

Измерения параметров в процессе строительства ВОЛС. Приемо-сдаточные испытания.

Для объективной оценки качества строительных работ и успешной последующей эксплуатации ВОЛС строительные и обслуживающие организации должны располагать современным измерительным оборудованием, позволяющим проводить измерения с достоверными результатами.

У оптических волокон и ВОК существует множество параметров, которые можно разделить по группам.

Оптические характеристики:

- затухание, коэффициент затухания, потери в стыках;
- дисперсия, полоса пропускания, длина волны нулевой дисперсии;
- числовая апертура, диаграмма направленности;
- профиль показателя преломления;
- диаметр модового поля (для одномодовых ВС);
- критическая длина волны (для одномодовых ВС).

Геометрические характеристики

- длина ВС или ОК, расстояние до места повреждения или неоднородности;
- диаметры сердцевины, оболочки, защитного покрытия ВС, размеры элементов конструкции ОК;
- эксцентриситеты сердцевины по отношению к оболочке и защитному покрытию, а также некруглости сердцевины, оболочки и защитного покрытия.

Механические характеристики.

- допустимые растягивающие и раздавливающие усилия для ВС и ОК;
- допустимое число закручиваний и допустимый радиус изгиба ВС и ОК;
- устойчивость к ударам и вибрациям;
- допустимое асимметричное сжатие (для подводных ОК).

Измерения в процессе строительства.

- Входной контроль.
- Оценка качества строительных работ с целью доведения параметров до установленных нормативов.
- Приемно-сдаточные испытания.

Входной контроль.

Производится перед проведением строительных и ремонтных работ, связанных с заменой кабеля и прочих компонентов ВОЛС. В ходе этих измерений контролируется качество строительных длин кабеля и других компонентов, измерения проводятся, как правило, на заводе изготовителе кабельной продукции и результаты сравниваются с паспортными данными на строительную длину. При входном контроле проверяют затухание строительной длины, по нему рассчитывают суммарный коэффициент затухания ВОЛС, с учетом средних потерь в сварках различных строительных длин между собой и для паспортизации регистрируют рефлектограммы всех ОВ строительной длины. Методика проведения измерений - обычная используемая в самых разнообразных вариантах.

Оценка качества строительных работ.

После прокладки строительных длин ВОК осуществляется их контроль и производится сравнение с данными входного контроля. В случае существенного увеличения затухания (более 20% относительно исходных значений) в развернутой строительной длине определяется место повреждения ОК с помощью рефлектометра и рассматриваются варианты устранения повреждения.

Сварка оптических волокон



Процесс юстировки



Сварка ОВ



Оценка качества
(потери 0,04 дБ)

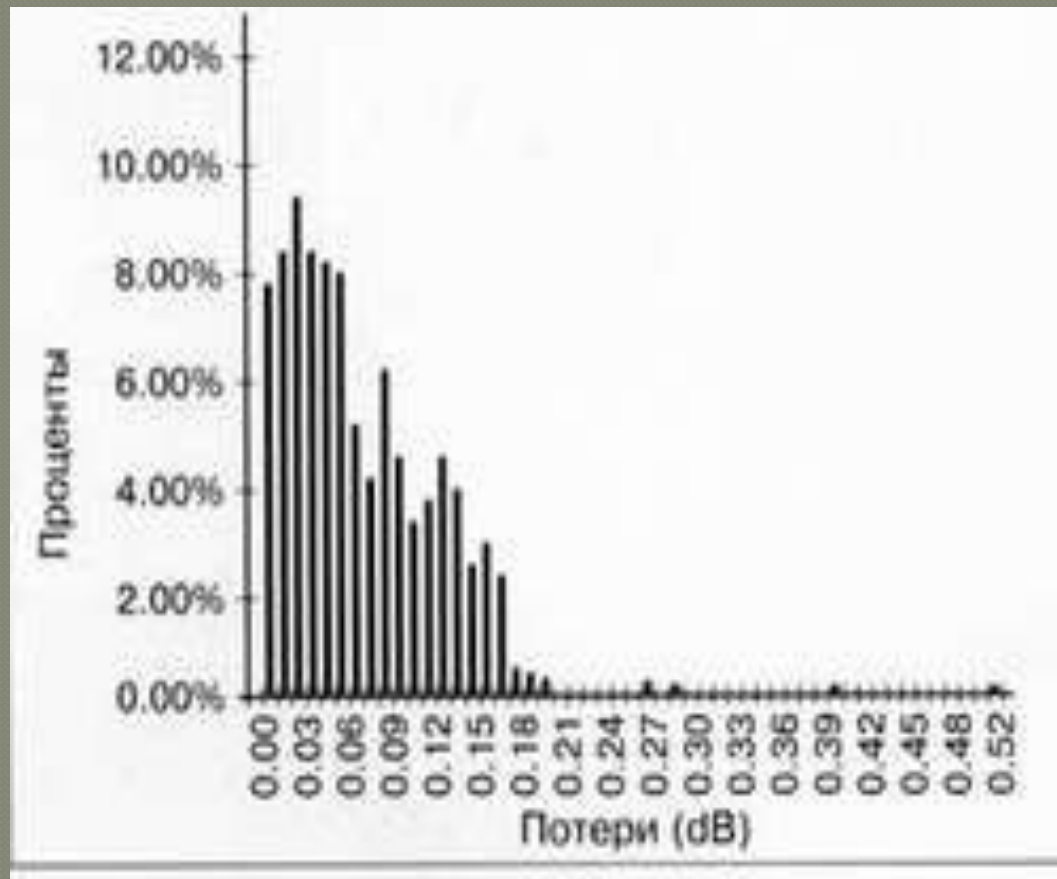
Механическое соединение ОВ

Для соединения волокон в соединителях Fibrlok II достаточно одного движения крышки. После того, как в соединитель вставлены подготовленные волокна, крышка соединителя защелкивается с помощью специального монтажного приспособления. Движение крышки сжимает лепестки центрирующего элемента, точно и надежно фиксирует волокна в соединителе.

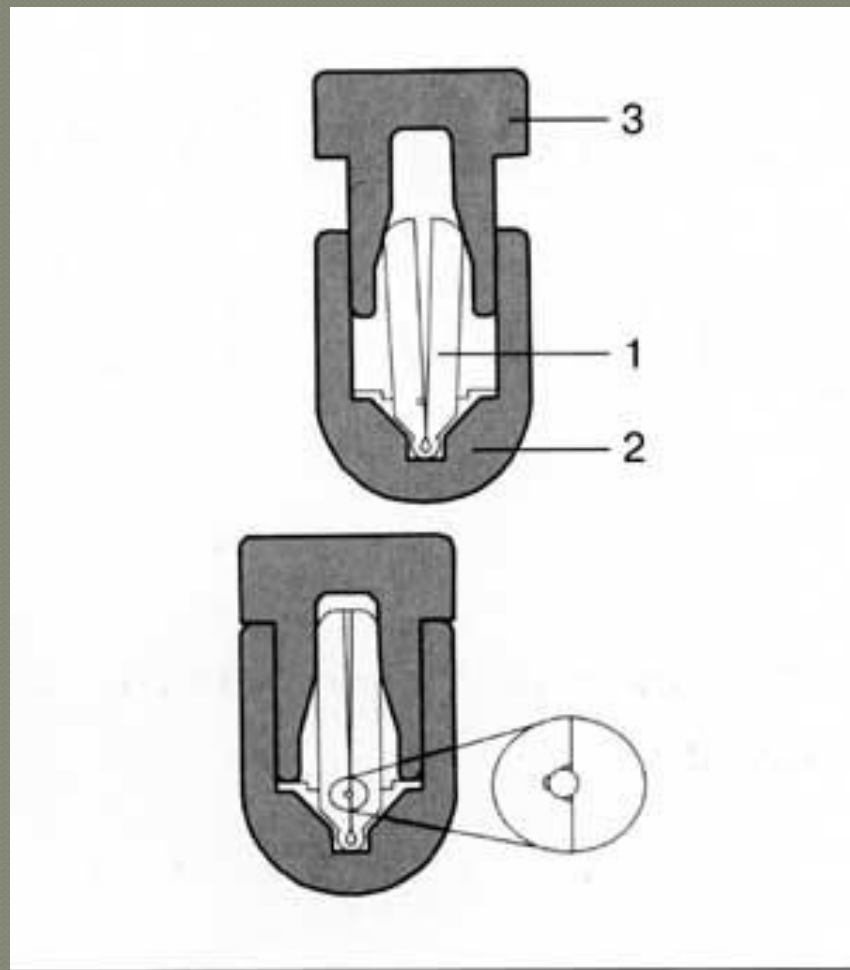
После того, как в соединитель вставлены подготовленные волокна, крышка вдавливается с помощью специального монтажного приспособления. Движение крышки сжимает лепестки центрирующего элемента, точно центруя волокна, и надежно фиксирует волокна в соединителе.

Fibrlok II

Гистограмма
распределения
потерь



Поперечный разрез открытого и спрессованного соединителя Fibrlok II



Технические характеристики

Диаметр волокна 125 мкм

Диаметр покрытия 250,900 мкм

Срок хранения 30 лет

Время монтажа не более 30 секунд после подготовки волокон

Средние потери на стыке не более 0,1 дБ

Потери на отражение не более -35 дБ, от -40°С до +80°С не более -60 дБ при комнатной температуре

Нагрузка соединения на разрыв не менее 0.45 кг, в среднем 1,35 кг

Диапазон рабочих температур от -40°С до +80°С

Параметры устойчивости к внешним воздействиям

Циклическое изменение температур изменение значения потерь на стыке не более 0,5 дБ, от -40°С до +80°С

Воздействие плесени группа 0 по стандарту ASTM G-21 -70

Вибрация испытано по стандарту EIA FOPT-11, условие 1

Погружение в воду семь дней при 43°С, изменение значения потерь на стыке не более 0,5 дБ

Механический соединитель оптических волокон CORELINK – КОРЛИНК



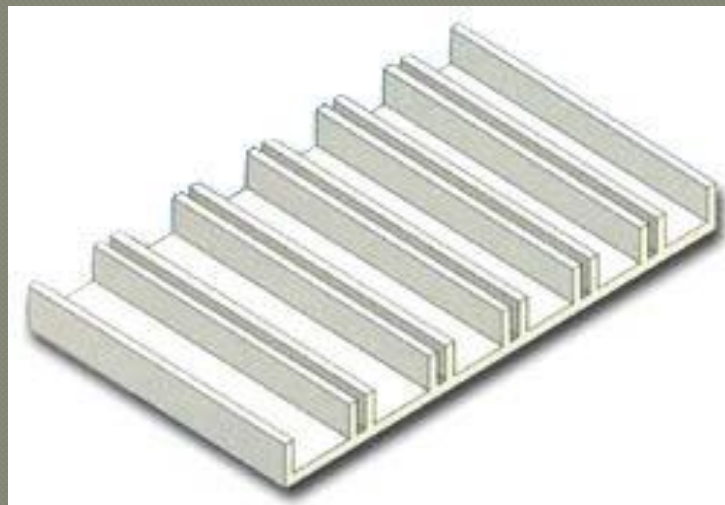
Достоинства:

- простая и экономичная технология монтажа;
- малые габариты;
- быстрое и надежное соединение одномодовых и многомодовых волокон;
- малые потери.

Назначение:

- для оперативного ремонта волоконно-оптических линий, путем сращивания одномодовых или многомодовых волокон диаметром 125мкм. ;
- как в стационарных, так и в полевых условиях;
- для тестирования оптического волокна.

CORELINK может быть использован для соединения волокон с диаметром буферного покрытия 250мкм и 900мкм в любых сочетаниях. Прозрачный корпус позволяет визуально контролировать процесс монтажа. Кроме того есть возможность более точной ориентации волокон для уменьшения потерь.



Устанавливается в кассету с клейким основанием с возможностью размещения 6-ти соединителей, количество кассет определяется конструкцией муфты.

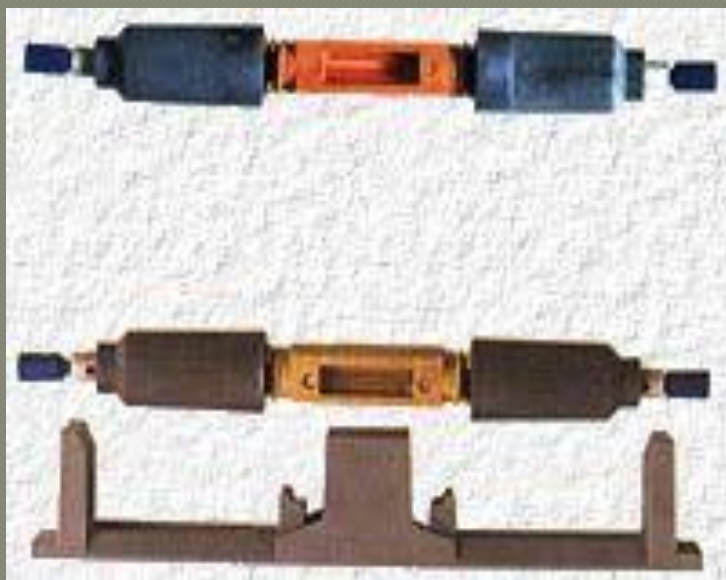
(Габаритные размеры 31.8x61 мм)

Технические характеристики

Вносимое затухание	< 0,1 дБ
Обратное отражение	-55 дБ
Рабочая температура	-40 до +80 С
Габаритные размеры	51 x 7,6 x 3,3 мм
Количество повторных циклов соединения	не менее 10
Среднее время монтажа	30 секунд

CORELINK прошел испытания в лаборатории фирмы Bellcore (по спецификации TR-765).

Механический соединитель оптических волокон ASA ULTRAsplice



Технические характеристики:

- максимальные вносимые потери: 0.2 дБ
- средние вносимые потери: 0.07 дБ
- обратные потери: -50 дБ
- время установки: 30...45 сек
- габаритные размеры: 5.7x40 мм
- масса: 1.25 г
- температура эксплуатации: -40...+80°C

Механические сплайсы (производства компании ASA, США) предназначены для быстрой стыковки многомодового или одномодового волокна диаметром 125 мкм в покрытии диаметром до 0.9 мм. Механические сплайсы позволяют производить не менее 5 перестыковок. Применение сплайсов может быть альтернативой сварке волокон.

Приемо-сдаточные испытания

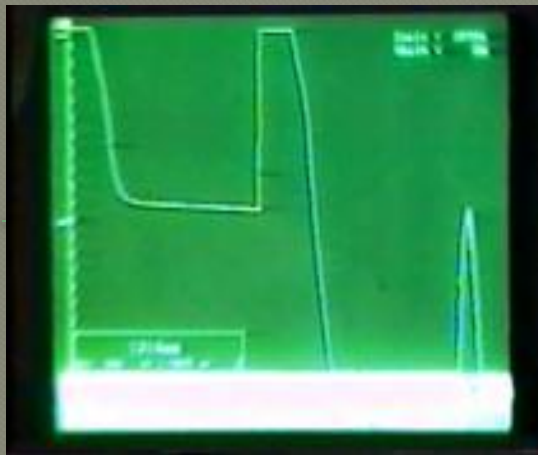
На следующем этапе производится контроль параметров последующих строительных длин, после прокладки, и оценка качества работ по монтажу оптических муфт.

Контролируются результаты работ по:

- качеству герметизации муфты;
- потерям в месте сварки (соединения) ОВ строительных длин;
- сравнению с требованиями нормативных документов.

Потери в местах соединения ОВ контролируются оптическим рефлектометром. Технология контроля подразумевает предварительное измерение параметров нормализующей длины ОВ (катушка с оптическим волокном того же типа, что и контролируемое, протяженностью около 1 км), затем включение волокон проложенной ВОЛС с последующим измерением. Это позволяет оценить потери как в разъёмных соединениях на станции, так и в неразъёмных в смонтированных муфтах.

Собственно с оптоволокном производят два вида измерений.



Нормализующей
длины

Первый это оценка общего затухания сигнала от одного оконечного устройства до другого.



Включенной
линии

Применяется только для контроля целостности или для приёмо-сдаточных измерений по уровню сигнала. Производятся с использованием оптических тестеров. Выдают значение в децибелах.

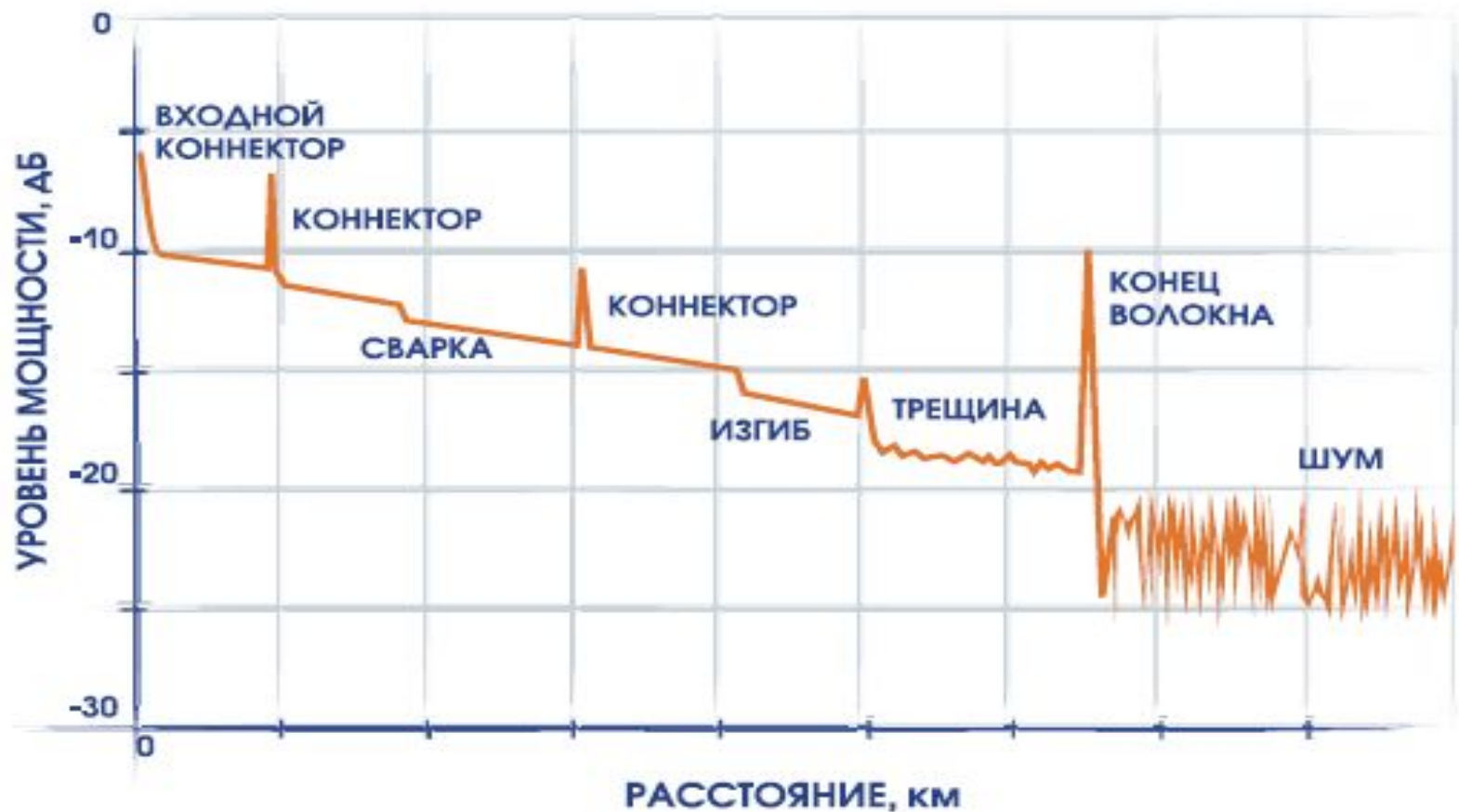
Рефлектограммы линии, измеряемые при окончании строительства.

Второй - измерения оптическим рефлектометром. Рефлектограмма на оптоволокне красива и понятна. Прибор сам отмечает то, что принимает за начало линии, конец и другие неоднородности

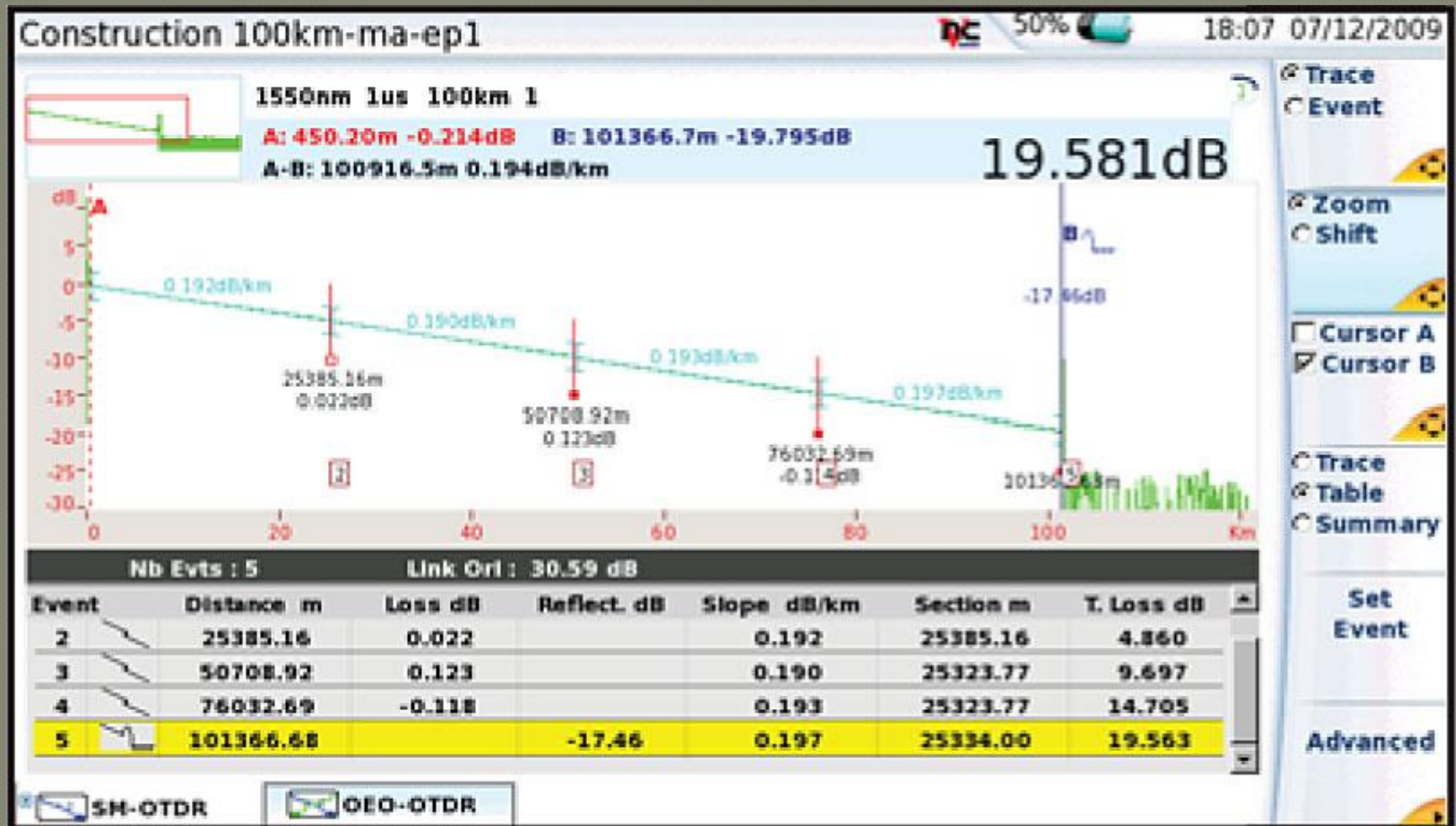
Рефлектометр



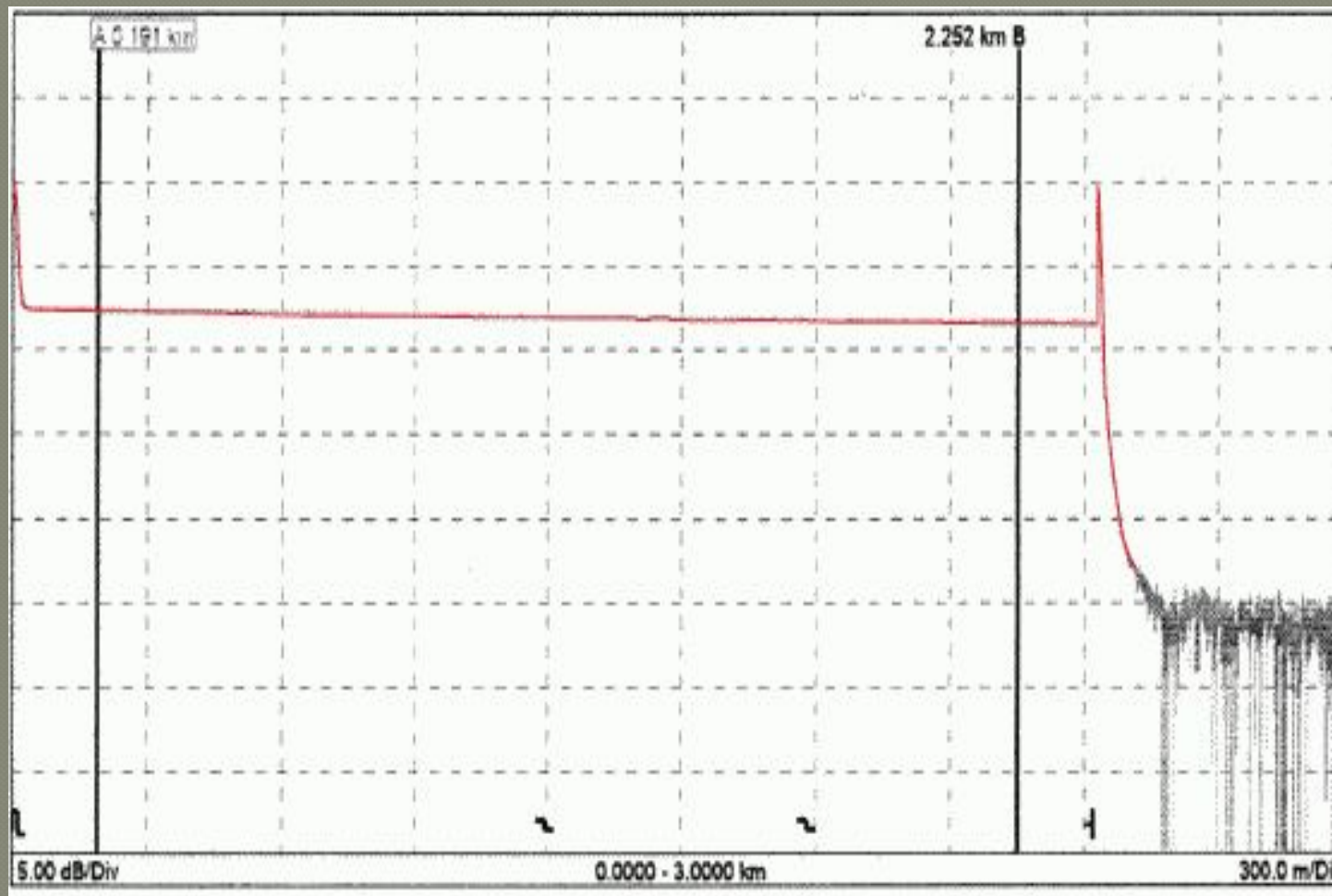
Что показывает рефлектограмма



Пример измерения



Типичная рефлектограмма линии на одной строительной длине.
Между курсорами собственно рефлектограмма строительной длины, по
краям – нормализующие длины



Рефлектометр, как правило, не ошибается или ошибается незначительно. Иногда пропускает хорошо сваренные стыки в муфтах при затухании на них менее 0,05 дБ.

В этом случае предусмотрена возможность добавления события в ручную.

Наиболее значимыми параметрами являются:

- длина волны, соответствует выбранному окну прозрачности, для одномодового 1550 и 1310 нм;
- коэффициент преломления - влияет на точность измерения расстояния, при монтаже и приёмо-сдаточных измерениях берётся из паспортов барабанов, а при плановых из паспорта трассы.

Как правило вся документация по оптоволокну ведётся аккуратно и «липа» встречается редко.

Оптические рефлектометры могут быть выполнены, как цельным прибором, имеющим всё «на борту», так и работающими в паре с компьютером. Те, у которых «всё в одном», более удобны для работы и компактнее, но стоят дороже. Зато, на работающих в паре с ПК можно веселее провести время (всё таки полноценный компьютер с собой).

На теперешнее время выработаны некоторые требования к затуханиям на стыках (неразъемных соединениях).

Вот, например, выдержка из РД РБ 02140.17-2003

Допустимые потери в неразъемных (сварных) соединениях ОВ.

Длина волны λ , мкм	Потери $a_{нс}$, дБ, не более, в %-тах неразъемных соединений	
	100	50
	Для магистральных и внутризоновых сетей	
1,3	0,2	0,1
1,55	0,1*	0,05
	Для местных сетей	
1,3	0,3	
1,55	0,2	

*В исключительных случаях допускается максимальное значение потерь на стыке не более 0,15 дБ, если меньшее значение не достигнуто после 3-х повторений сварки. При этом в монтируемой муфте на кассете должен оставаться запас оптического волокна не менее 3-х витков.

Значение потерь для каждого неразъемного соединения определяется как среднее арифметическое результатов измерения оптическим рефлектометром с двух сторон ЭКУ.

Сноска в таблице этого документа весьма показательна, не всегда, даже хорошими приборами и инструментами можно сварить оптоволокно с затуханием на стыке менее 0,15 дБ.

Можно ломать и переваривать стык хоть 10 раз такое, даже большее затухание остаётся именно на этой паре волокон. Связывают это с разностью в количестве примесей в сердечнике оптоволокна и с некоторыми особенностями изготовления оптоволоконного кабеля. Так, если соединять кабель с одного и того же барабана стыки могут оказаться практически неразличимы на рефлектограмме (0,03-0,05 дБ), а при соединении кабеля от разных заводов такие «гладкие» соединения уже не получаются.

Вообще говоря, о нормах на затухание стыков следует напомнить, что они на протяжении 10 лет менялись, как бы следуя за возможностями сварочных аппаратов.

При сварке прибором типа КСС, где весь процесс сварки проводился вручную, часто оставались стыки 0,2-0,25 дБ. Просто не удавалось добиться лучшего.

С появлением российской «Совы» - сварочника-полуавтомата стыки стали делаться в 0,10-0,15 дБ и до этих значений подтянули нормы. Сейчас все профессионалы приобрели аппараты от Fujikura, Ericsson и тому подобные с автоматической сваркой и требования к стыкам оптоволокна возросли и уже ни кто не удивляется стыкам неразличимым на рефлектограмме, то есть 0,03-0,05 дБ.



Рефлектограмма на первом стыке.

Первой проблемой для контроля стыка является так называемая мёртвая зона рефлектометра. Связана она с особенностью работы прибора и зависит от ширины зондирующего импульса. На рефлектограмме выглядит всплеском, следующим за зондирующим импульсом. Как правило растягивается на десятки метров (на рисунке 48,3 м, обведено красным) и делает невозможным контроль первого стыка.

Специально для решения этой проблемы используются нормализующие катушки, состоящие из некоторой длины (500 м или 1 км) оптоволокна и позволяющие контролировать первую сварку (первый стык).

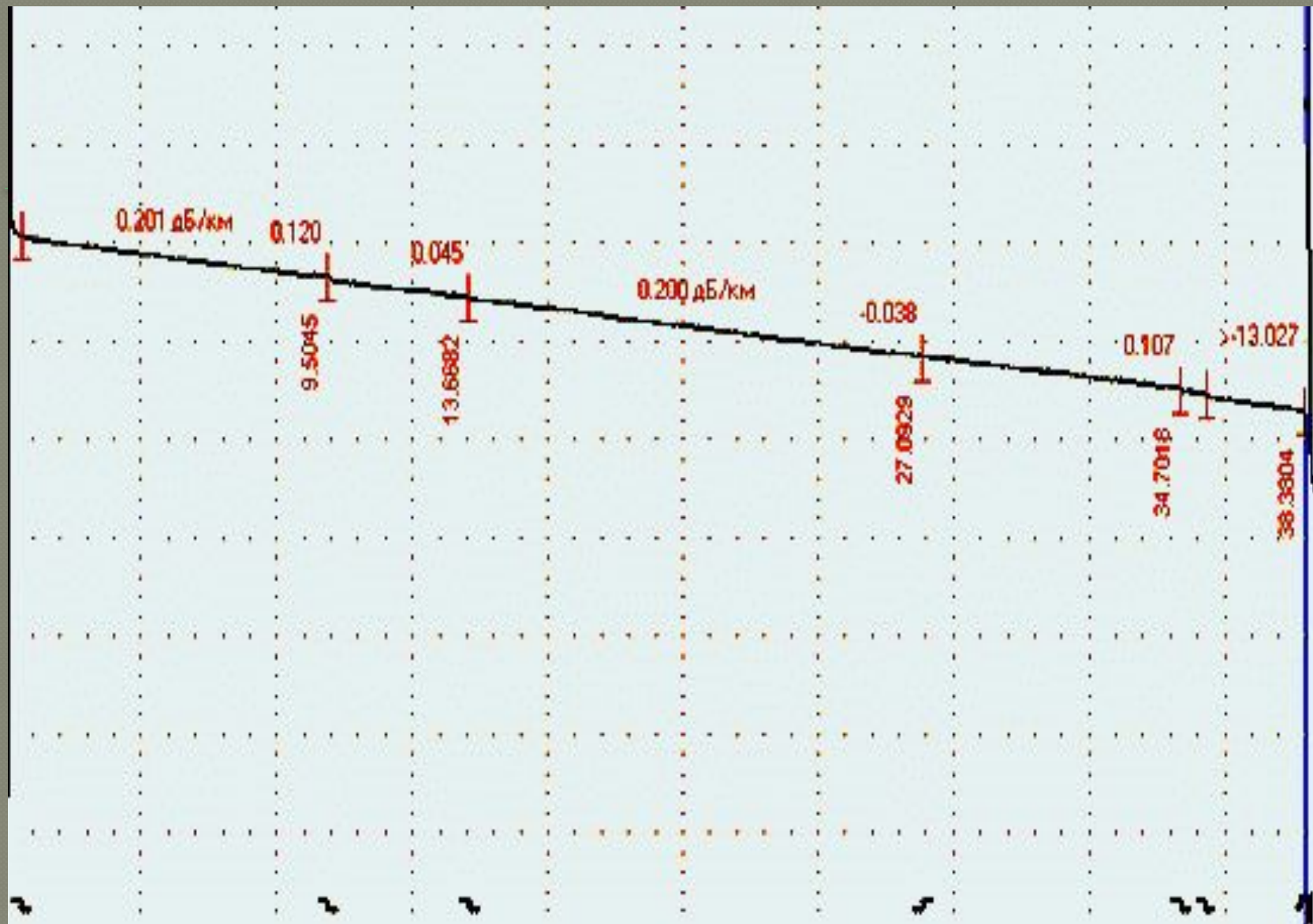


Рефлектограмма на втором стыке.

В данном случае контроль относительный, так как невозможно различить, сколько вносят затухания коннектор, сколько сварной стык. На приведённом выше рисунке измеряется суммарное затухание на соединении, то есть, производится оценка потерь между участками катушка-кабель. В данном случае затухание не соответствует требуемой норме:

- должно быть 0,5 дБ на коннекторе плюс 0,15 на сварке, то есть 0.65 дБ, а на картинке (обведено красным) 0,897 дБ.

Данный стык всё же был оставлен так как это лучшее значение после 3-4 сварок и неясно что вносит такое затухание коннектор или сварка.



Рефлектограмма линии, протяженностью 38 км. с хорошим качеством сварных соединений.

Технология требует контроля с обеих сторон трассы, но при монтаже длинных участков это не всегда выполнимо (требуется «закольцовка» всех волокон на следующей муфте) поэтому трасса контролируется только с одной стороны. А проверка с другой стороны выполняется уже после окончательного соединения всей линии.



Пример рефлектограммы
плохого стыка

При этом, естественно, могут быть накладки, вот, например, пример плохого стыка, который обнаружился при измерении с обратной стороны. Иногда приходится возвращаться на готовую муфту, чтобы переделать такую сварку.



«Отрицательное» затухание на стыке

Как некоторую особенность измерений оптическим рефлектометром можно выделить возможность получения отрицательного затухания на стыке.

Не стоит забывать, что измерения рефлектометром носят относительный характер (абсолютны показания оптического тестера).

Волокно, находящееся за стыком отражает свет более интенсивно, чем волокно перед соединением, а рефлектометр фиксирует это подъёмом на рефлектограмме.

Подобные стыки часто возникают при соединении оптических волокон от разных производителей кабеля.

Часто при монтаже вставка другого кабеля выглядит на экране OTDR как приподнятая платформа (хорошо видно на рисунке).

При измерениях с обратной стороны трассы, эти подъёмы выглядят как «ямы».

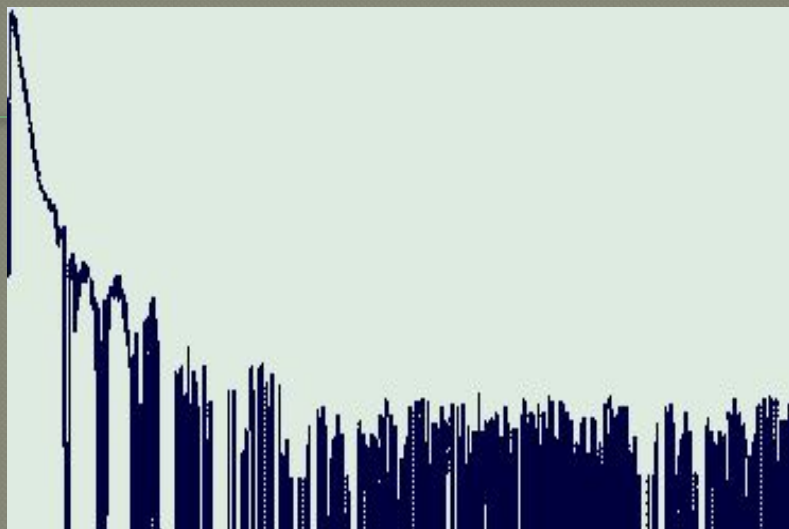
Ну и напоследок описание некоторых «глюков», которые могут возникнуть при измерениях OTDR.

На картинке так называемый фантом. Появляется редко, как правило, вызывает некоторую растерянность у новичков. Создаётся впечатление, что оптическое волокно имеет крупную неоднородность в месте, где её быть не должно. Отличается от неоднородности на волокне своеобразной закруглённой «шляпой».



Фантом.

Появление фантома связывают с ошибкой импульсного метода измерения. В измеряемой линии появляется своеобразное эхо, которое и вызывает ошибку. Фантом пропадает при изменении диапазона измерений, который рекомендуется устанавливать в два раза превышающим предполагаемую длину линии.



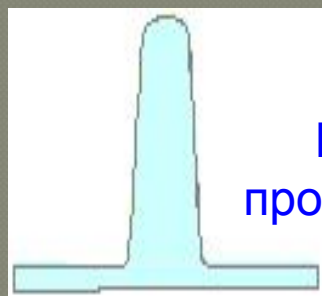
«Грязное» место разъемного соединения.

Очень важна аккуратность при проведении измерений. Примерно такая картинка видна на экране прибора при засорённом или сломанном коннекторе.

Не забывайте протирать коннектор спиртом перед подключением к оптическому рефлектометру.

Крошечная пылинка способна перекрыть весь световой поток, идущий по волокну. Подобная неприятность может случиться и с коннектором, и с гнездом в приборе.

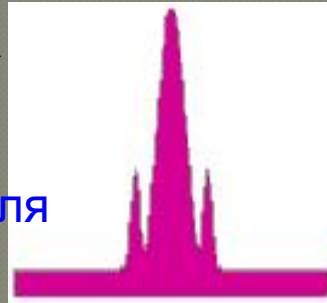
Особенности выполнения строительно-монтажных и измерительных работ с волокном типа NZDS (волокна с ненулевой смещенной дисперсией).



Волокно типа DS



Модификация
профиля показателя
преломления



Волокно типа NZDS

Изменение профиля показателя преломления для снижения уровня нелинейных эффектов

Разработка волокна со смещенной ненулевой дисперсией (NZDS), позволило решить задачу подавления нелинейных эффектов, прежде всего, перекрестным помехам из-за четырехволнового смешения.

Скорость передачи, Гбит/сек	Предельные расстояния передачи сигналов, км	
	NZDS (G.655)	Стандартное (G.652)
STM 16 (2,5)	300 – 500	180 – 250
STM 64 (10)	150 – 220	40 - 70
STM 256 (40)	20 – 30	< 8

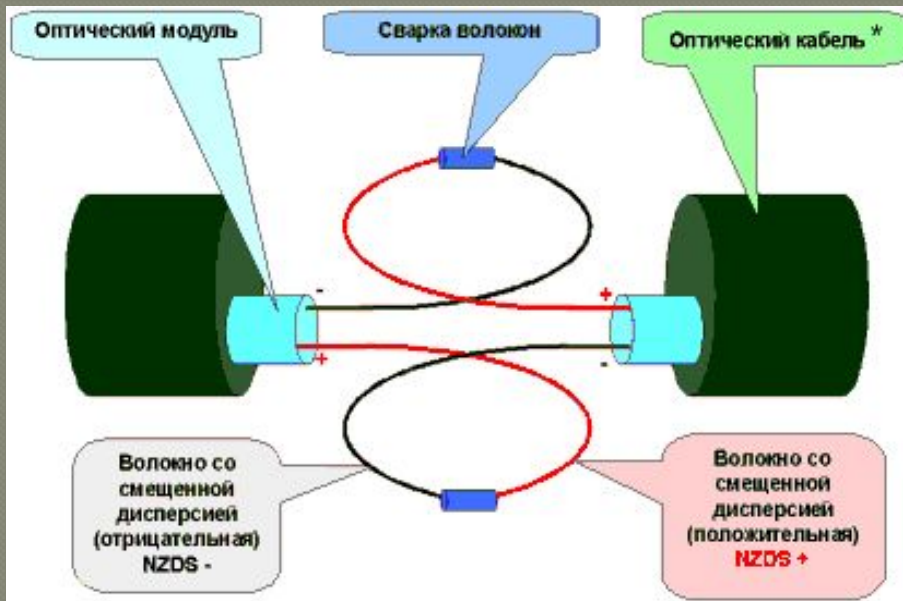
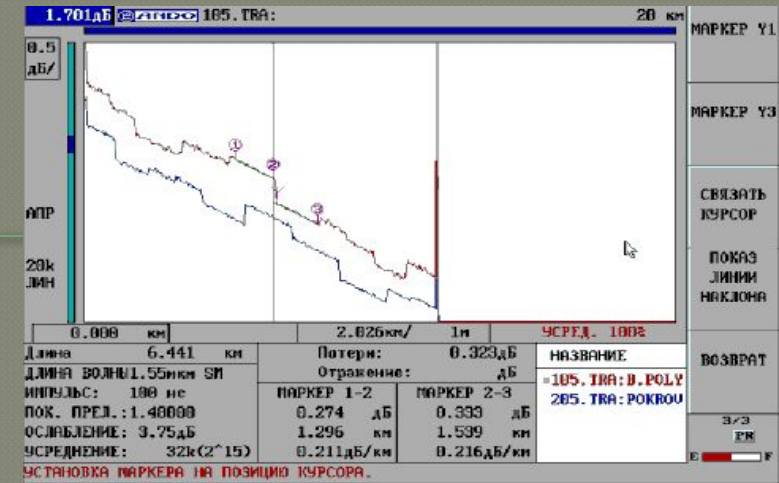
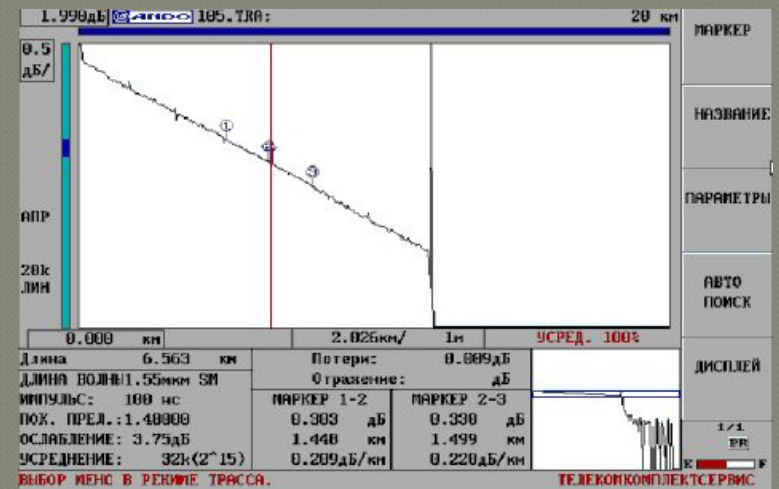


Схема монтажа сбалансированного по дисперсии оптического кабеля



Рефлектограммы участка линии, снятые с двух сторон.



Рефлектограммы участка линии, усредненная с двух сторон.



Примерный вид
кроссового помещения
для ВОЛС

Безусловно, строительные-монтажные работы должны где-то начинаться и где-то заканчиваться. В этом смысле естественным окончанием результатов строительства ВОЛС является всем привычная стойка под названием – **кросс**.

На этом можно было бы закончить рассматривать вопросы строительства ВОЛС, но мешает одно обстоятельство – вариантов реализации проектов бесконечное множество и их все невозможно описать и даже представить. Это предполагает исследование многообразия вариантов реализации проектов строительства ВОЛС, их оценки по тем или иным критериям и построению системы рекомендаций по применению способов строительства ВОЛС в конкретном регионе.

Контрольные вопросы

- 1. Что такое мертвая зона по событию.
- 2. Что такое мертвая зона по затуханию.
- 3. Почему при измерении рефлектометром соединений волокон типа **NZDSF** на экране рефлектометра появляются «ступеньки»