратного релеевского рассеяния света можно измерить распределение потерь в строительных длинах оптических кабелей и потери в сращениях волокон. Такие измерения нельзя выполнить, регистрируя только отраженное (а не рассеянное) излучение. Доля мощности света, рассеиваемая назад в моду волокна крайне мала. Например, при ширине импульса 1м (длительность импульса 10 нс) коэффициент обратного релеевского рассеяния составляет величину около «-70 дБ». Поэтому, в OTDR в волокно посылаются импульсы большой мощности и большой длительности, а для детектирования рассеянных назад импульсов света применяются высокочувствительные фотоприемники.

В большинстве моделей OTDR используется модульная конструкция (рис. П.2) [3]. Она содержит базовый модуль и несколько сменных оптических модулей. Базовый модуль представляет собой персональный компьютер, приспособленный для обработки сигнала и вывода его на дисплей. Оптический модуль включает в себя лазерный диод, фотоприемник, оптический ответвитель и оптический разъем. Стоимость оптического модуля зависит от величины его динамического диапазона и может в несколько раз превышать стоимость базового модуля. Модульная конструкция OTDR позволяет потребителю не только выбрать необходимую ему на данный момент конфигурацию прибора, но и в дальнейшем модернизировать прибор, например, установив, многомодовый модуль или одномодовый модуль с большим динамическим диапазоном.

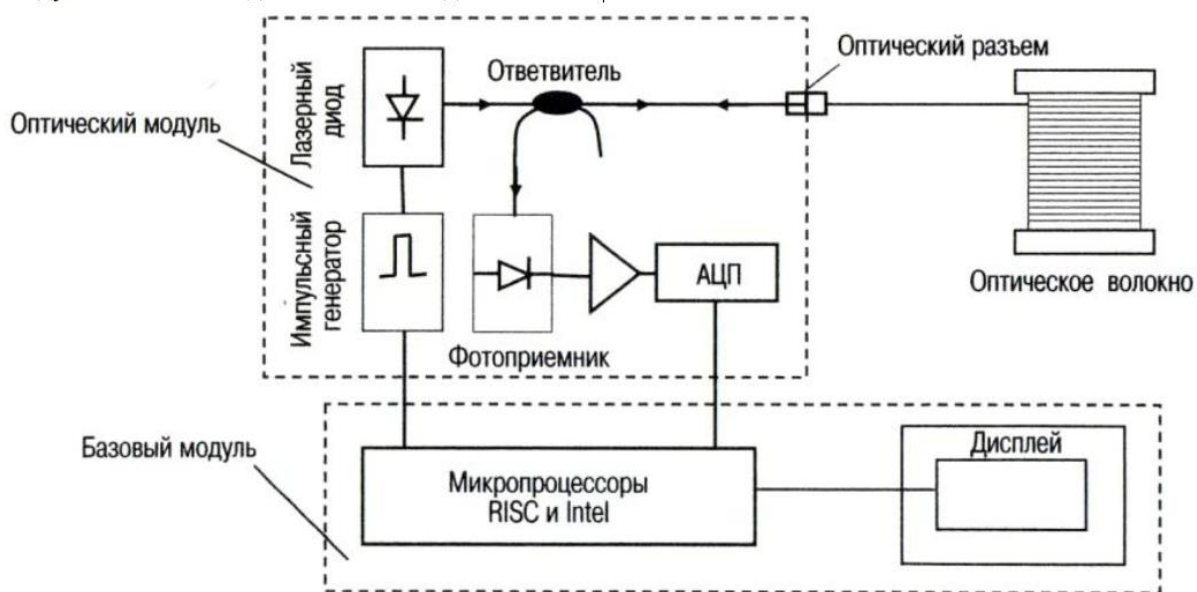


Рис. П.2 – Блок-схема оптического рефлектометра [3]

В качестве источника излучения в оптическом модуле обычно используются лазерные диоды типа Фабри-Перо. Оптические импульсы поступают через ответвитель на оптический разъем рефлектометра, к которому подключается исследуемое волокно. Рассеянные в волокне импульсы света возвращаются в оптический модуль и передаются с помощью ответвителя на фотоприемник, где они преобразуются в электрический сигнал. Этот сигнал усиливается, накапливается, обрабатывается в базовом модуле и отображается на дисплее в графической форме в виде рефлектограммы. Такое представление информации позволяет анализировать её как визуально, так и автоматически с помощью встроенных программных алгоритмов.

Мощность рассеянных назад импульсов на 80...50 дБ (в зависимости от их длительности) меньше мощности импульсов, вводимых в волокно. Поэтому для улучшения отношения сигнал/шум используется многократное усреднение результатов измерений. Причем для их эффективного усреднения достаточно нескольких секунд, так как время, затрачиваемое на прохождении линии мало (100 км свет проходит за 1 мсек). Типичная рефлектограмма содержит около 32 000 измеряемых точек и при вычислении каждой такой точки усредняется несколько тысяч импульсов. Весь этот массив данных рефлектометр обрабатывает за долю секунды. Первая измеренная рефлектограмма сразу выводится на дисплей. Далее на дисплей выводятся усредненные рефлектограммы. При каждом удвоении времени измерений шумы в усредненной рефлектограмме уменьшаются примерно на 0.75 дБ.

Обработка большого массива данных и создание дружественного пользователю интерфейса осуществляется с помощью двух микропроцессоров. Первый, быстродействующий процессор RISC, дает возможность усреднять до 50 миллионов точек в секунду. Второй процессор Intel обеспечивает работу интерфейсной части программы, автопоиск дефектов в линии, вывод данных на дисплей. Он обеспечивает также совместимость с ПК, что позволяет применять не только обычное программное обеспечение, но и стандартное компьютерное оборудование, такое как клавиатура, мышь, принтер, факс/модем и жесткий диск (в стандарте PCMCIA).

## **Приложение 2. Идентификация рефлектограммы**

Каждый тип неоднородности (сварное соединение волокон, микротрещина, оптический разъем и т.д.) имеет свой характерный образ на дисплее OTDR, и может быть идентифицирован (рис. П.3). Отражающие неоднородности, такие как разъемные соединения волокон (1), микротрещины (3), торец волокна (4) - отображаются на рефлектограмме в виде резких всплесков.

Неотражающие неоднородности, такие как сварные соединения или изгибы оптического волокна отображаются на рефлектограмме как сту-



пенька вверх или вниз (2). Участки рефлектограммы, расположенные между неоднородностями, имеют вид прямых линий с отрицательным наклоном и называются - квазирегулярными участками (6). Угол наклона этих прямых прямо пропорционален величине потерь в оптическом волокне.

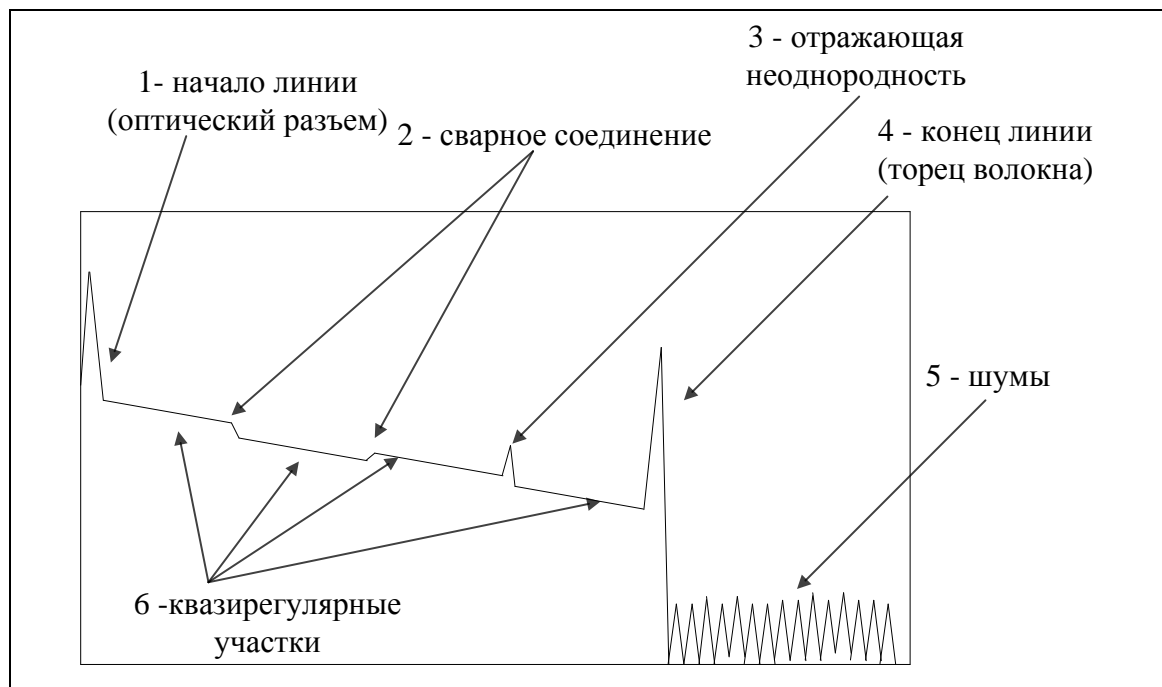


Рис. П.3 – Типичная рефлектограмма (показаны все возможные неоднородности ВОЛП)

За отражающей неоднородностью, обусловленной отражением от торца ОВ в конце линии (4), отображаются шумы фотоприемника оптического рефлектометра (5).

### Приложение 3. Установка параметров OTDR перед измерением

Перед началом измерения измерителем, как правило, устанавливаются следующие параметры OTDR:

1. **Длина волны**, на которой выполняются измерения. Набор длины волн, на которых рефлектометр позволяет выполнять измерения, обычно определяется оптическим блоком рефлектометра. Типовые блоки OTDR, как правило, позволяют выполнять измерения на длинах волн 1310 нм и 1550 нм в одномодовых оптических волокнах и на длинах волн 850 нм и 1300 нм в многомодовых оптических волокнах. При необходимости измерения могут выполняться (если позволяет оптический блок рефлектометра) на длинах волн 1490 нм, 1625 нм, 1650 нм и др. При выборе длины волны следует учитывать, что чувствительность рефлектометра к изгибам оптического волокна увеличивается при увеличении длины волны.

2. **Диапазон расстояний (диапазон измеряемых длин)** определяет период следования зондирующих импульсов. Диапазон расстояний выбирается несколько больше, чем длина трассы, так чтобы в конце линии был виден всплеск, обусловленной отражением от торца ОВ и шумы фотоприемника. Если значение диапазона расстояний в рефлектометре установлено меньше длины измеряемого волокна, то в рефлектограмме появляются ложные сигналы. Они образуются потому, что рефлектометр посылает следующий импульс раньше, чем успеет вернуться предыдущий и в результате в фотоприемник в одно и то же время поступают импульсы, отраженные от разных участков волокна. Кроме того, при неправильной установке диапазона расстояний в конце рефлектограммы не будет виден всплеск сигнала отражения от торца волокна (4) и не будут видны шумы фотоприемника (5). Это приведет к невозможности оценки отношения сигнал/шум в конце линии при проведении измерений, поскольку для этого требуется знать уровень шума в фотоприемника (5).
3. **Длительность зондирующего импульса.** При выборе этого параметра следует учитывать, что с увеличением длительности зондирующего импульса увеличивается отношение сигнал/шум в конце линии, но одновременно ухудшается разрешающая способность рефлектометра.
4. **Время усреднения** влияет на «зашумленность» рефлектограммы. При увеличении времени усреднения размах шумов рефлектограммы уменьшается, и как следствие, улучшается отношение сигнал/шум в конце линии. Однако с увеличением времени усреднения возрастает время измерений, которое, учитывая большое количество волокон в линии передачи, не может быть слишком большим.
5. **Показатель преломления (групповой показатель преломления)** ОВ, зависит от типа ОВ и длины волны, на которой выполняются измерения. Этот параметр влияет на точность измерения оптической длины волокна:  $x = v_g t / 2$ . Здесь групповая скорость распространения оптического импульса в ОВ определяется как  $v_g = c / n_g$ , где  $n_g$  - групповой показатель преломления ОВ. Величина группового показателя волокна обычно приводится в спецификациях на оптический кабель. При установке этого параметра неверно, будет возникать погрешность при определении расстояний по рефлектограмме.
6. **Коэффициент обратного рассеяния** (уровень обратного рассеяния) влияет на точность измерения коэффициента отражения Refl и оптических возвратных потерь ORL. Значение данного параметра

ра может быть указано в спецификациях на оптический кабель (указывается не всегда) или указывается в технических характеристиках оптического волокна. Типичные значения коэффициента обратного рассеяния одномодовых ОВ составляют: на длине волны 1310 нм «-79» дБ; на длине волны 1550 нм «- 81» дБ; на длине волны 1625 нм «-82» дБ. Для многомодовых ОВ: на длине волны 850 нм «-70» дБ и на длине волны 1300 нм «-75» дБ.