

Agilent Technologies

# Оптический Рефлектометр

Карманное  
руководство



Agilent Technologies

## **Предупреждения**

Этот документ содержит информацию, подлежащую защите авторским правом. Все права защищены.

Никакая часть этого документа не может быть скопирована, воспроизведена или переведена на другой язык без предварительного письменного разрешения Agilent Technologies GmbH.

Номер документа: E6000–92017

Отпечатано в Германии, апрель 2001 г. (E0401)

© Copyright 2001

Agilent Technologies Deutschland GmbH  
Herrenberger Str. 130  
71034 Boeblingen  
Germany

## **Предупреждение**

Приведенная в этом документе информация может быть изменена без уведомления. Agilent Technologies не предоставляет относительно данного документа никаких гарантий, включая, но не ограничиваясь, подразумеваемую гарантию высоких коммерческих качеств и пригодности конкретным целям.

Agilent Technologies не несет ответственности за ошибки в этом документе, а также за случайный или преднамеренный ущерб, полученный в связи с доставкой, исполнением или использованием данного документа и приведенных в нем рекомендаций.

## **Гарантия**

Компания Agilent не гарантирует отсутствие ошибок в данном документе и не предоставляет относительно него никаких явно выраженных или подразумеваемых гарантий.

## **Права покупателей**

Приведенные в этом документе меры являются единственными и исключительными средствами защиты прав покупателя. Компания Agilent Technologies не несет ответственности за прямой, косвенный, случайный, преднамеренный и любой другой ущерб независимо от контрактного, деликтного и других юридических оснований.

## **Оказание помощи**

Agilent Technologies предлагает договоры на обслуживание изделий и другие соглашения по оказанию помощи покупателям. Для получения помощи обратитесь в ближайшее представительство Agilent Technologies.

## **Меры предосторожности**

При выполнении процедуры очистки необходимо соблюдать основные меры предосторожности. Agilent Technologies Inc. не несет никакой ответственности за несоблюдение пользователями этих правил.



## **1 Основы волоконной оптики 7**

Оптоволоконная технология 7

Типы оптоволокон 9

Типы соединителей 11

## **2 Оборудование для измерения оптоволокон 13**

Оптический рефлектометр 13

Меры предосторожности при обращении с лазерными устройствами 14

## **3 Объекты в оптоволоконне 15**

Одиночное оптоволоконно 15

Полное соединение 16

Начало оптоволоконна 16

Конец или обрыв оптоволоконна 17

Соединитель или механическое сращивание 18

Сращивание сплавлением 19

Изгибы и макроизгибы 20

Трещины 21

Соединительные кабели 21

## **4 Важнейшие параметры 23**

Собственные параметры оптоволоконна 23

Параметры измерения 25

Рабочие параметры 29

## **5 Основные задачи 33**

Очистка оптических устройств 33

Подключение оптоволоконна к прибору 35

Экран рефлектометра 37

Изменение масштаба рефлектограммы 38

Правильное расположение маркеров 41

Определение общих потерь соединения 44

Определение затухания между двумя точками 46

Определение затухания 47

Определение потерь сращивания (анализ вносимых потерь) 48

Определение потерь соединителя 50

Определение коэффициента отражения соединителя 51

## **6 Практические советы по работе с рефлектометром 53**

- Анализ тестируемого соединения 53
- Очистка соединителей 53
- Повреждение соединителя или кабеля 53
- Настройки прибора 54
- Рекомендуемые параметры настройки 54
- Рефлектограммы с помехами 54
- Режим реального времени 54
- Очень большая мертвая зона 55
- Рефлектограмма не отображается 55
- Настройка показателя преломления 55
- Точное измерение односторонних потерь 55
- Потери на изгибах 56
- Перед сохранением рефлектограммы 56

## **7 Автоматический анализ рефлектограмм 57**

- Поиск объектов, превышающих пороговое значение 57
- Просмотр выбранного объекта 58

## **8 Рефлектометры Agilent Technologies 59**

- Анализ и документирование с помощью ПО OTDR Toolkit *IIplus* 59
- Поиск обрывов и обслуживание оптоволоконна 61
- Установка и обслуживание оптоволоконных сетей с помощью рефлектометра 62
- Соединительные кабели 65

## **9 Таблицы 67**

- Типичные результаты 67
- Перевод единиц измерений 68

## **10 Обслуживание и поддержка 71**

## **11 Глоссарий 73**

## **Предметный указатель 89**

## **Для заметок 93**



# 1

## ОСНОВЫ ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ

В этом разделе приведена основная информация о волоконной оптике, а также описание наиболее часто используемых типов оптоволоконна и соединителей.

Целью данного раздела является знакомство с терминами, которые встречаются в следующих главах руководства и используются при работе с рефлектометром. Раздел не следует рассматривать в качестве пособия по изучению физических процессов и технологий волоконной оптики.

### Оптоволоконная технология

Потребность в высокоскоростной передаче данных на большие расстояния привела к созданию новых технологий. Использование фотонов вместо электронов для передачи сигналов по кабелям позволяет получить намного более высокую пропускную способность при значительном снижении затрат.

Сама по себе идея передачи информации с помощью света не нова, однако подходящие для ее реализации устройства и материалы появились только в последние десятилетия.

Преимущества оптоволоконных кабелей основаны на том факте, что стекло является изолятором, который исключает потери энергии на излучение и поглощение. Для стекла характерно очень низкое затухание, не зависящее от частоты модуляции. По сравнению с медным кабелем, имеющим такую же пропускную способность, оптоволоконно гораздо меньше и легче. А самое главное – оптоволоконный кабель существенно дешевле, даже с учетом стоимости всех необходимых устройств и расходов на установку.

Дальнейшее развитие технологии приведет к еще большему снижению стоимости оптоволоконных сетей, включая их производство, установку, обслуживание и использование.

Для передачи данных по оптоволоконному кабелю необходим источник модулированного света. Обычно это лазерный диод, который излучает в оптоволоконно световые импульсы. На другом конце кабеля должен находиться фотоприемник (как правило, полупроводниковый прибор), который преобразует свет в электрический ток.



Современные оптоволоконные устройства работают со световыми импульсами, которые имеют длину волны примерно 1 мкм, что соответствует частоте  $3 \cdot 10^{14}$  Гц или 300000 ГГц. По техническим причинам в большинстве устройств используется модуляция по яркости, что обеспечивает полосу пропускания от 5 до 10 ГГц. По сравнению с несущей частотой эта величина может показаться очень малой, что обусловлено ограничениями современных технологий.

Затухание света в стекловолкне зависит от длины волны. На кривой затухания есть области минимума, расположенные вокруг значений 1310 нм и 1550 нм и имеющие ширину приблизительно 100 нм. Такие области называются окнами. Именно эти окна являются предпочтительными для передачи данных. В современных оптоволоконных кабелях можно использовать несколько окон (1300/1400/1500/1600 нм).

В одно окно оптоволокну можно подавать сигналы с разной длиной волны, а затем оптически разделять их на другом конце кабеля. Это позволяет создавать в каждом окне одного оптоволокну несколько каналов и называется мультиплексированием с разделением по длине волны (Wavelength-Division Multiplexing, WDM).

Другим способом является передача сигналов с разной длиной волны по одному оптоволокну в обоих направлениях. Это называется двунаправленной передачей и позволяет уменьшить количество кабелей на 50 %.

Кроме того, существует технология мультиплексирования с временным разделением (Time-Division Multiplexing, TDM), которая также используется в телефонии. Несколько медленных сигналов могут одновременно передаваться во временных интервалах одного быстрого последовательного сигнала. На другом конце кабеля сигнал снова разделяется с помощью синхронной дискретизации и демультиплексирования.



## Типы оптоволоконна

Практически все используемые в настоящее время оптоволоконные кабели сделаны из диоксида кремния. Это очень чистый и эластичный материал, который имеет практически неограниченные возможности (например, по сравнению с медью).

Тем не менее, некоторые оптоволоконные кабели изготавливаются из полимеров и других синтетических материалов. Такие кабели можно использовать только на коротких расстояниях, т.к. для них характерно очень высокое затухание. Эти кабели обычно имеют большой диаметр и позволяют передавать большое количество света.

Оптоволоконно состоит из сердечника, оболочки (изолятора) и защитного покрытия. Кабели маркируются в соответствии с диаметром сердечника и оболочки. Например, типичный одномодовый оптоволоконный кабель обозначается как 9/125 мкм, где 9 мкм – диаметр сердечника, а 125 мкм – диаметр оболочки. Защитное покрытие оптоволоконного кабеля 9/125 мкм имеет диаметр около 250 мкм.

В основном используются оптоволоконные кабели следующих типов.

- Ступенчатое оптоволоконно (одномодовое)

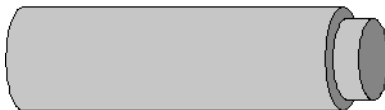


**Рис. 1** Одномодовое оптоволоконно

В оптоволоконне этого типа сердечник и оболочка имеют различные показатели преломления. Сердечник одномодового оптоволоконна имеет очень маленький диаметр ( $< 9$  мкм), что позволяет передавать по кабелю только одну моду. Одномодовое оптоволоконно характеризуется очень низким затуханием, широкой полосой пропускания ( $> 10$  ГГц·км), отсутствием уширения импульса и различий во времени прохождения сигнала.

Кабель 9/125 мкм (1300 нм) обычно используется для передачи на большие расстояния.

- Ступенчатое оптоволокно (многомодовое)



**Рис. 2** Многомодовое оптоволокно

Многомодовое оптоволокно имеет достаточно большой диаметр ( $> 100$  мкм), что позволяет передавать по кабелю множество мод. Такое оптоволокно характеризуется более высоким затуханием, узкой полосой пропускания ( $< 100$  МГц·км), уширением импульса и различиями во времени прохождения сигнала.

Обычно используется для соединений ЛВС ( $> 300$  м).

- Градиентное оптоволокно (многомодовое)



**Рис. 3** Градиентное оптоволокно

В градиентном оптоволокне показатель преломления плавно изменяется от сердечника к оболочке. Такое оптоволокно характеризуется небольшими различиями во времени прохождения сигнала, небольшим уширением импульса, небольшим затуханием и полосой пропускания  $< 1$  ГГц·км.

Кабель 50/125 мкм или 62,5/125 мкм обычно используется для передачи на небольшие расстояния ( $< 500$  м).

## Типы соединителей

Эти устройства используются для соединения оптоволоконных кабелей между собой. При этом потери в соединениях должны быть минимальными даже после многократных подключений и отключений. Кроме того, в соединениях должно быть как можно меньше отражений сигнала. И наконец, соединитель должен быть недорогим и простым в установке.

Для изготовления соединителей в основном используется керамика, твердые металлы, некоторые сплавы и синтетические материалы.

Существует множество различных типов соединителей. В зависимости от формы конца оптоволокна можно использовать цилиндрические, биконические и линзовые соединители.

Обычно соединители различаются по способу монтажа оптоволокна.

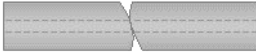
- Прямой физический контакт (Physical Contact, PC)



Концы оптоволокна прижимаются в соединителе друг к другу. При этом между ними нет воздушного зазора, а потери на отражение составляют 30 – 55 дБ.

Соединители этого типа часто используются для одномодовых оптоволоконных кабелей (например, соединители FC/PC, ST, SC/PC, DIN, HMS, E 2000).

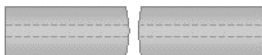
- Наклонный (угловой) физический контакт (APC)



В таких соединителях концы оптоволокна расположены под углом. Между ними нет воздушного зазора, а потери на отражение составляют 60–80 дБ (наилучший результат).

Эти соединители используются для высокоскоростных телекоммуникационных соединений и соединений кабельного телевидения (например, соединители FC/APC, SC/APC, E 2000–HRL).

- Прямой воздушный зазор



Внутри этих соединителей между концами оптоволокна находится небольшой воздушный зазор. Потери на отражение составляют менее 14 дБ, т.е. отражение сигнала довольно велико.

Соединители с прямым воздушным зазором (например, ST) используются для многомодовых оптоволоконных кабелей.



## 2

# Оборудование для измерения оптоволоконна

В современном мире потребность в оптоволоконных сетях растет все быстрее, а сами сети становятся все крупнее, мощнее и надежнее. Все это требует большого количества специалистов по установке, обслуживанию и эксплуатации сетей, которые бы обеспечивали быструю и точную передачу информации.

## Оптический рефлектометр

Оптический рефлектометр временной области (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR) является наиболее удобным инструментом для получения характеристик оптоволоконна. Рефлектометр позволяет определять свойства как одного оптоволоконна, так и всего соединения. В частности, можно одновременно получать информацию о потерях, неисправностях и расстоянии между объектами.

Рефлектометры Agilent Technologies определяют качество оптоволоконных линий путем измерения обратного рассеяния. Организации, занимающиеся разработкой стандартов (например, International Telecommunication Union, ITU), считают измерение обратного рассеяния допустимым методом анализа затуханий в оптоволоконне. Кроме того, этот метод является единственным, который позволяет обнаруживать сращивания оптоволоконна в установленном соединении. Метод обратного рассеяния также может использоваться для измерения оптической длины оптоволоконна. Таким образом, рефлектометр является очень полезным инструментом для тех, кто проектирует, устанавливает и обслуживает оптоволоконные сети.

Рефлектометр является незаменимым устройством для контроля качества. Он проверяет оптоволоконно на наличие так называемых "объектов", например, неравномерностей и сращиваний. Обнаружив дефект, рефлектометр измеряет расстояние до него, затухание и его однородность, а также связанные с дефектом потери.

Прибор особенно полезен в полевых условиях и может использоваться для регулярного контроля характеристик кабелей. Для составления отчетов и последующего обслуживания необходимо измерить следующие параметры: оптическая длина, общие потери, потери в сращиваниях и соединителях, в том числе обратные потери.



## Меры предосторожности при обращении с лазерными устройствами

При взгляде на лазерный луч глаз может сфокусировать свет на очень маленьком участке сетчатки. В зависимости от количества энергии, поглощенной сетчаткой, глаз может получить временные или постоянные повреждения.

Излучение, используемое в современных оптоволоконных соединениях, является невидимым, поэтому сигналы даже небольшой мощности гораздо опаснее для глаз, чем видимый свет. Кроме того, человек может смотреть на лазерный луч дольше, т.к. не видит его.

Стандарты безопасности, которые необходимо соблюдать при эксплуатации источников света для оптоволоконных устройств, определяются национальными и международными организациями.

Все рефлектометры Agilent отвечают требованиям безопасности большинства известных стандартов, например 21 CFR Class 1 (США) и IEC 825 Class 3A (Европа). Соответствующие этим стандартам изделия считаются безопасными, за исключением случаев наблюдения луча с помощью оптических средств (например, микроскопа). Тем не менее, никогда не смотрите прямо в выходное отверстие рефлектометра или в конец оптоволокна при включенном лазере.

**ОСТОРОЖНО**

Перед очисткой соединителей всегда выключайте рефлектометр или отключайте питание лазера.

**ОСТОРОЖНО**

**НЕВИДИМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ!  
НЕ СМОТРИТЕ НА ЛАЗЕРНЫЙ ЛУЧ И НЕ РАССМАТРИВАЙТЕ ЕГО  
С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ.  
ЛАЗЕРНОЕ УСТРОЙСТВО КЛАССА 3А.**



### 3

## Объекты в оптоволокне

Объектом является все, что вызывает потери или отражения, отличные от нормального обратного рассеяния оптоволокна. Это относится ко всем типам соединений, а также повреждений, таких как изгибы, трещины и обрывы.

Результаты измерений графически отображаются на экране в виде рефлектограммы. При этом по вертикальной оси ведется отсчет мощности, а по горизонтальной – расстояния. В данном разделе приведены примеры типичных рефлектограмм для наиболее часто встречающихся объектов.

### Одиночное оптоволокно

На следующем рисунке приведена рефлектограмма одиночного оптоволокна. Хорошо видны слегка убывающий уровень мощности (затухание) и сильные отражения в начале и конце оптоволокна.

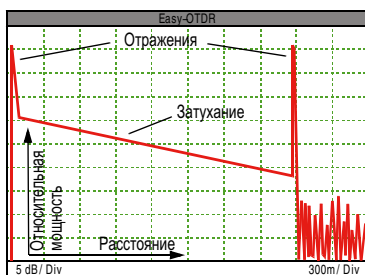


Рис. 4

Одиночное оптоволокно



## Полное соединение

На следующем рисунке приведена рефлектограмма полного соединения (например, между двумя городами). Кроме нормального затухания видны объекты, а также помехи после конца соединения.

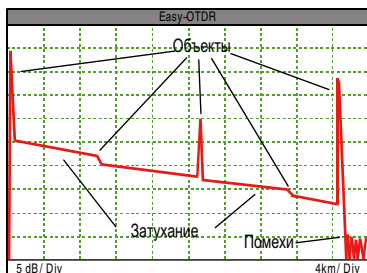


Рис. 5 Полное соединение

## Начало оптоволокна

Если используется обычный прямой соединитель, в начале оптоволокна всегда присутствует сильное отражение сигнала.

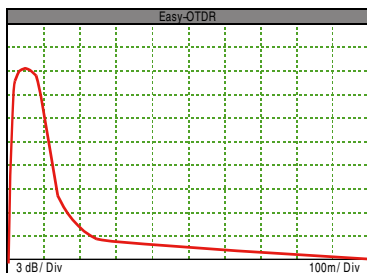


Рис. 6 Начало оптоволокна



## Конец или обрыв оптоволокну

Как правило, в конце оптоволокну наблюдается сильное отражение перед тем, как рефлектограмма переходит в помеху.

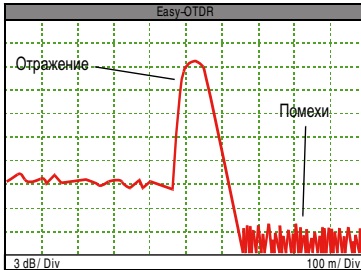


Рис. 7 Конец оптоволокну

Обрыв оптоволокну является неотражающим объектом. На рефлектограмме наблюдается спад до уровня помех.

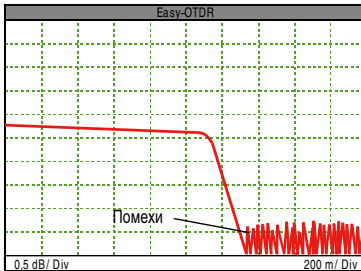
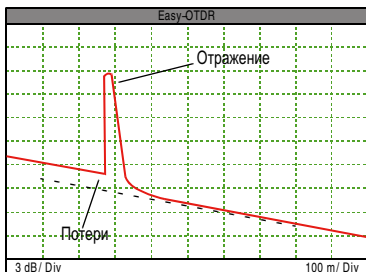


Рис. 8 Обрыв оптоволокну

## Соединитель или механическое сращивание

Соединители являются причиной отражений и потерь.



**Рис. 9** Соединитель

Механическое сращивание вызывает тот же эффект, что и соединитель, но с меньшими значениями потерь и отражений.

## Сращивание сплавлением

Сращивание сплавлением является неотражающим объектом и вызывает только потери. Современные методы сращивания настолько хороши, что результаты бывают практически невидимы.

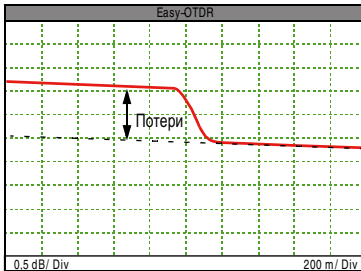


Рис. 10 Сращивание сплавлением

При плохом качестве сращивания может наблюдаться некоторое отражение. Если уровень мощности повышается, сращивание является усилителем. Это происходит из-за различных коэффициентов обратного рассеяния оптоволоконка до и после сращивания.

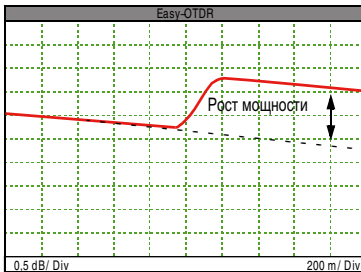
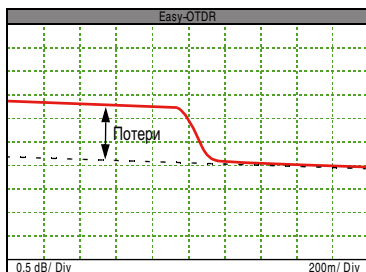


Рис. 11 Сращивание, являющееся усилителем

Если усилитель появился после измерения в одном направлении, выполните измерение с другого конца оптоволоконка. Теперь в этой точке появятся потери. Разница между усилителем и потерями ("усредненное значение потерь") является реальными потерями в этой точке оптоволоконка. Именно по этой причине рекомендуется выполнять двунаправленное усредненное измерение оптоволоконка.

## Изгибы и макроизгибы

Изгибы оптоволоконка вызывают потери, но являются неотражающими объектами.



**Рис. 12** Изгибы и макроизгибы

Чтобы отличить изгибы от сращиваний, просмотрите протоколы установки и обслуживания оптоволоконка. При наличии макроизгибов расположение потерь неизвестно, а сращивания всегда фиксируются в документации и находятся на точно известном расстоянии.

Если измерение выполняется при более высокой длине волны, макроизгибы приводят к более высоким потерям. Поэтому рекомендуется выполнять измерение с разными значениями длины волны, чтобы можно было отличить изгибы от сращиваний.

## Трещины

Трещина – это частичное повреждение оптоволоконка, вызывающее отражения и потери.

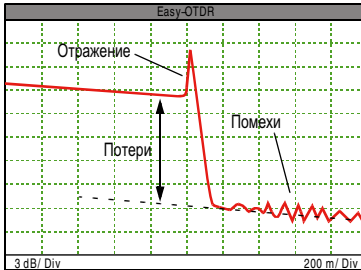


Рис. 13 Трещина

При перемещении кабеля отражения и потери могут измениться.

## Соединительные кабели

Соединительные кабели используются для подключения тестируемого оптоволоконка к рефлектометру. Отражение в кабеле не относится к оптоволоконку, что позволяет лучше проверить первый соединитель.

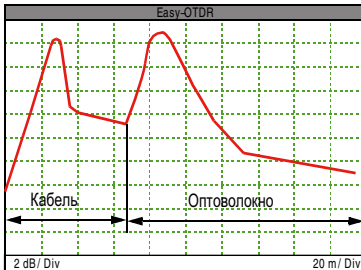


Рис. 14 Короткий соединительный кабель





## 4

# Важнейшие параметры

В этом разделе приведено описание наиболее важных параметров, используемых для характеристики оптоволокна.

## Собственные параметры оптоволокна

Для получения более подробной информации о конкретном оптоволокне обратитесь к его поставщику.

### Показатель преломления

Рефлектометр определяет расстояние до объекта путем измерения времени, прошедшего между передачей светового импульса и получением его отражения. Это может быть, например, нарастающий фронт отражения переднего соединителя или отражение от соединителя. Показанное расстояние и измеренное время связаны между собой показателем преломления (иногда называемым эффективным показателем преломления). Это означает, что изменение показателя преломления приведет к изменению рассчитанного расстояния.

Измерение расстояния с помощью рефлектометра.

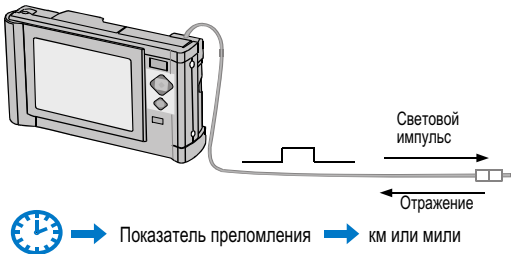


Рис. 15 Показатель преломления

### Определение показателя преломления

$$\text{показатель преломления} = \frac{\text{скорость света в вакууме}}{\text{скорость импульса света в оптоволокну}}$$

### Определение расстояния

$$\text{расстояние} = \frac{\text{измеренное время} \times \text{скорость света в вакууме}}{\text{показатель преломления}}$$

Показатель преломления зависит от материала оптоволокну и должен быть указан производителем оптоволокну или кабеля.

Очень важно точно знать показатель преломления измеряемого оптоволокну. Как правило, связанные с этим ошибки гораздо серьезнее любых погрешностей прибора.

### Коэффициент рассеяния

Рефлектометр получает сигналы не только от объектов, но и от самого оптоволокну. При прохождении света по оптоволокну происходит его затухание из-за Рэлеевского рассеяния. Это вызвано небольшими изменениями показателя преломления оптоволокну. При этом некоторое количество света отражается обратно в рефлектометр. Этот эффект называется обратным рассеянием.

Коэффициент рассеяния показывает, какое количество света рассеивается в оптоволокну. Эту величину необходимо учитывать при измерении обратных потерь и отражений.

Коэффициент рассеяния вычисляется как отношение мощности (но не энергии) оптического импульса на выходе рефлектометра к мощности обратного рассеяния на конце оптоволокну. Это отношение выражается в децибелах (дБ) и обратно пропорционально длительности импульса, поскольку мощность оптического импульса не зависит от длительности импульса.

Типичное значение коэффициента равно приблизительно 50 дБ при длительности импульса 1 мкс, в зависимости от длины волны и типа оптоволокну.



## Параметры измерения

### Длительность импульса

Одним из главных параметров измерений является длительность светового импульса, излучаемого в оптоволокно. Этот параметр определяет разрешающую способность по дальности, которая очень важна для четкого разделения объектов.

Чем короче импульс, тем лучше разрешающая способность по дальности. Однако, при коротком импульсе меньше динамический диапазон и на рефлектограмме могут появиться помехи.

Для выполнения измерений на большом расстоянии требуется высокий динамический диапазон, поэтому импульс должен быть длинным. Однако, длинные импульсы распространяются по более широкому участку оптоволокна, что означает низкую разрешающую способность.

При выполнении измерений необходимо найти компромисс между высокой разрешающей способностью и высоким динамическим диапазоном. Если требуется измерить потери в расположенных близко друг от друга сращиваниях или соединителях, используйте короткие импульсы. Если требуется обнаружить обрыв на большом расстоянии, используйте длинные импульсы.

- **Короткие импульсы**

Высокая разрешающая способность, но большие помехи. Для сокращения мертвых зон и четкого разделения объектов уменьшите длительность импульса.

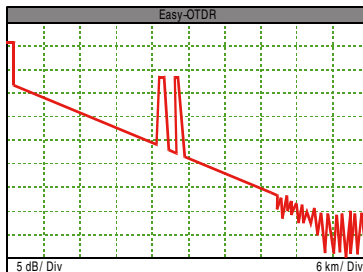
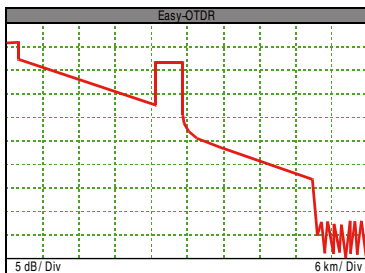


Рис. 16 Короткие импульсы повышают разрешение

## Важнейшие параметры

- **Длинные импульсы**

Высокий динамический диапазон, но большие мертвые зоны. Для снижения помех и обнаружения объектов на большом расстоянии увеличьте длительность импульса.



**Рис. 17** Длинные импульсы увеличивают динамический диапазон

- **Типичные значения**

5 нс / 10 нс / 30 нс / 100 нс / 300 нс / 1 мкс (короткие соединения)  
100 нс / 300 нс / 1 мкс / 3 мкс / 10 мкс (длинные соединения)

## Режим оптимизации

В процессе измерений рефлектометр находит компромисс между разрешающей способностью и помехами. Чем лучше разрешение, тем больше помех, т.к. любое оборудование имеет ограниченную полосу пропускания. Если полоса узкая, то помех меньше, но разрешающая способность хуже, а время восстановления после сильного отражения больше. Если же полоса широкая, полученный сигнал обрабатывается гораздо быстрее, но помех при этом больше.

Рефлектометры Agilent имеют три различных тракта приемника в каждом модуле. Один из них обеспечивает **Стандартный режим** работы, второй имеет узкую полосу пропускания и оптимизирован для получения лучшего **Динамического диапазона**, а третий имеет широкую полосу пропускания для получения хорошего **Разрешения**. Тракт выбирается с помощью **Режима оптимизации** в процессе настройки.

При оптимизации для **Динамического диапазона** рефлектометр использует длинные импульсы, при этом рефлектограмма имеет гораздо меньше помех. Это позволяет выполнять измерения оптоволокну даже на очень больших расстояниях. Однако, из-за узкой полосы пропускания приемник скругляет края рефлектограммы больше, чем при оптимизации для **Разрешения**. Кроме того, требуется больше времени для восстановления после отражения от соединителей.

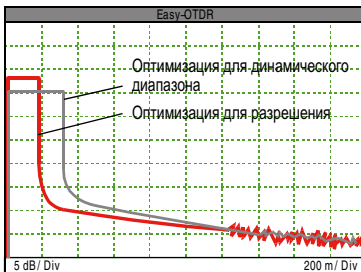


Рис. 18 Режимы оптимизации

### Диапазон измерения

Рефлектометр выполняет измерения для заданного количества контрольных точек (максимум 15710). Расположение этих точек относительно длины оптоволокну зависит от диапазона измерения. Таким образом, диапазон позволяет задать измеряемое расстояние и разрешение, которое представляет собой интервал между двумя соседними точками.

Маркеры могут быть установлены только в контрольных точках. Для более точного размещения маркеров можно попробовать изменить диапазон измерения таким образом, чтобы контрольные точки были расположены ближе к объекту.

В следующей таблице показано отношение между диапазоном измерения и расстоянием между контрольными точками.

Диапазон измерения	Разрешение
до 1,2 км	0,080 м
до 2,5 км	0,159 м
до 5 км	0,318 м
до 10 км	0,639 м
до 20 км	1,27 м
до 40 км	2,56 м
до 80 км	5,09 м
до 120 км	7,64 м
до 160 км	10,18 м
до 200 км	12,73 м
до 240 км	15,36 м

## Рабочие параметры

### Динамический диапазон

Динамический диапазон является одной из важнейших характеристик рефлектометра и указывает максимальные потери мощности между началом обратного рассеяния и пиками помех.

Если при тестировании происходит много потерь, конец оптоволокну не виден из-за помех. Если же потерь немного, конец отчетливо виден выше помех, что позволяет обнаружить обрыв.

Следует иметь в виду, что рефлектограмма обрывается поблизости от уровня помех. Однако, для измерения сращивания 0,1 дБ требуется рефлектограмма как минимум на 6 дБ выше помех, а для обнаружения обрыва – примерно на 3 дБ. Поэтому динамический диапазон рефлектометра должен быть по крайней мере на 3 – 6 дБ больше общих потерь системы.

Как и мертвая зона, динамический диапазон зависит от настройки прибора. При этом основное влияние оказывают следующие параметры: длительность импульса, режим оптимизации и длина волны. Поэтому в любом описании динамического диапазона должны быть перечислены все параметры настройки.

Динамический диапазон может быть задан относительно пиков помех либо как отношение сигнал/помеха (Signal to Noise Ratio, SNR) = 1. Использование пиков помех является предпочтительным. Если динамический диапазон задан как SNR = 1, то для вычисления пикового диапазона необходимо вычесть 2,2 дБ.

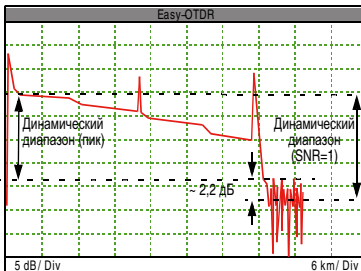


Рис. 19 Динамический диапазон

### Мертвая зона затухания

Мертвая зона является той частью рефлектограммы, где сильное отражение перекрывает данные измерений. Это происходит из-за того, что сильный сигнал переполняет приемник и требуется некоторое время на восстановление. Мертвая зона затухания – это расстояние от переднего фронта отражающего объекта до точки возврата к уровню обратного рассеяния оптоволокну.

Обнаружить начало переднего фронта легко, но определить точку окончания восстановления гораздо труднее. Поэтому многие производители создают границу  $\pm 0,5$  дБ вокруг обратного рассеяния после отражения. Мертвая зона заканчивается в точке, где обратное рассеяние остается в пределах этого поля допуска.

Чтобы определить сращивание или обрыв оптоволокну, необходимо проверить обратное рассеяние. При этом находящиеся в мертвой зоне объекты могут быть не обнаружены, т.к. обратное рассеяние отображаться не будет.

Размер мертвой зоны затухания очень сильно зависит от настройки прибора.

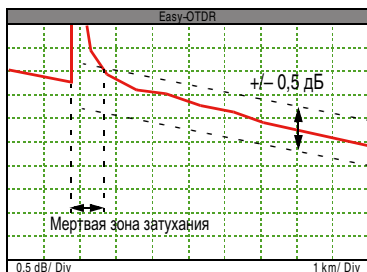


Рис. 20 Мертвая зона затухания

## Мертвая зона объекта

Мертвая зона объекта – это минимальное расстояние между двумя объектами одного типа, при котором их можно увидеть отдельно друг от друга.

Например, если два соединителя находятся на расстоянии двух метров друг от друга, на рефлектограмме будет видно отражение с двумя пиками и спадом между ними. Спад указывает на два отражения от двух разных объектов. Если объекты расположены слишком близко друг к другу, спада не будет и различить объекты будет невозможно.

Мертвая зона объекта очень сильно зависит от настройки прибора.

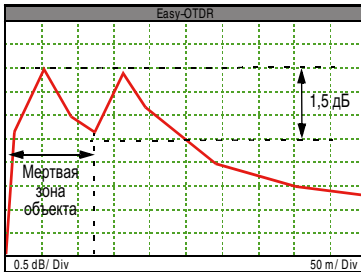


Рис. 21 Мертвая зона объекта

### Время усреднения

Рефлектометр периодически посылает в оптоволокно световые импульсы. Результат прохождения каждого импульса усредняется, что позволяет снизить случайные помехи в приемнике.



Рис. 22 Рефлектограмма после 10 секунд усреднения

Длительное время усреднения увеличивает динамический диапазон, снижая уровень помех в рефлектометре. Наилучшие результаты по исправлению рефлектограммы достигаются в пределах первых трех минут.

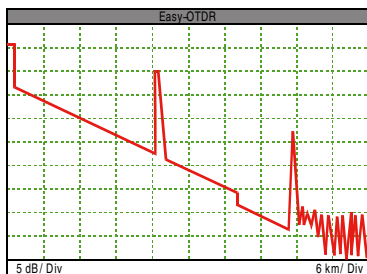


Рис. 23 Рефлектограмма после 3 минут усреднения





## 5

# Основные задачи

В данном разделе приведено описание наиболее распространенных задач, выполняемых при измерении параметров оптоволокну. Более точное описание этих процедур см. в документации, прилагаемой к оборудованию и программному обеспечению.

## Очистка оптических устройств

Для обеспечения точности и воспроизводимости измерений необходимо следить за чистотой всех соединителей. Чтобы лучше понять это требование, достаточно сравнить диаметр пылинки с диаметром сердечника оптоволокну. Размер частиц пыли колеблется от 10 до 100 мкм, а диаметр сердечника одномодового оптоволокну равен 9 мкм. Таким образом, при загрязнении всего лишь 5% области прохождения света вносимые потери возрастают на 0,22 дБ.

Если возникают сомнения в правильности результатов измерений либо если измерение невозможно повторить, выполните очистку соединителей. В большинстве случаев причиной таких ошибок является загрязнение оптического адаптера. Отключите все кабели и очистите соединители прибора, тестируемого оптоволокну и соединительного кабеля.

Для очистки соединителей рекомендуется использовать следующие стандартные средства.

- Защитные колпачки

Все кабели поставляются с крышками, защищающими сечение кабеля от повреждения и загрязнения. Если прибор не используется, защитные колпачки должны быть установлены.

При установке колпачков соблюдайте осторожность и не прикладывайте чрезмерных усилий, т.к. попавшая в колпачок пыль может поцарапать или загрязнить поверхность оптоволокну.

- Изопропиловый спирт

Используйте только медицинский спирт. Во избежание повреждения оптоволокну никогда не используйте другие растворители, а также спирт с различными присадками.

После растворения пыли и грязи удалите спирт ватным тампоном или бумажной салфеткой.



## Основные задачи

- **Ватные тампоны**  
Используйте тампоны из натурального хлопка (без добавок). При очистке соблюдайте осторожность и не прикладывайте больших усилий, чтобы не поцарапать поверхность оптоволокна. Извлекайте тампоны из упаковки непосредственно перед очисткой и не используйте их повторно.
- **Бумажные салфетки**  
Салфетки из целлюлозы очень хорошо впитывают влагу и гораздо мягче хлопчатобумажных. При очистке соблюдайте осторожность и не прикладывайте больших усилий, чтобы не поцарапать поверхность оптоволокна. Не используйте салфетки повторно.
- **Ершик для чистки трубки**  
Ершик можно использовать для очистки соединителей. Убедитесь, что используется новый, чистый и мягкий ершик. Соблюдайте осторожность, чтобы не поцарапать устройство.
- **Сжатый воздух**  
Сжатый воздух должен быть сухим и не содержать пыли, а также водяных и масляных паров.  
  
Сначала направьте струю сжатого воздуха в сторону, т.к. первая порция может содержать конденсат или газ-вытеснитель. При использовании баллончика со сжатым воздухом всегда держите его вертикально. В противном случае может произойти выброс газа-вытеснителя и загрязнение оптического устройства.

### ЗАМЕЧАНИЕ

Старайтесь не использовать иммерсионные жидкости, т.к. они могут растворять некоторые вещества внутри соединителей.

### ОСТОРОЖНО

**Перед очисткой соединителей всегда выключайте рефлектометр или отключайте питание лазера.**

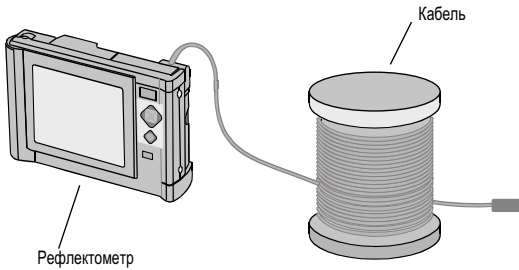
Дополнительную информацию см. в документации, прилагаемой к оптическому устройству, а также в кратком руководстве Agilent Technologies *Cleaning Procedures for Lightwave Test and Measurement Equipment* (номер документа Agilent: 5963-3538F).

## Подключение оптоволокну к прибору

Существует три основных способа подключения тестируемого оптоволокну к рефлектометру.

### Прямое подключение

Компания Agilent предлагает сменные соединители, которые могут быть самостоятельно установлены пользователями. Если кабель или оптоволокну имеет такой соединитель, можно подключить его непосредственно к рефлектометру.



**Рис. 24** Прямое подключение оптоволокну

### Соединительный кабель с двумя соединителями

Этот способ подключения рекомендуется в тех случаях, когда необходимо измерить параметры отдельного соединения в системе, особенно если соединитель кабеля смонтирован в стойке.

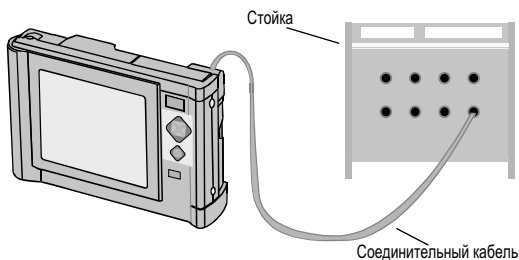


Рис. 25 Кабель с двумя соединителями

### Соединительный кабель с одним соединителем

Если тестируемое оптоволокно не имеет соединителей, используйте кабель с одним соединителем и недорогое механическое сращивание. Это обеспечит хорошее соединение и воспроизводимость результатов измерений.

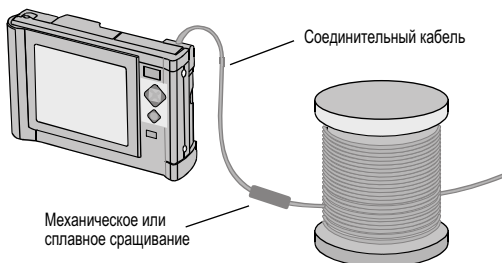


Рис. 26 Кабель с одним соединителем

## Экран рефлектометра

Результаты измерений параметров оптоволоконна отображаются на экране в виде рефлектограммы. При этом по горизонтальной оси ведется отсчет расстояния от рефлектометра, а по вертикальной – относительной мощности отражения светового импульса. Форма рефлектограммы позволяет судить о состоянии оптоволоконна, а также соединителей и сращиваний.

Чтобы изучить рефлектограмму более подробно, необходимо изменить ее представление. В рефлектометре предусмотрены функции изменения масштаба по обеим осям, увеличения отдельных участков рефлектограммы, а также перемещения рефлектограммы вдоль осей.

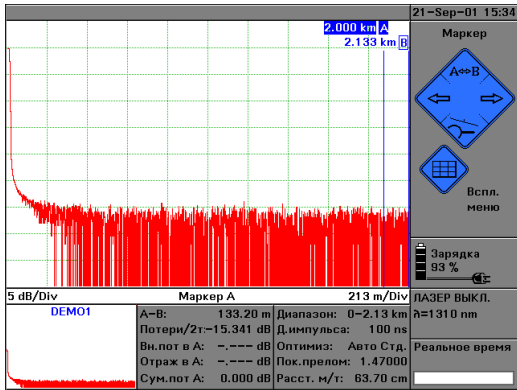


Рис. 27 Экран рефлектометра Agilent

Отображение рефлектограммы возможно в следующих диапазонах: между 0,2 дБ/дел и 5 дБ/дел по вертикали и от полного изображения до примерно 100-кратного увеличения по горизонтали.

Более того, можно установить в любых точках рефлектограммы два маркера (А и В) и использовать функции масштабирования **Вблизи маркера А**, **Вблизи маркера В** и **Между маркерами**.

Эти функции часто используются при работе с рефлектометром, поэтому необходимо хорошо с ними ознакомиться. Кроме того, на них основано большинство рассматриваемых далее задач.

## Изменение масштаба рефлектограммы

По окончании измерения на экране рефлектометра появляется полная рефлектограмма. При этом масштаб по вертикали и смещение по вертикали зафиксированы.

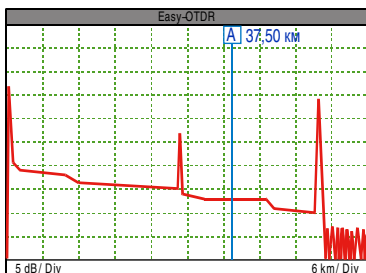


Рис. 28 Полная рефлектограмма

Для подробного просмотра отдельных участков рефлектограммы используйте функции масштабирования вблизи маркеров А и В. На следующем рисунке масштаб по горизонтали увеличен примерно в 10 раз.

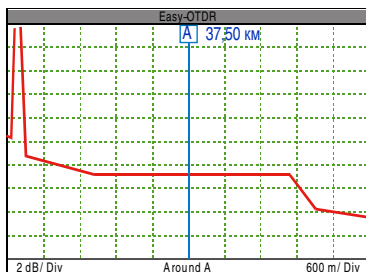
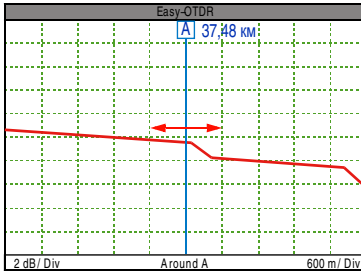


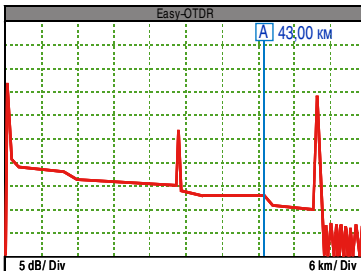
Рис. 29 Масштабирование вблизи маркера А

Теперь можно постепенно изменять положение маркера. Тем не менее, маркер будет по-прежнему отображаться в центре экрана. В результате рефлектограмма будет смещаться влево или вправо.



**Рис. 30** Изменение положения маркера

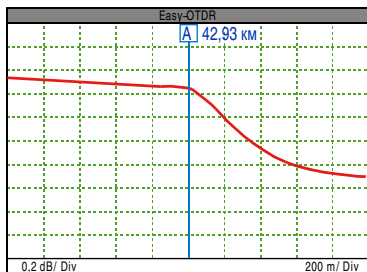
Изменение масштаба полной рефлектограммы оптоволоконной длиной 60 км возможно с шагом 6 км/дел и 5 дБ/дел. Это позволяет выполнять грубую установку маркеров.



**Рис. 31** Полная рефлектограмма с грубой установкой маркера

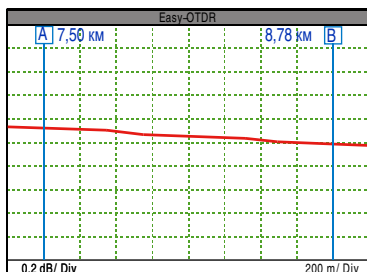
## Основные задачи

При увеличенном изображении шаг равен 200 м/дел и 0,2 дБ/дел. Это позволяет установить маркер гораздо точнее.



**Рис. 32** Увеличенное изображение для точной установки маркера

Иногда возникает необходимость проверить равномерность затухания в оптоволокне. Расположите маркер А в начале оптоволокна, а маркер В – на расстоянии от 500 до 2000 м от маркера А. Для проверки затухания увеличьте изображение между маркерами. Кроме того, для просмотра соседних участков оптоволокна можно параллельно перемещать оба маркера вдоль рефлектограммы.



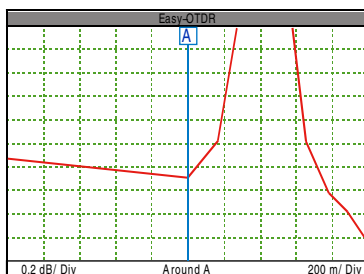
**Рис. 33** Перемещение изображения между маркерами



## Правильное расположение маркеров

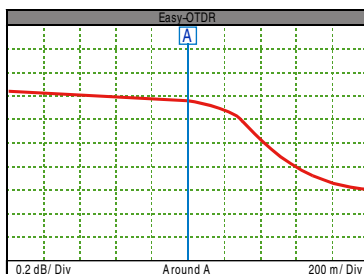
Объект всегда расположен там, где рефлектограмма отклоняется от уровня обратного рассеяния. Точное расположение всех объектов автоматически определяется и фиксируется в таблице объектов.

Соединитель или другой отражающий объект расположен в начале нарастающего фронта отражения.



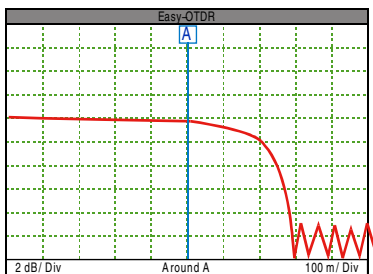
**Рис. 34** Измерение отражающего объекта

Неотражающий объект расположен в последней точке обратного рассеяния перед спадом рефлектограммы.



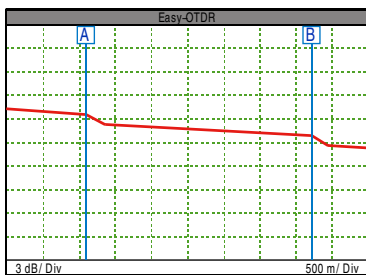
**Рис. 35** Измерение неотражающего объекта

Обрыв расположен в начале заднего фронта импульса.



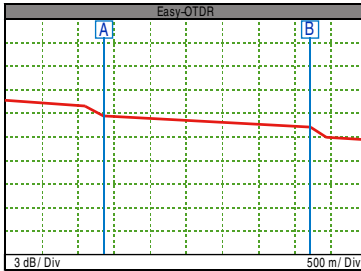
**Рис. 36** Измерение обрыва

Чтобы измерить расстояние между двумя объектами, расположите маркер А перед первым из них, а маркер В – перед вторым, как описано на предыдущей странице.



**Рис. 37** Расстояние между объектами

Чтобы измерить затухание оптоволокна между двумя объектами, расположите маркер А после первого объекта, а маркер В – перед вторым объектом.



**Рис. 38** Затухание между объектами

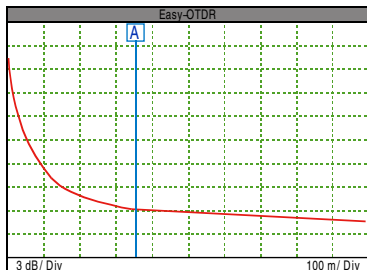
Убедитесь, что между маркерами А и В нет объектов, т.е. часть рефлектограммы между ними является прямой линией.

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Убедитесь, что при настройке используется правильный показатель преломления, в противном случае значения расстояния будут неверными!

## Определение общих потерь соединения

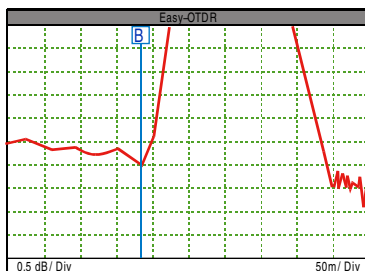
Выполните измерение параметров всего соединения. Установите маркер А в начале, а маркер В – в конце обратного рассеяния. Затем увеличьте масштаб вблизи маркера А и разместите его точно после отражения первого соединителя.



Потери

Рис. 39 Маркер А в конце первого соединителя

Теперь разместите маркер В непосредственно перед концом отражения.



Потери

Рис. 40 Маркер В перед концом отражения

Вернитесь в режим полного просмотра и убедитесь, что маркеры установлены правильно. Для отображения общих потерь выберите функцию **Потери**.

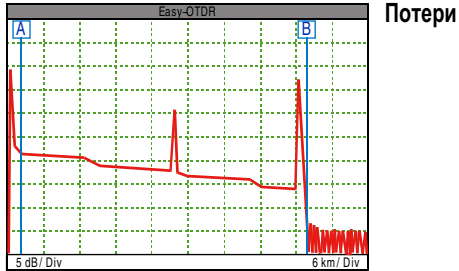
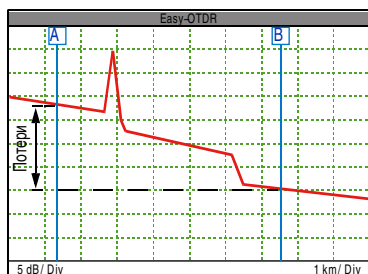


Рис. 41 Общие потери соединения

## Определение затухания между двумя точками

Выполните ту же процедуру, что и при измерении общих потерь (см. раздел “Определение общих потерь соединения” на стр. 44), но вместо функции **Потери** выберите **Затухание между двумя точками**.

Затухание между двумя точками – это значение потерь между маркерами А и В, деленное на расстояние между ними.



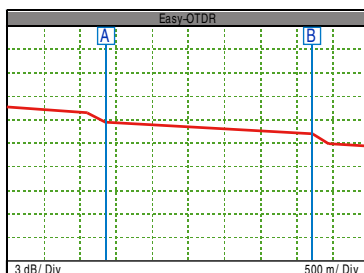
Затух./2т

**Рис. 42** Вычисление затухания между двумя точками

Поскольку эта функция является всего лишь делением разницы мощностей на расстояние, ее результаты всегда достоверны, даже если между маркерами расположены соединители или сращивания.

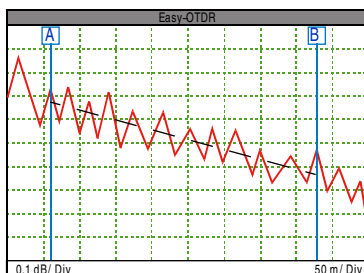
## Определение затухания

Прямая линия рефлектограммы между сращиваниями и соединителями является обратным рассеянием оптоволокон. Чтобы точно измерить его затухание, расположите маркер A после первого объекта (слева), а маркер B – перед вторым объектом (справа). Затем выберите функцию **LSA–затухание**.



**LSA–затух.**

**Рис. 43** Затухание в оптоволокне



**LSA–затух.**

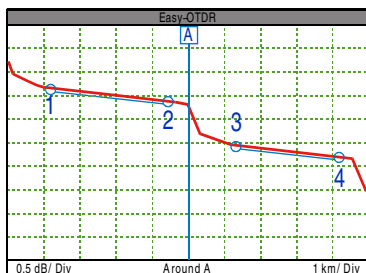
**Рис. 44** Затухание обратного рассеяния с помехами

Между маркерами не должно быть объектов, в противном случае график LSA–затухания будет содержать серьезные ошибки.

Кроме того, не используйте затухание между двумя точками для измерения оптоволокон с помехами, т.к. пики помех могут снизить точность.

## Определение потерь сращивания (анализ вносимых потерь)

Расположите маркер A возле сращивания и увеличьте масштаб, затем выберите функцию **Анализ вносимых потерь**. Появятся четыре дополнительных маркера, которые можно перемещать по рефлектограмме. Разместите все четыре маркера у уровня на линии обратного рассеяния слева и справа от объекта.



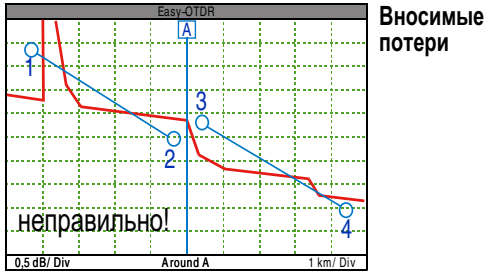
**Вносимые  
потери**

**Рис. 45** Анализ вносимых потерь сращивания

Маркеры уровня 2 и 3 должны быть расположены возле сращивания, как показано выше, а линии между 1 и 2 и между 3 и 4 маркерами должны быть как можно длиннее. Кроме того, линии должны быть расположены строго на обратном рассеянии, даже если оно имеет помехи.



Убедитесь, что линии между маркерами уровня (LSA-линии) совпадают с прямыми участками рефлектограммы. LSA-линия не должна перекрывать части рефлектограммы, содержащие объект.

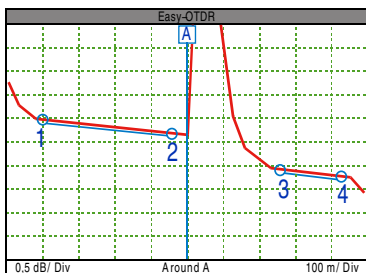


**Вносимые  
потери**

**Рис. 46** Неправильная аппроксимация из-за неверного расположения маркеров

## Определение потерь соединителя

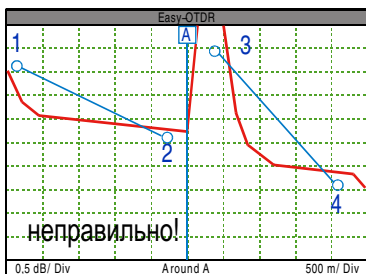
Эта процедура аналогична определению потерь сращивания и использует ту же функцию. Расположите маркер A возле соединителя и увеличьте масштаб, затем выберите функцию **Анализ вносимых потерь**. Появятся четыре маркера уровня. Разместите все четыре маркера на линии обратного рассеяния слева и справа от соединителя.



**Вносимые  
потери**

Рис. 47 Аппроксимация вблизи соединителя

При размещении маркеров уровня используйте те же правила, что и при измерении сращивания. Линии должны быть расположены строго на обратном рассеянии, даже если оно имеет помехи. Во избежание неправильных результатов не устанавливайте маркеры вблизи закруглений рефлектограммы.



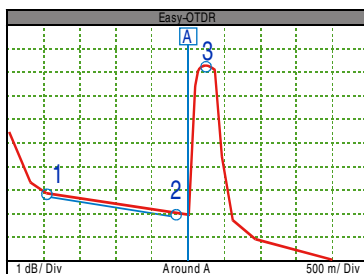
**Вносимые  
потери**

Рис. 48 Неправильные результаты из-за неверного расположения маркеров

## Определение коэффициента отражения соединителя

Расположите маркер A в начале отражения соединителя и увеличьте масштаб. Убедитесь, что на экране видны как обратное рассеяние, так и вершина пика. При необходимости измените масштаб по вертикали и смещение.

Выберите функцию **Отражение**. Появятся три маркера уровня. Поместите первые два маркера на средний уровень обратного рассеяния перед отражением (но не на пик помех). Подтвердите их положение, затем установите третий маркер уровня на пике в отражении. Рефлектометр вычислит результат и отобразит его в соответствующем поле.



Отражение

Рис. 49 Вычисление коэффициента отражения соединителя

## Основные задачи



## 6

# Практические советы по работе с рефлектометром

В этом разделе приведены практические советы и приемы работы, накопленные опытными специалистами при использовании рефлектометра в условиях производства, а также в процессе настройки и обслуживания телекоммуникационных сетей.

## Анализ тестируемого соединения

Прежде чем приступить к измерению оптоволоконного соединения, ознакомьтесь со схемой установки. Убедитесь в наличии необходимых модулей и принадлежностей. Определите, какая длина волны будет использоваться.

Выясните, измеряется ли данное соединение в первый раз или требуется выполнить сравнение с предыдущим измерением.

Во втором случае загрузите предыдущую рефлектограмму, которая будет использоваться как образец в режиме сравнения. Настройка рефлектометра будет выполнена автоматически, после чего можно будет начать новое измерение.

## Очистка соединителей

Загрязнение соединителей является причиной недостоверности, сильных помех и даже невыполнимости измерений. Кроме того, это может привести к повреждению рефлектометра. Не используйте для очистки иммерсионные жидкости, т.к. они могут растворять некоторые вещества внутри соединителей.

## Повреждение соединителя или кабеля

Проверьте чистоту соединителя. Убедитесь, что используются соединительный кабель, модуль и оптоволокно одного типа (одно- или многомодовые). Для проверки кабеля активизируйте лазер в режиме непрерывного излучения и измерьте мощность на конце кабеля (например, с помощью прибора Agilent E6006A). Для большинства одномодовых модулей и длин волн результат должен находиться между 0 и -4 дБм.



## Настройки прибора

Если рефлектометр регулярно используется для измерения одно-типных соединений, можно соответствующим образом оптимизировать его параметры и сохранить их как одну из четырех пользовательских настроек. Рекомендуется использовать для настроек понятные имена, например, INTER STATE, CITY LINK, FEEDER, TRUNK и т.п.

## Рекомендуемые параметры настройки

Установите диапазон измерения так, чтобы он был немного больше длины соединения. Например, если длина соединения равна 56,3 км, установите диапазон 60 км. Для расстояний более 15 км выполните первое измерение в дальнем режиме, в противном случае используйте ближний режим. Если диапазон больше 10 км, начните с импульса 1 мс, если меньше – 100 нс. Установите показатель преломления в соответствии с информацией о соединении. Если показатель преломления неизвестен, используйте типичное значение 1,4580.

## Рефлектограммы с помехами

Если на рефлектограмме много помех, увеличьте количество усреднений. Если усреднение уже выполнено более 100 раз, увеличьте длительность импульса. Попробуйте выполнить усреднение за более длительное время.

## Режим реального времени

Если необходимо выполнить настройку параметров в процессе измерения, используйте **Режим реального времени**. В этом режиме усреднение равно всего 0,3 секунды, т.е. изображение обновляется три раза в секунду. Режим реального времени позволяет изменять любые параметры настройки, не прерывая измерение.

Существует также режим непрерывного усреднения, в котором изображение обновляется один раз в секунду. В этом режиме перед изменением параметров необходимо полностью остановить процесс измерения. В противном случае возможна потеря рефлектограммы, усредненной в течение длительного времени.

Используйте режим реального времени для проверки соединения, качества сращиваний и подключения оптоволокну. Начните с автоматического режима, затем перейдите в режим реального времени и выберите наиболее подходящие параметры.

## Очень большая мертвая зона

Если мертвая зона слишком велика для разделения объектов, уменьшите длительность импульса. Если текущим является режим динамической оптимизации, сначала попробуйте повторить измерение в режиме оптимизации разрешения.

## Рефлектограмма не отображается

Если рефлектограмма перестала отображаться после изменения масштаба, вернитесь в режим полного просмотра.

Если вместо рефлектограммы отображаются помехи, диапазон измерения слишком велик либо начальная позиция расположена далеко от конца оптоволокну. Проверьте значения обоих параметров, а также подключение оптоволокну.

## Настройка показателя преломления

Если известна точная физическая длина тестируемого оптоволокну, можно измерить показатель преломления. Начните измерение с показателем преломления 1,5000. Разместите маркер в конце оптоволокну, затем выберите функцию **Показатель преломления** и выполняйте настройку, пока положение маркера не совпадет с известной длиной оптоволокну. Будет показан действующий показатель преломления.

## Точное измерение односторонних потерь

Измерение потерь с помощью рефлектометра основано на эффекте обратного рассеяния оптоволокну. Этот эффект проявляется в разном оптоволокну по разному, поэтому точность измерения потерь может различаться. Для более точного измерения потерь соединения одномодовые модули имеют режим непрерывного излучения, в котором просто включается питание лазера.

Выполните измерение мощности (в дБм) на конце короткого соединительного кабеля (например, с помощью измерителя мощности Agilent E6006A). Абсолютное значение мощности у разных модулей отличается, однако мощность конкретного модуля остается очень стабильной в течение многих часов. Затем подключите оптоволокну к соединительному кабелю и выполните измерение мощности на дальнем конце. Разница между двумя результатами и является односторонними потерями оптоволокну.

## Потери на изгибах

При длине волны 1550 нм одномодовое оптоволокно очень чувствительно к макроизгибам, которые возникают, например, при сгибании или локальном давлении на кабель. Иногда потери на изгибах видны именно при этой длине волны, однако они полностью отсутствуют при длине волны 1310 нм. Следовательно, необходимо проверять соединение при обоих указанных значениях длины волны.

## Перед сохранением рефлектограммы

По окончании измерения перед сохранением рефлектограммы на диске или плате памяти необходимо ввести идентификационные данные. Для этого можно использовать команду **Информация о рефлектограмме** в меню "Файл".

Используйте эту функцию для ввода идентификатора кабеля, идентификатора оптоволокна, расположения начала и окончания соединения, а также имени оператора. Информация о рефлектометре и используемых модулях, а также дате и времени измерения автоматически сохраняется в файле.

Эти сведения будут полезны в дальнейшем при сравнении рефлектограмм или обработке результатов на персональном компьютере.





## 7

# Автоматический анализ рефлектограмм

Многие соединения состоят из нескольких частей, соединенных или сращенных вместе. Хорошей проверкой качества таких соединений является измерение всех потерь и анализ характеристик сращиваний и соединителей. Однако, для выполнения этой процедуры вручную требуется много времени.

## Поиск объектов, превышающих пороговое значение

Рефлектометры Agilent позволяют ускорить решение этой задачи благодаря встроенной функции анализа рефлектограммы, которая называется **Сканирование рефлектограммы**. Эта функция выполняет поиск объектов на всей рефлектограмме. При нахождении объекта, который превышает заданное пороговое значение (например, 0,05 дБ), рефлектометр заносит его в таблицу. Таблица содержит информацию о расположении объекта, его потерях и обратных потерях (если объект отражающий), а также сведения о затухании оптоволокна между объектами.

После автоматического поиска объектов на рефлектограмме рефлектометр сохраняет таблицу объектов вместе с рефлектограммой и ее параметрами. Это означает, что таблица также сохраняется с рефлектограммой в двоичном или ASCII-файле. ASCII-файл можно затем скопировать на ПК и использовать для статистического анализа.

Для участков оптоволокна с помехами рефлектометр увеличивает пороговое значение, чтобы снизить чувствительность к пикам помех. Однако, часто бывает трудно различить, где реальный объект, а где искажение, вызванное помехами. Таким образом, очень важно внимательно проанализировать таблицу объектов и удалить объекты, которые в действительности являются пиками помех, либо добавить объект, который ошибочно был воспринят как помеха.

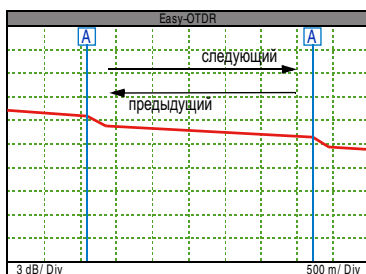


## Просмотр выбранного объекта

Предположим, что полученная таблица объектов содержит несколько неотражающих объектов, расположенных на удалении 12,689, 15,632 и 20,091 км.

№	ТИП	ПОЛОЖЕНИЕ	ПОТЕРИ дБ	ЗАТУХ дБ/км
4	НЕОТРАЖ	12,689 км	0,192	0,220
5	НЕОТРАЖ	15,632 км	0,172	0,220
6	НЕОТРАЖ	20,091 км	0,380	0,215

При этом известно, что соединение должно содержать только два сращивания на удалении 12,7 км и 20,1 км, т.е. никаких других объектов между ними быть не должно. Поэтому необходимо проверить рефлектограмму на отметке 15,6 км. Для этого выберите неизвестный объект в таблице и воспользуйтесь функцией **Привязка к объекту**. Будет увеличен участок рефлектограммы вокруг этого объекта, а также установлены маркер А и все маркеры уровня для измерения потерь сращивания. Маркеры будут установлены точно в позиции, где был найден объект при выполнении функции **Сканирование рефлектограммы**.



**Рис. 50** Переход между wybranными объектами

Функция **Следующий объект** позволяет быстро проверить все объекты, найденные на рефлектограмме.



## 8

# Рефлектометры Agilent Technologies

Компания Agilent Technologies предлагает все необходимое оборудование для эффективного тестирования оптоволоконных сетей. Семейство рефлектометров компании Agilent – это высоконадежные приборы, необходимые для установки и обслуживания оптоволоконных сетей. Все модели этого семейства очень просты в использовании и имеют мощные функции анализа. Кроме того, используемые в рефлектометрах Agilent форматы файлов сертифицированы Bellcore, поэтому результаты измерений можно использовать на любых других стандартных устройствах.

В этом разделе приведены начальные сведения о различных устройствах, модулях, программном обеспечении и комплектующих для рефлектометров.

Дополнительную информацию о рефлектометрах Agilent см. на Web-узле по адресу: [www.agilent.com/comms/otdr](http://www.agilent.com/comms/otdr).

## Анализ и документирование с помощью ПО OTDR Toolkit *IIplus*

Agilent E6091A OTDR Toolkit *IIplus* – это чрезвычайно полезное программное обеспечение (ПО) для Windows, дополняющее большой выбор устройств для рефлектометра.

Это ПО позволяет собирать, анализировать, организовывать и хранить рефлектограммы для быстрой подготовки различных документов (например, актов приемки). Пакетная обработка данных и функции печати позволяют в любой момент получить нужный документ.

Если ПК подключен к рефлектометру, пользователь может подготовить и начать измерение дистанционно с помощью ПО Toolkit *IIplus*.



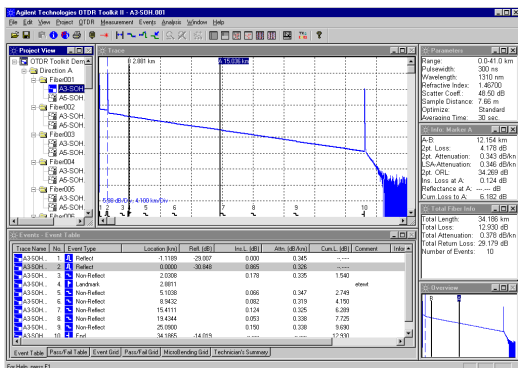


Рис. 51 ПО OTDR Toolkit II/plus

Важнейшие функции ПО Toolkit II/plus перечислены ниже.

- Усовершенствованная работа в пакетном режиме.
- Просмотр рефлектограммы на экране компьютера и последующая обработка полученных данных.
- Дистанционное управление рефлектометром.
- Высокая скорость обмена данными между рефлектометром и ПО даже при обработке нескольких рефлектограмм.
- Анализ сращиваний, соединителей и затуханий.
- Одновременное сравнение любого количества рефлектограмм.
- Функция двустороннего усреднения, повышающая точность вычислений при измерении потерь.
- Полная контекстно-зависимая справочная система.
- Окно с подробной информацией обо всех объектах, содержащие таблицы объектов, таблицы проверки рефлектограмм, сетку объектов, сетку микроизгибов и др.
- Простые средства для быстрой подготовки отчетов.
- Экспорт данных в формате Microsoft Excel.
- Программа просмотра рефлектограмм.
- Локализованные версии для пяти языков.

## Поиск обрывов и обслуживание оптоволоконна

Для специалистов, которые обслуживают оптоволоконные сети, компания Agilent Technologies предлагает прибор для поиска обрывов оптоволоконна E6020A Fiber Break Locator. Этот прибор позволяет находить повреждения в оптоволоконной сети на удалении до 150 км с точностью до одного метра. Неопытные пользователи могут воспользоваться встроенной справочной системой и пошаговыми инструкциями, которые помогут быстрее научиться работать с прибором.

Fiber Break Locator имеет легкий и компактный корпус, прочный переносной футляр, превосходный экран и предназначен для работы как в лабораторных, так и полевых условиях. Кроме того, для него предлагается большой выбор соединителей и принадлежностей.



**Рис. 52** Прибор для поиска обрывов оптоволоконна

Основные возможности Fiber Break Locator перечислены ниже.

- Пошаговые процедуры поиска обрывов волокна.
- Понятные сообщения об ошибках для быстрого решения проблем.
- Функция обнаружения трафика для защиты оборудования.
- Выбор производителя оптоволоконна для упрощения настройки.
- Четкое и ясное отображение места повреждения оптоволоконна.
- Простой режим сохранения результатов измерений.
- Локализованные версии для четырех языков.

## Установка и обслуживание оптоволоконных сетей с помощью рефлектометра

Малогабаритный оптический рефлектометр Agilent E6000C представляет собой высокопроизводительный прибор, предназначенный для установки и ввода в эксплуатацию сложных оптоволоконных сетей, а также для их обслуживания и обнаружения неисправностей. Этот рефлектометр отличается большими возможностями и непревзойденным по удобству интерфейсом пользователя.



**Рис. 53** Малогабаритный оптический рефлектометр

Основные возможности рефлектометра перечислены ниже.

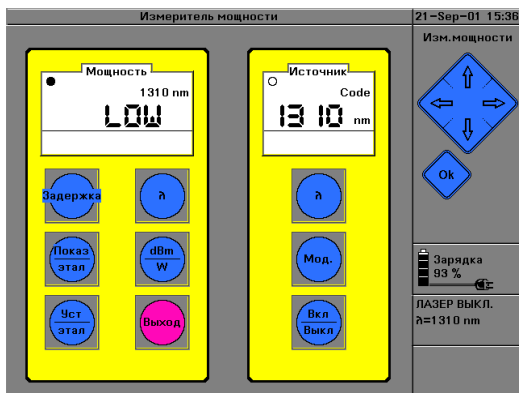
- Высокий динамический диапазон измерений, равный – 45 дБ.
- Функция поиска обрывов оптоволоконка для обнаружения повреждений и изгибов кабеля.
- Нахождение и определение характеристик сращиваний и соединителей.
- Тестирование набора волокон для быстрой оценки параметров большого числа кабелей.

- Измерение мощности и потерь с использованием встроенного источника света и модуля измерителя мощности.
- Графическое представление результатов измерений с помощью таблиц объектов, содержащих информацию о потерях и отражениях, а также результаты проверки рефлектограммы.
- Визуальный индикатор повреждений оптоволоконных кабелей.
- Локализованные версии для 14 языков.

Для решения самых разных задач в рефлектометре могут быть установлены различные модули и submodule. Модули вставляются в специальный отсек сзади рефлектометра, а submodule вставляются в установленные модули.

### Submodule измерителя мощности E6006A

Submodule измерителя мощности (Power Meter Submodule) E6006A используется для измерения оптической мощности на конце оптоволоконна при подсоединенном источнике света в начале волоконна.



**Рис. 54** Submodule измерителя мощности

Можно просматривать как абсолютное значение оптической мощности, так и относительное (по сравнению с эталонным значением). Кроме того, можно выбирать различные единицы (дБм, дБ и Вт), а также выполнять измерения для различных длин волн.

## Визуальный индикатор повреждений E6007A

Субмодуль визуального индикатора повреждений (Visual Fault Finder Submodule) E6007A позволяет обнаруживать сильные изгибы и повреждения оптоволоконна, соединительных кабелей и т. п. Визуальный индикатор повреждений использует в качестве источника света лазер с видимым излучением красного цвета, которое может быть постоянным или пульсирующим с частотой 1 Гц.

В местах разрывов и других повреждений оптоволоконна через защитное покрытие кабеля будет виден красный свет, что позволяет точно определять расположение неисправности. Толщина защитного покрытия не должна превышать 3 мм.

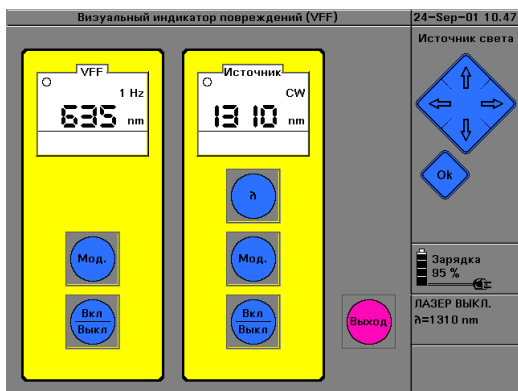
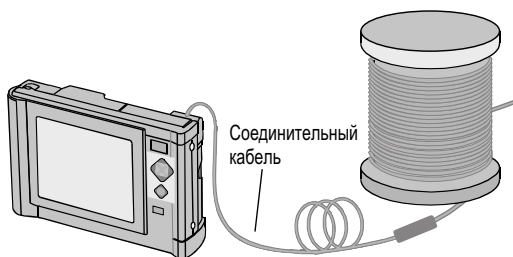


Рис. 55 Визуальный индикатор повреждений



## Соединительные кабели

При любом измерении с использованием рефлектометра передний соединитель имеет сильное отражение. Возникающая после такого отражения мертвая зона может привести к тому, что объекты в начальной части оптоволоконна не будут обнаружены. Чтобы избежать этого, между рефлектометром и тестируемым оптоволоконном подключается специальный соединительный кабель.



**Рис. 56** Рефлектометр с соединительным кабелем

Соединительный кабель и тестируемое оптоволоконно должны быть одного типа. Например, для тестирования оптоволоконна 50/125 мкм потребуется многомодовый модуль 50/125 мкм и соединительный кабель аналогичного типа.

Чтобы измерить несколько оптических волокон в кабеле или проверить оконечное устройство оптоволоконной сети, можно не отключать соединительный кабель от рефлектометра. Если другой конец соединительного кабеля будет поврежден, потребуется заменить только этот кабель.

Если требуется измерить вносимые потери соединителей на обоих концах оптоволоконна, подключите к ним по одному соединительному кабелю длиной от 300 м до 1000 м. Это позволит получить характеристики как первого, так и последнего соединителей.

При производстве кабеля или оптоволоконна соединительный кабель длиной 300 м и механическое сращивание позволяют значительно уменьшить влияние мертвой зоны и вносимых потерь, возникающих от адаптеров волокна без покрытия или средств микрометрической настройки.





# 9 Таблицы

## Типичные результаты

В этом разделе приведены таблицы, которые содержат типичные значения для различных параметров оптоволоконна.

Затухание оптоволоконна	Многомодовое оптоволоконно	Одномодовое оптоволоконно
850 нм	$\leq 3,5$ дБ/км	не используется
1300/1310 нм	$\leq 1,5$ дБ/км	$< 0,4$ дБ/км
1550 нм	не используется	$< 0,3$ дБ/км

### Вносимые потери

Сращивание сплавлением	$\leq 0,1$ дБ	$\leq 0,15$ дБ
Механическое сращивание	$\leq 0,15$ дБ	$\leq 0,2$ дБ
Соединитель с физическим контактом	$\leq 0,5$ дБ	$\leq 0,5$ дБ

### Обратные потери

Соединители с физическим контактом (например, соединитель FC)	11 ... 15 дБ (два переходника стекло/воздух)
Соединители с физическим контактом (например, HMS-10, FC/PC, ST, DIN 47256)	30 ... 50 дБ (чистые и хорошо отполированные)
Угловые соединители с физическим контактом (например, HMS-10/HRL, APC)	60 дБ и более

## Перевод единиц измерений

В этом разделе приведены таблицы перевода некоторых единиц измерения.

Перевод единиц измерений	
+ 30 дБм	1 Вт (ватт)
+ 20 дБм	100 мВт (милливатт)
+ 10 дБм	10 мВт
+ 7 дБм	5 мВт
+ 3 дБм	2 мВт
0 дБм	1 мВт = 0,001 Вт
- 3 дБм	500 мкВт (микроватт)
- 7 дБм	200 мкВт
- 10 дБм	100 мкВт
- 20 дБм	10 мкВт
- 30 дБм	1 мкВт = 0,001 мВт
- 40 дБм	100 нВт (нановатт)
- 50 дБм	10 нВт
- 60 дБм	1 нВт = 0,001 мкВт
- 70 дБм	100 пВт (пиковатт)
- 80 дБм	10 пВт
- 90 дБм	1 пВт = 0,001 нВт

**Часто используемые  
отношения**

+ 3 дБ	* 2	– 3 дБ	1 / 2
+ 6 дБ	* 4	– 6 дБ	1 / 4
+ 10 дБ	* 10	– 10 дБ	1 / 10
+ 20 дБ	* 100	– 20 дБ	1 / 100
+ 30 дБ	* 1000	– 30 дБ	1 / 1000
+ 40 дБ	* 10 000	– 40 дБ	1 / 10 000
+ 50 дБ	* 100 000	– 50 дБ	1 / 100 000
+ 60 дБ	* 1 000 000	– 60 дБ	1 / 1 000 000

**Перевод единиц длины**

1 нм	(нанометр)	0,001	мкм
1 мкм	(микрометр)	0,001	мм
1"	(дюйм)	25,4	мм
1 килофут	(1000 футов)	304,8	м
1 миля		1,6093	км

## Таблицы



## 10

# Обслуживание и поддержка

Любые настройки, обслуживание и ремонт данного прибора должны выполняться только квалифицированным персоналом. Для этого обращайтесь в ближайший сервисный центр компании Agilent Technologies. Список сервисных центров см. на Web-узле по адресу:  
<http://www.agilent.com/find/assist>

Кроме того, можно обратиться к специалистам по контрольно-измерительному оборудованию компании Agilent Technologies (в обычное рабочее время).

### США

(тел.) 1 800 452 4844

### Канада

(тел.) 1 877 994 4414

(факс) (905) 206 4120

### Европа

(тел.) (31 20) 547 2323

(факс) (31 20) 547 2390

### Япония

(тел.) (81) 426 56 7832

(факс) (81) 426 56 7840

### Латинская Америка

(тел.) (305) 269 7500

(факс) (305) 269 7599

### Австралия

(тел.) 1 800 629 485

(факс) (61 3) 9272 0749

### Новая Зеландия

(тел.) 0 800 738 378

(факс) 64 4 495 8950

### Азиатско-Тихоокеанский регион

(тел.) (852) 3197 7777

(факс) (852) 2506 9284









## 11 Глоссарий

Данный глоссарий содержит описание терминов, относящихся к технологии оптоволоконной связи.

### F

**FDDI** Распределенный интерфейс передачи данных по оптоволокну (Fiber Distributed Data Interface), который является стандартом для локальных оптоволоконных сетей 100 Мбит/с.

### I

**IP–адрес** Используется для идентификации узла в сети и получения информации для маршрутизации. Каждый узел в сети должен иметь уникальный IP–адрес, который состоит из идентификатора сети и уникального идентификатора компьютера, который присваивается администратором сети. Этот адрес обычно представляется в виде десятичных чисел, разделенных точками (например, 138.57.7.27).

### K

**kpsi** Единица силы на площадь, выражаемая в тысячах фунтов на квадратный дюйм (kilopounds per square inch). Обычно используется для характеристики контрольных испытаний оптоволоконка, например, 100 kpsi.

### O

**OTDR** Аббревиатура от “Optical Time Domain Reflectometer” (оптический рефлектометр временной области). Оптический рефлектометр посылает импульсы в оптоволокну для измерения обратного рассеяния. Анализ полученной рефлектограммы позволяет обнаружить различные объекты в оптоволоконке.



## R

**RTU** Аббревиатура от **Remote Test Unit** (модуль дистанционного тестирования).

## S

**SNMP** Аббревиатура от "Simple Network Communication Protocol" (простой протокол управления сетью). Управление сетью осуществляется с помощью SNMP-агентов. Чтобы удаленные станции сетевого управления могли посылать запросы SNMP-агентам, необходимо определить список групповых имен, а также IP-адреса для этих имен.

## A

**Аппаратная** Место централизованного размещения телекоммуникационного оборудования, используемого для обслуживания рабочих мест в здании. Аппаратная отличается от коммуникационного шкафа типом и сложностью оборудования.

## B

**Внешняя магистраль** Участок магистрального кабеля между зданиями.

**Вносимые потери** Затухание, вызванное добавлением в передающую оптическую систему какого-либо компонента, например, соединителя или коммутационного устройства.

**Внутреннее оборудование** Оборудование и соединения внутри здания, например, соединительные кабели и сменные модули.

**Внутренняя магистраль** Участок магистрального кабеля внутри здания.

**Волновое мультиплексирование** Мультиплексирование с разделением по длине волны – одновременная передача нескольких сигналов в оптическом волноводе с использованием различных длин волн (Wavelength Division Multiplexing, WDM).

**Волокно** См. "Оптоволокно".

**Волоконная оптика** Одно из направлений оптической технологии, посвященное вопросам передачи мощности излучения по волокну, изготовленному из прозрачного материала (например, обычного или кварцевого стекла или пластика).

**Вытекающие моды** В граничной области между рабочими модами оптического волновода и световыми волнами, которые неспособны распространяться в оптоволокне, существуют также так называемые "вытекающие моды". Эти моды не поддаются управлению, но способны к ограниченному распространению с повышенным затуханием. Вытекающие моды являются возможным источником ошибок при измерении потерь оптоволокна, однако их влияние может быть уменьшено с помощью модовых фильтров.

## Г

**Географическая метка** Географический символ, который обозначает здание, сооружение, мост или другой ориентир на местности.

**Гибридный кабель** Оптоволоконный кабель, состоящий из двух или более различных типов оптоволокна (например, содержащий многомодовое и одномодовое оптоволокно 62,5 мкм).

**Гигагерц (ГГц)** Единица измерения частоты, которая равна одному миллиарду циклов в секунду.

**Главный коммутационный пункт** Централизованная часть кабельной магистрали, используемая для концевой заделки и распределения кабелей, а также обеспечивающая соединение между аппаратными помещениями, входным оборудованием и коммутационными пунктами горизонтальной и промежуточной проводки.

**Горизонтальная проводка** Часть структурированной кабельной системы, которая обеспечивает соединение между коммутационным пунктом горизонтальной кабельной проводки и телекоммуникационными розетками рабочей области. Горизонтальная проводка состоит из каналов передачи, розеток, разъемов горизонтальных кабелей и коммутационного пункта горизонтальной кабельной проводки.

## Д

**Детектор** Устройство, преобразующее энергию оптического излучения в электрический сигнал. Сила тока зависит от количества полученного света и типа устройства.

**Децибел (дБ)** Стандартная единица измерения, используемая для характеристики усиления или потерь оптической мощности.

**Дисперсия среды** Дисперсия, связанная с немонохроматическим источником света вследствие зависимости длины волны от показателя преломления или скорости света в среде (материале).

**Диэлектрик** Неметаллический и, следовательно, непроводящий материал. Стекловолокно (оптоволокно) является диэлектриком. Диэлектрический кабель не содержит металлических компонентов.

**Длина волны с нулевой дисперсией** Длина волны, при которой хроматическая дисперсия оптоволокну равна нулю. Этот эффект возникает, когда дисперсия волновода уравнивает дисперсию материала.

**Длина волны спектрального максимума** Длина волны, соответствующая максимальному значению оптической мощности источника (пиковая длина волны).

## Ж

**Жгут** Множество отдельных оптических волокон, заключенных в оболочку или защитную трубку. Также группа изолированных волокон, каким-либо образом отделенная от другой группы в одном и том же сердечнике кабеля.

## З

**Затухание** Уменьшение мощности передаваемого сигнала на участке между двумя точками. Этот термин используется для обозначения полных потерь оптической системы для определенной длины волны, обычно измеряемых в децибелах (дБ).

**Защита** (1) Защитный материал, напрессованный непосредственно на покрытие оптоволокна для защиты от воздействия окружающей среды (плотное покрытие); (2) процесс напрессовывания трубки вокруг волокна с покрытием для изоляции волокна от напряжений в кабеле (защитные трубки).

**Защитное покрытие** Материал, используемый для физической изоляции оптического волокна и защиты от механических повреждений. Защитное покрытие может быть плотным, свободным или многослойным.

**Защитные трубки** Напрессованные цилиндрические трубки, покрывающие оптоволокно для защиты и изоляции.

## И

**Исходное измерение** Измерение, выполненное после ввода в эксплуатацию канала связи для сравнения с последующими измерениями и проверки исправности канала.

## К

**Кабелепровод** Трубка, через которую проложены кабели.

**Кабель** Совокупность оптических волокон и оболочки, которая обеспечивает защиту от механических повреждений и воздействия окружающей среды.

**Кабель с разъемами** Оптоволоконный кабель, имеющий соединители на одном или обоих концах. Используется главным образом для соединения оптоволоконных систем с оптоэлектронным оборудованием.

**Километр (км)** Одна тысяча метров или приблизительно 3281 футов. Километр является стандартной единицей измерения длины в волоконной оптике. 1 фут = 0,3048 м.

**Коммуникационный шкаф** Закрытое пространство для размещения телекоммуникационного оборудования, кабельных вводов и коммутационных пунктов. Этот шкаф предназначен для коммутации магистральной линии связи и горизонтальной кабельной проводки.

**Коммутационный модуль** Оптический мультиплексор.

**Коммутационный пункт горизонтальной проводки** Пункт коммутации горизонтальной кабельной проводки с различным оборудованием и другой кабельной проводкой, например, горизонтальной или магистральной.

**Коэффициент затухания** Отношение потери мощности оптического сигнала к длине оптоволокна для определенной длины волны, обычно измеряемое в децибелах на километр (дБ/км). Чем меньше коэффициент, тем больше затухание оптоволокна. Типичные значения многомодовой длины волны – 850 и 1300 нанометров (нм), одномодовой длины волны – 1310 и 1550 нм. При определении затухания важно обратить внимание на то, является ли значение усредненным или номинальным.

**Коэффициент преломления** Отношение скорости света в вакууме к скорости света в заданной передающей среде.

**Коэффициент рассеяния** Определение потерь светового луча, переданного под углом  $0^\circ$ , т.е. количество света, утраченного в результате рассеяния луча.

Измеряемая таким образом переменная называется коэффициентом рассеяния.

**Критический угол** Наименьший угол от оси оптоволокна, при котором луч может быть полностью отражен в интерфейс сердечник/оболочка.

## Л

**Лазерный диод** Электрооптическое устройство, которое излучает когерентный свет с узким диапазоном длин волн, обычно сконцентрированных вокруг 780 нм, 1320 нм или 1550 нм. Лазеры с длинами волн, сконцентрированными вокруг 780 нм, обычно называются CD-лазерами.

**ЛВС** См. “Локальная вычислительная сеть”.

**Линейные сооружения** Все внешнее сетевое оборудование, например, кабели, оптоволокно и узлы.

**Локальная вычислительная сеть (ЛВС)** ЛВС – это коммуникационная система, которая обеспечивает совместную обработку данных (на ПК, миникомпьютерах и суперкомпьютерах) и доступ к периферийным устройствам (принтерам и факсимильному оборудованию). ЛВС состоит из рабочих станций с установленными сетевыми платами, которые подключаются к файловым серверам (где хранятся операционные системы и программное обеспечение) и принтерам.

Шлюзы используются для организации соединений между ЛВС, например, когда требуется совместно использовать компьютерные ресурсы всего отдела или целого предприятия. Простая ЛВС может содержать всего несколько рабочих станций без файлового сервера, а сложная – сотни рабочих станций, расположенных на разных этажах или даже в нескольких зданиях.

Первоначально ЛВС были предназначены для предоставления пользователям совместного доступа к дорогостоящему оборудованию, а теперь ЛВС превратилась в важнейшую телекоммуникационную систему. В настоящее время ЛВС используются для совместного доступа к файлам и принтерам, электронной почте, базам данных, а также для подключения кассовых терминалов и других периферийных устройств.

**Луч** Геометрическое представление пути прохождения света в оптической среде. Линия под прямым углом к фронту волны, указывающая направление потока световой энергии.

**Лямбда–канал** Специальная длина волны оптоволокна. Разные лямбда–каналы можно использовать для передачи различных данных.

## М

**Макроизгиб** Макроскопическое отклонение оси оптоволокна от прямой линии.

**Мегагерц (МГц)** Единица измерения частоты, которая равна одному миллиону циклов в секунду.

**Механическое сращивание** Соединение двух оптических волокон с помощью постоянных или временных механических средств (в отличие от сращивания сплавлением или соединителей) для обеспечения непрерывного пути прохождения сигнала. Хорошим примером механического сращивания является CamSplice.

**Микрометр (мкм)** Одна миллионная часть метра ( $10^{-6}$  м). Обычно используется для выражения геометрических размеров оптоволокна, например, 62,5 мкм.

**Многожильный оптоволоконный кабель** Оптоволоконный кабель, который содержит два или более волокна.

**Многомодовое искажение** Искажение сигнала в оптическом волноводе в результате наложения различных мод.

**Многомодовое оптоволокно** Оптический волновод, в котором свет передается посредством нескольких мод. Обычно размер сердечника/оболочки составляет 62,5/125 (измеряется в микрометрах).

**Многопользовательская розетка** Телекоммуникационная розетка, используемая для обслуживания более одной рабочей области, обычно во вспомогательных устройствах открытых систем.

**Мода** Термин, используемый для описания независимого пути прохождения света по многомодовому или одномодовому оптоволокну.

**Модовая дисперсия** Уширение импульса вследствие того, что разные световые лучи проходят в оптоволокне различные расстояния и с различной скоростью.

**Модуль панели соединителей** Предназначен для использования с коммутационной панелью и содержит 6 или 12 оптических волокон, соединенных путем сращивания с магистральными оптоволоконными кабелями.

**Модуляция** Кодирование информации с помощью несущей частоты. Существуют технологии амплитудной, частотной и фазовой модуляции.

**Моды** Дискретные оптические волны, которые распространяются в оптических волноводах. Они представляют собой решение дифференциальных уравнений, характеризующих волновод. В одномодовом оптоволокне может распространяться только одна мода (основная волна), а в многомодовом – несколько сотен мод, которые отличаются диаграммой поля и скоростью распространения. Максимальное количество мод зависит от диаметра сердечника и числовой апертуры волновода.



**Мониторинг темного оптоволокна** Для выполнения такого мониторинга необходимо подсоединить одно оптоволокно многоволоконного кабеля к тестируемому оборудованию. Это волокно не используется для передачи данных и позволяет выявить более 80% проблем с оптоволоконным кабелем.

**Монохроматический** Содержащий одну длину волны. В действительности излучение никогда не бывает полностью монохроматическим, а может только содержать узкий диапазон длин волн.

**Мультиплексор** Устройство, объединяющее два или более сигналов в один поток битов. Каждый сигнал затем может быть восстановлен из этого потока.

## Н

**Нанометр (нм)** Единица измерения, равная одной миллиардной части метра ( $10^{-9}$  м). Обычно используется для выражения длины световой волны, например, 1300 нм.

## О

**Оболочка** Диэлектрический материал, окружающий сердечник оптического волокна.

**Оборудование** Телекоммуникационное оборудование.

**Обратное рассеяние** Рассеяние света в обратном направлении.

**Объект** Изменение состояния соединения. Например, если соединение повреждено, это приведет к появлению объекта на рефлектограмме.

**Одномодовое оптоволокно** Оптическое волокно с небольшим диаметром сердечника (обычно 9 мкм), по которому может распространяться только одна мода (основная волна). Этот тип оптоволокна особенно подходит для широкополосной передачи на большие расстояния, т. к. его полоса пропускания ограничена только хроматической дисперсией.

**Оптический волновод** Диэлектрический волновод, сердечник которого состоит из оптически прозрачного материала с низким затуханием (обычно кварцевое стекло) и с оболочкой, состоящей из оптически прозрачного материала с более низким показателем преломления, чем у сердечника. Такой волновод используется для передачи сигналов с помощью световых волн и часто называется оптоволоком. Кроме того, в некоторых оптических компонентах, например, лазерных диодах, используются структуры с плоским диэлектрическим волноводом, которые также часто называются оптическими волноводами.

**Оптоволокну** Светопроводящее волокно из диэлектрического материала.

**Оптоволоконное соединение** Линия связи, сигнал в которой передается посредством модуляции света, распространяющегося по оптическому волокну.

**Оптоволоконный кабель** Кабель, в котором в качестве среды передачи используется одно или несколько оптических волокон. Кабель имеет силовые элементы и оболочку для защиты от механического повреждения и воздействия окружающей среды.

**Оптоэлектроника** Этот термин относится к устройствам, которые реагируют на оптические сигналы, излучают или преобразуют оптическое излучение либо используют оптическое излучение для внутренней работы. Любое устройство, которое функционирует как преобразователь электрической энергии в оптическую или оптической в электрическую.

**Ориентир** Характерная точка на географической карте.

**Освещенность** Плотность энергии на излучающей поверхности источника света или поперечном сечении оптического волновода. Обычно выражается в ваттах на квадратный сантиметр ( $\text{Вт}/\text{см}^2$ ).

**Отражение** Резкое изменение направления луча света на границе двух разнородных сред, которое приводит к возврату луча в исходную среду.

## П

**Панель соединителей** Предназначена для использования с коммутационной панелью и содержит 6, 8 или 12 адаптеров для подключения оптоволоконных кабелей.

**Передачик** Управляющее устройство и источник излучения, используемые для преобразования электрических сигналов в оптические.

**Повторитель** Оптоэлектронный прибор или модуль в системе оптической связи, который получает оптический сигнал, преобразовывает его в электрическую форму, усиливает или восстанавливает, а затем ретранслирует в оптической форме.

**Поглощение** Физический процесс, в результате которого происходят потери света и его преобразование в тепло, что приводит к нагреванию оптоволокну. В действительности повышение температуры незначительно и трудно поддается измерению. Поглощение возникает в конце ультрафиолетовой и инфракрасной полос поглощения от различных примесей (например, от гидроксильных ионов) и дефектов в структуре стекла.

**Показатель преломления** Отношение скорости света в вакууме к скорости света в плотной оптической среде.

**Покрытие** Материал, непосредственно примыкающий к оболочке оптического волокна и обеспечивающий его защиту и целостность.

**Полное внутреннее отражение** Физическое явление, заключающееся в полном отражении светового пучка от границы раздела двух сред и возникающее, когда световой пучок падает под косым углом из среды с большим показателем преломления на границу раздела со средой с меньшим показателем преломления и угол падения превышает критический угол.

**Пороговый ток** Управляющий ток, выше которого усиление световой волны в лазерном диоде становится больше, чем оптические потери, что приводит к возникновению индуцированного излучения. Пороговый ток строго зависит от температуры.

**Порт** Оптический интерфейс устройства (компонента).

**Потери при передаче** Суммарные потери оптического сигнала при его прохождении через передающую систему.

**Преломление** Отклонение луча света на границе двух разнородных сред или в среде, показатель преломления которой является непрерывной функцией положения (в среде с переменным показателем преломления).

**Приемник** Детектор и электронные схемы, предназначенные для преобразования оптических сигналов в электрические.

**Профиль показателя преломления** Кривая показателя преломления в поперечном сечении оптического волновода.

## Р

**Радиус изгиба кабеля** Изгиб кабеля в процессе установки приводит к возникновению растягивающей нагрузки. Свободный изгиб подразумевает меньший допустимый радиус, т.к. нагрузка при этом отсутствует.

**Радиус изгиба оптоволокна** Радиус, на который можно сгибать оптоволокно без риска повредить его или повысить затухание.

**Разветвленный кабель** Многоволоконный кабель с плотным защитным покрытием, облегчающий установку соединителей и предназначенный для использования в сложных условиях (как внутри зданий, так и между зданиями).

**Рассеяние** Свойство стекла, которое заставляет свет отклоняться от оптоволокна и способствует затуханию оптического сигнала.

**Рефлектограмма** Графическое представление результатов измерения в виде кривой на экране рефлектометра.

**Рефлектометр** Оптический рефлектометр – это устройство, предназначенное для определения характеристик оптического волокна. Периодически посылаемые световые импульсы рассеиваются и отражаются в обратном направлении. Измеряемая зависимость принятого сигнала от времени позволяет привязать неисправности и другие причины дополнительных потерь (объекты) в волокне к длине оптического пути, а также оценить потери на любом участке волокна.

## С

**Свет** В области лазерной и оптической связи часть электромагнитного спектра, которая может быть обработана основными оптическими устройствами, используемыми для расширения видимого спектра от ближней ультрафиолетовой области (около 0,3 микрон) через область видимого света до среднего инфракрасного диапазона (около 30 микрон).

**Световые волны** Электромагнитные волны в области оптических частот. Термин "свет" первоначально был ограничен до излучения, видимого для человеческого глаза, с длиной волны от 400 до 700 нанометров (нм). Однако, теперь этот термин используется также для областей спектра, соседних к видимому свету (для ближней инфракрасной области спектра от 700 до 2000 нм), чтобы подчеркнуть общность их физических и технических характеристик с видимым светом.

**Светоизлучающий диод (светодиод)** Полупроводниковое устройство, которое излучает некогерентный свет из p–n–перехода под воздействием электрического тока в прямом направлении.

В зависимости от структуры диода свет может исходить из границы перехода или его поверхности.

**Сердечник** Центральная часть оптического волокна, имеющая больший показатель преломления по сравнению с оболочкой и направляющая оптическое излучение.

**Скорость передачи данных** Максимальное количество битов информации, которое может быть передано за одну секунду, обычно выражается в мегабитах в секунду (Мбит/с).

**Сменный модуль** Модульный принцип построения современных измерительных систем позволяет комбинировать сменные модули и быстро настраивать измерительную установку для решения определенной задачи. В случае неполадок вышедший из строя модуль легко заменяется на аналогичный запасной модуль.

**Смешивание мод** Моды в многомодовом оптоволокне отличаются скоростью распространения. Поскольку они распространяются независимо друг от друга, полоса пропускания оптоволокна изменяется обратно пропорционально его длине, что вызвано многомодовым искажением. Вследствие неоднородности геометрии оптоволокна и распределения показателя преломления происходит постепенный обмен энергией между модами, которые имеют различную скорость. Вследствие такого смешивания мод полоса пропускания длинных многомодовых волокон больше, чем значение, полученное путем линейной экстраполяции результатов измерений коротких волокон.

**Соединение** Телекоммуникационный канал между любыми двумя телекоммуникационными устройствами без аппаратных соединителей.

**Соединитель** Механическое устройство для соединения оптоволоконного кабеля с передатчиком, приемником или другим кабелем.

**Соединительные устройства** Соединители и адаптеры, которые устанавливаются на концах оптоволоконного кабеля и используются для соединения сегментов кабелей и подключения к электронному оборудованию.

**Соединительный кабель** Отрезок оптического кабеля с одним или несколькими волокнами, оконцованными соединителями.

**Сращивание** Постоянное соединение двух оптических волноводов.

**Сращивание сплавлением** Постоянное соединение двух оптических волокон с помощью локального нагревания их концов до температуры плавления. Позволяет получать из двух частей одно непрерывное оптоволокно.

**Стойка** Место установки корзины для печатных плат.

## У

**Узел** Точка сращивания.

**Усилитель** Электрическое устройство, используемое для усиления звукового, видео или высокочастотного (ВЧ) сигнала. Аналогичную функцию выполняет повторитель цифровых сигналов.

## Ф

**Фотодиод** Устройство, преобразующее падающий на него световой поток в электрический ток (фототок) за счет поглощения световой энергии. Фотодиоды используются для обнаружения оптических сигналов в канале связи и преобразования оптического сигнала в электрический.

**Фотон** Частица электромагнитной энергии.

## Х

**Хроматическая дисперсия (ХД)** Распространение светового импульса, вызванное разностью показателей преломления при различной длине волны.

## Ц

**Централизованная кабельная проводка** Кабельная топология, используемая для централизованного пассивного подключения горизонтальной кабельной проводки к кабельной магистрали здания в коммуникационном шкафу.

## Ч

**Числовая апертура** Максимальный угол между осью и лучом, для которого выполняются условия полного внутреннего отражения при распространении оптического излучения по волокну. Зависит от разницы между показателями преломления сердечника и оболочки.

**Чувствительность приемника** Оптическая мощность, необходимая приемнику для получения сигнала с минимальным количеством ошибок. При передаче цифровых сигналов значение оптической мощности обычно выражается в Вт (ватт) или дБм (децибел на 1 милливатт).

## Ш

**Ширина полосы пропускания** Минимальная частота, при которой значение передаточной функции волновода уменьшается на 3 дБ (оптическая мощность) ниже значения нулевой частоты. Ширина полосы пропускания является функцией длины волновода, но зависимость может быть не прямо пропорциональной.

**Шкала Кельвина** Стандартная шкала, используемая для измерения температуры. Температура замерзания воды по этой шкале равна 271 градусов. Единица измерения: °K(elvin).

**Шкала Фаренгейта** Стандартная шкала, используемая для измерения температуры в США. Температура замерзания воды по этой шкале равна 32 градуса, а кипения – 212 градусов. Единица измерения: °F(ahrenheit).

**Шкала Цельсия** Температурная шкала, по которой за ноль градусов принимается температура замерзания воды, а за 100 градусов – температура кипения воды. Единица измерения: °C(elsius).

## Э

**Эксцентриситет сердечника** Смещение центра сердечника относительно оболочки.

**Эллиптичность сердечника** Отклонение сечения сердечника от круговой формы.



# Предметный указатель

## А

Автоматический анализ рефлектограммы, 57

## В

Вблизи маркера А, 37

Вблизи маркера В, 37

## Д

Диапазон измерения, 28

Динамический диапазон, 29

Длительность импульса, 25

## З

Затухание

LSA, 47

измерение, 43

между двумя точками, 46

мертвая зона, 30

оптоволокна, 47

равномерность, 40

## И

Изгибы, 20

## К

Коэффициент рассеяния, 24

## Л

Лазер, меры предосторожности, 14

## М

Макроизгибы, 20

Малогобаритный рефлектометр, 62

Маркеры, 28

положение, 39

правильное размещение, 41

Масштаб рефлектограммы, 38

- Между маркерами, 37
- Мертвая зона
  - затухания, 30
  - объектов, 31
- Меры предосторожности
  - при обращении с лазером, 14
- Механическое сращивание, 18
- Микроизгибы, 20

## Н

- Настройка прибора, 54

## О

- Оборудование для измерения оптоволокна, 13
- Обратное рассеяние, 13
  - определение, 24
- Обрывы оптоволокна
  - нахождение, 42
  - определение, 17
- Обслуживание и поддержка, 71
- Общие потери соединения, 44
- Объекты
  - анализ, 58
  - измерение расстояния, 42
  - мертвая зона, 31
  - определение, 15
  - превышающие порог, 57
  - таблица, 57
- Одиночное оптоволокно
  - рефлектограмма, 15
- Односторонние потери, 55
- Оптоволокно
  - затухание, 47
  - измерение затухания, 43
  - начало, 16
  - оборудование для измерения, 13
  - объекты, 15
  - очистка, 33
  - подключение к рефлектометру, 35
  - типы, 9
- Оптоволоконная технология, 7
- Основные задачи, 33
- Отражение, 51
- Очистка оптоволокна, 33

## П

- Параметры, 23
  - рефлектометра, 54
- Подключение оптоволокну, 35
- Показатель преломления
  - измерение, 55
  - определение, 23
  - формула, 24
- Полоса пропускания, 27
- Помехи на рефлектограмме, 54
- Потери, 45
  - на изгибах оптоволокну, 56
  - соединителя, 50
  - сращивания, 48
- Правильное размещение маркеров, 41
- Практические советы по работе с рефлектометром, 53
- Привязка к объекту, 58
- Просмотр
  - соседних участков рефлектограммы, 40
  - участков рефлектограммы, 38
- Прямое подключение оптоволокну, 35

## Р

- Расстояние
  - измерение, 23
  - между объектами, 42
  - разрешающая способность, 25
- Режим
  - оптимизации, 27
  - реального времени, 54
- Рефлектограмма
  - автоматический анализ, 57
  - масштаб, 38
  - одиночного оптоволокну, 15
  - полного соединения, 16
  - с помехами, 54
  - сохранение, 56
- Рефлектометр
  - настройка, 54
  - описание, 13
  - типы, 59

## С

Сканирование рефлектограммы, 57

Соединение

измерение, 53

общие потери, 44

рефлектограмма, 16

Соединители, 18

очистка, 53

повреждение, 53

потери, 50

типы, 11

Соединительные кабели

описание, 21, 36, 65

повреждение, 53

с одним соединителем, 36

Сплавление оптоволокна, 19

Сращивание

механическое, 18

потери, 48

сплавлением, 19

усилители, 19

## Т

Типичные значения параметров оптоволокна, 67

Точки отсчета, 28

Тракт приемника, 27

Трещины оптоволокна, 21

## У

Усилители, 19

## Э

Экран рефлектометра, 37



Для заметок



Для заметок

Для заметок

Для заметок