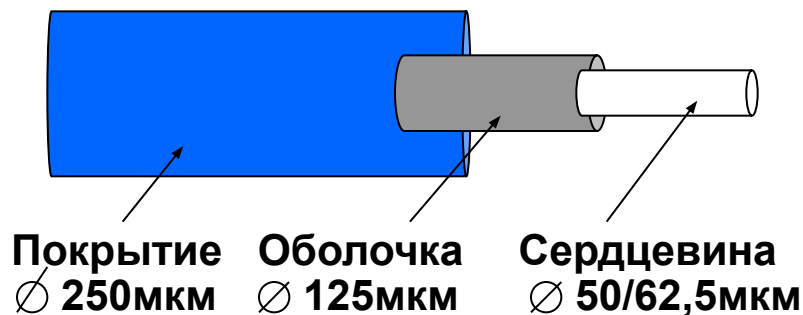
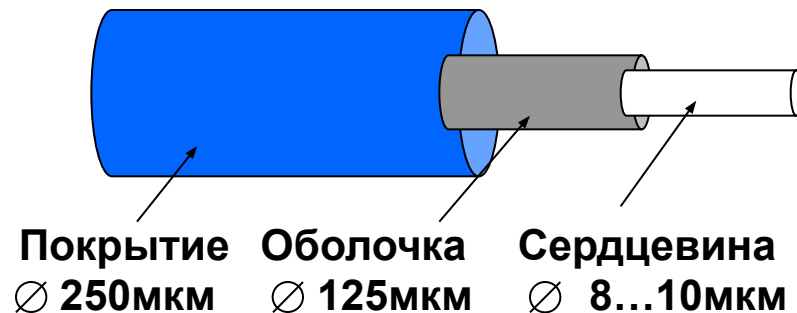


Структура оптического волокна

Многомодовое



Одномодовое



Для всех типов волокон, применяемых в линиях связи, диаметр кварцевой оболочки имеет стандартный размер 125мкм. Диаметр сердцевины у одномодовых волокон может меняться в зависимости от типа волокна. Диаметр первичного покрытия (акриловый лак) имеет стандартный размер 250мкм.

Свет распространяется в сердцевине волокна, испытывая полное внутреннее отражение на границе с оболочкой.

Акриловый лак служит защитой сердцевины и оболочки от механических повреждений и воздействия воды.

Основные принципы действия волоконных световодов

Видимый свет находится в пределах диапазона волн 390-760 нанометров.

$$1\text{нм}=10^{(-9)}\text{м}$$

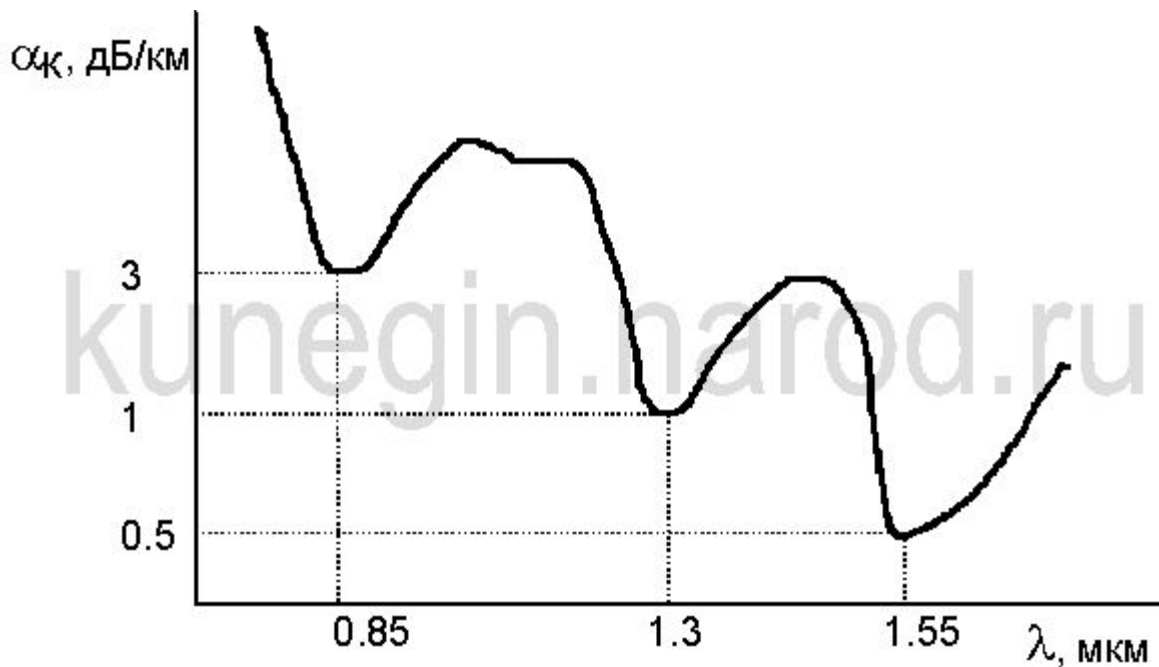
В оптической связи, с помощью волоконных световодов, используется диапазон приграничный с инфракрасным диапазоном волн от 800 до 1700нм.

На данном этапе в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) в указанном диапазоне применяется семь окон прозрачности.



Коэффициент затухание оптического волокна

Коэффициент затухания ОВ зависит от рабочей длины волны. Данная зависимость имеет три минимума, называемые окнами прозрачности. В этих диапазонах кварц имеет повышенную прозрачность. Затухание обычно измеряется в дБ/км и определяется потерями на поглощение и на рассеяние излучения в оптическом волокне.



Спектральная характеристика коэффициента затухания ОВ

Спектральные диапазоны оптических волокон

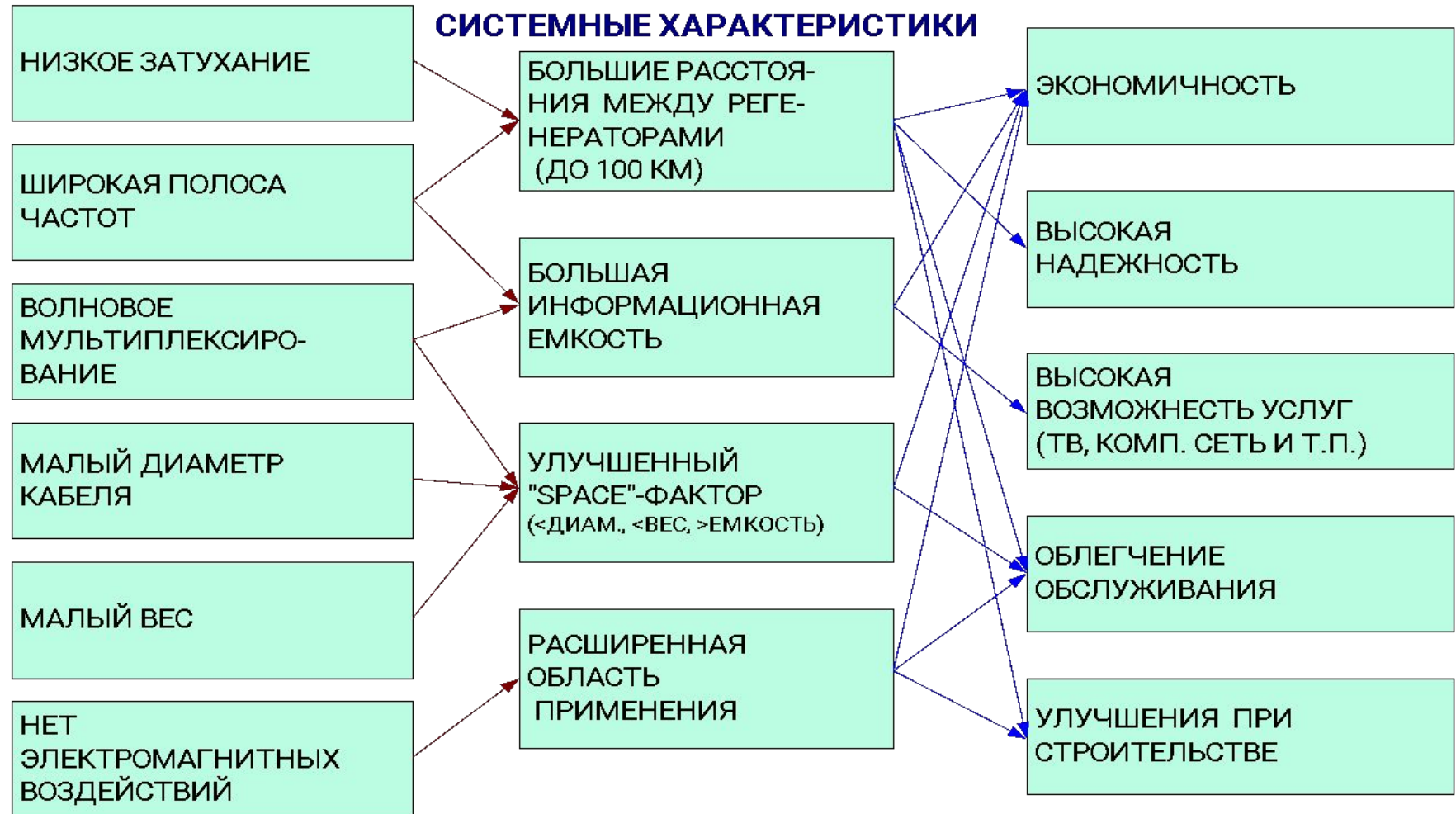
1. Для многомодовых ОВ	около 850нм	
2. О-диапазон	1260-1360нм	Основной(Original)
3. Е-диапазон	1360-1460нм	Расширенный (Extended)
4. S-диапазон	1460-1530нм	Коротковолновый (Short wavelength)
5. С-диапазон	1530-1565нм	Стандартный (Conventional)
6. L-диапазон	1565-1625нм	Длинноволновый (Long wavelength)
7. U-диапазон	1625-1675нм	Сверхдлинный (Ultra-long wavelength)

Достоинства волоконно-оптического кабеля

- 1. Малый вес и объем**
- 2. Высокая защищенность от несанкционированного доступа**
- 3. Низкий уровень шумов**
- 4. Отсутствие переходных влияний**
- 5. Высокая надежность**
- 6. Большая ширина полосы пропускания передачи данных**
- 7. Неподверженность ОВ влияниям электромагнитных полей**
- 8. Экономичность ВОК**
- 9. Взрыво-и-пожаробезопасность**

Характеристики ОК

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЯ



ДИСПЕРСИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА



ДИСПЕРСИЯ - *рассеивание во времени оптического сигнала*

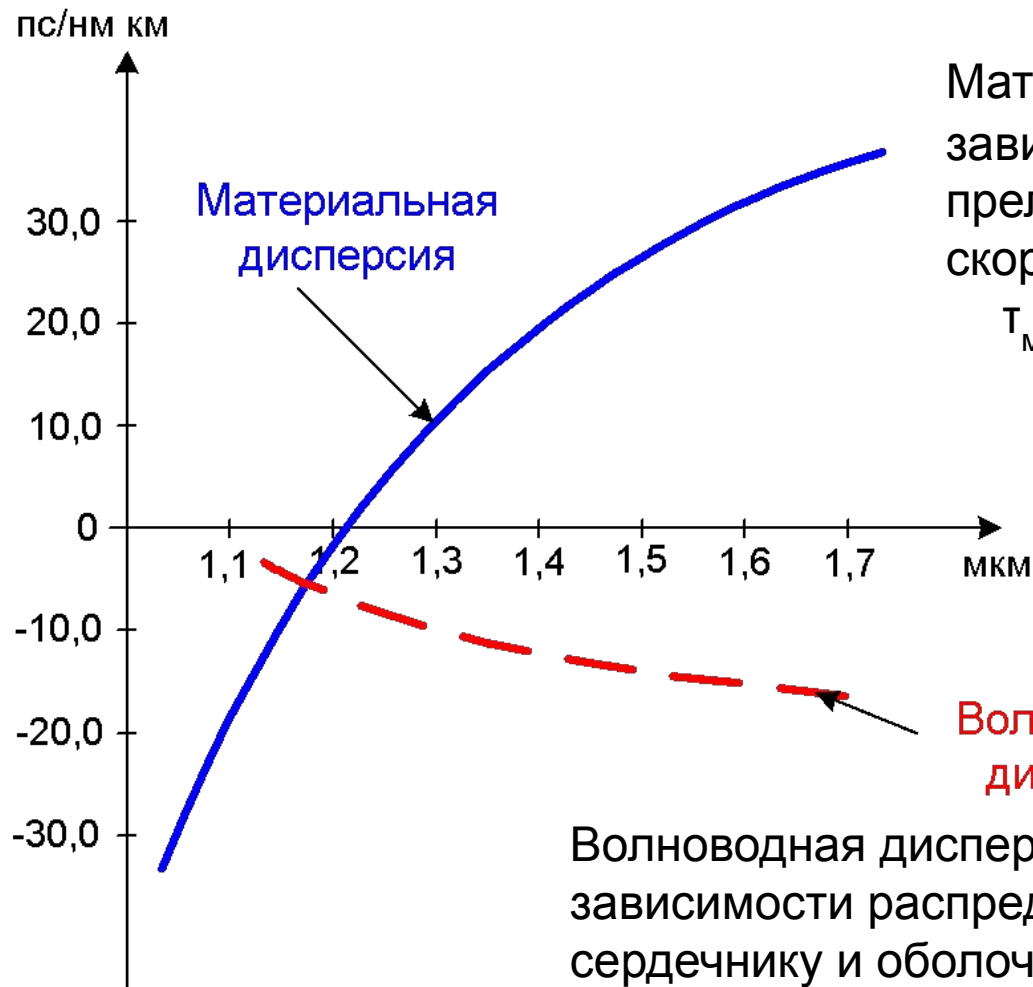
Межмодовая дисперсия
- большое число мод (многомодовое волокно)

Хроматическая дисперсия
- некогерентность источников излучения (одномодовое волокно)

Материальная дисперсия

Волноводная дисперсия

Хроматическая дисперсия

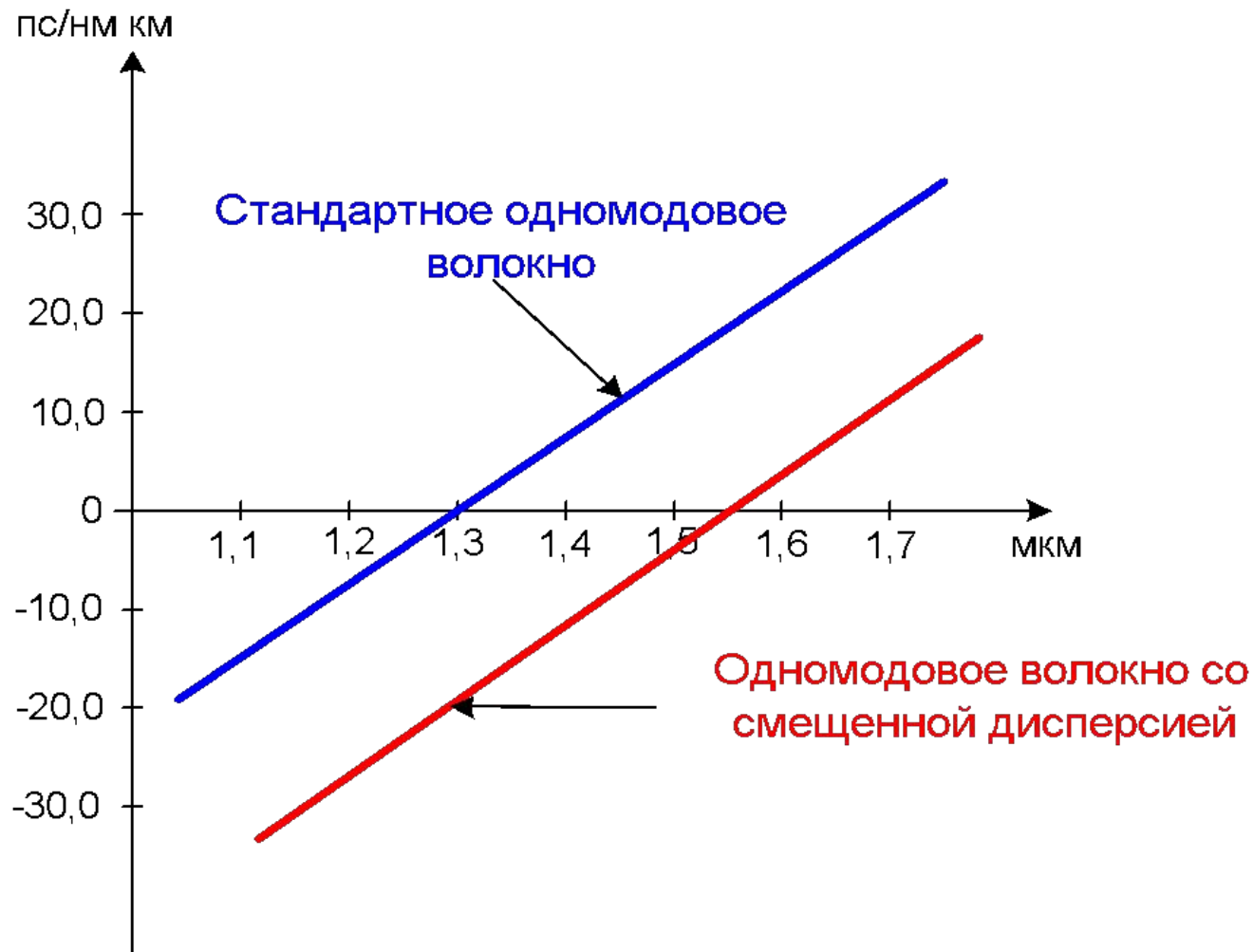


Материальная, вызываемая зависимостью показателя преломления и, следовательно, скорости света от длины волны

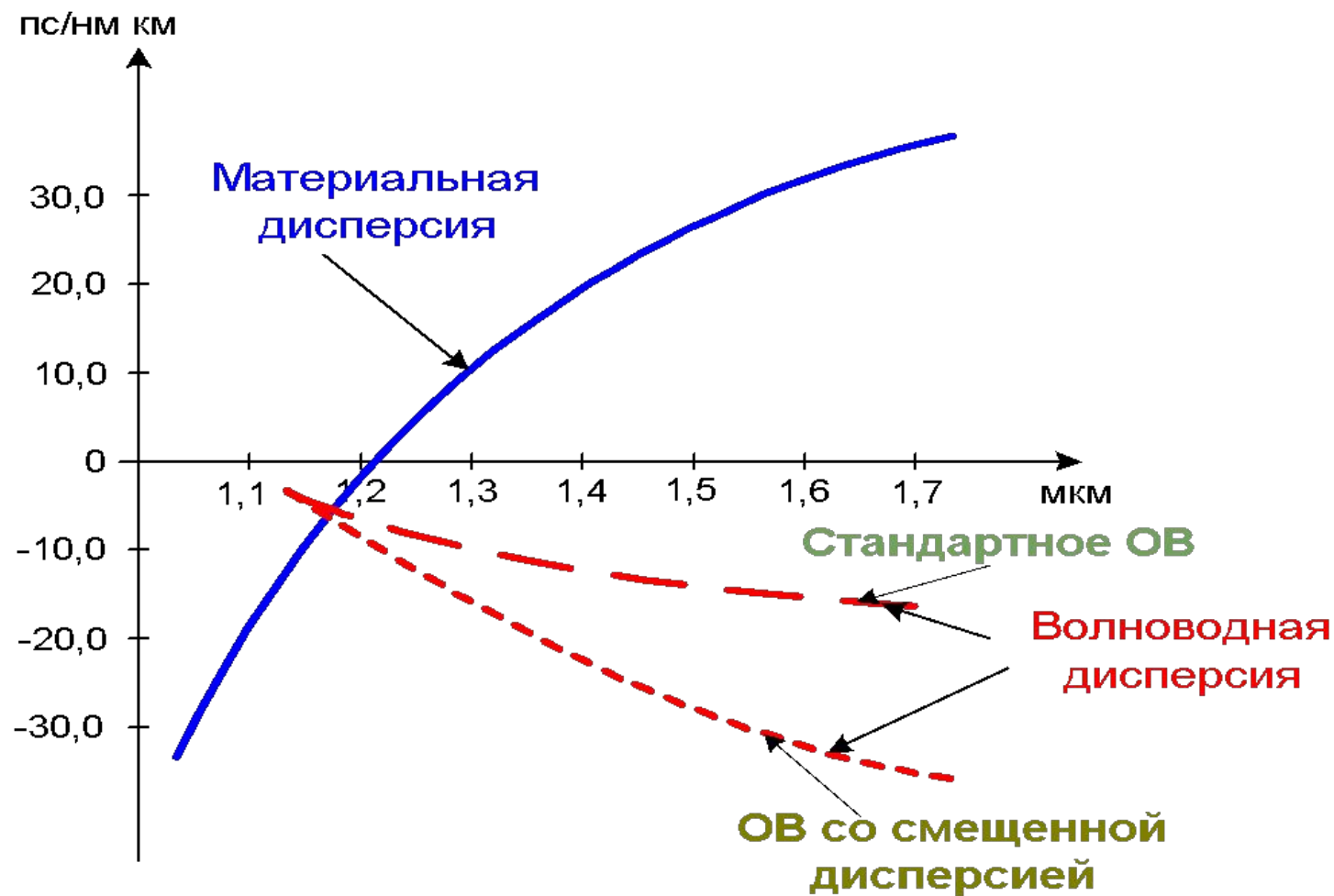
$$T_{\text{мат.}} = n(\lambda) \quad \text{или} \quad T_{\text{мат.}} = c(\lambda)$$

Волноводная дисперсия, возникающая в результате зависимости распределения света основной моды сердечнику и оболочке и, следовательно, разности показателей преломления от длины волны

Хроматическая дисперсия



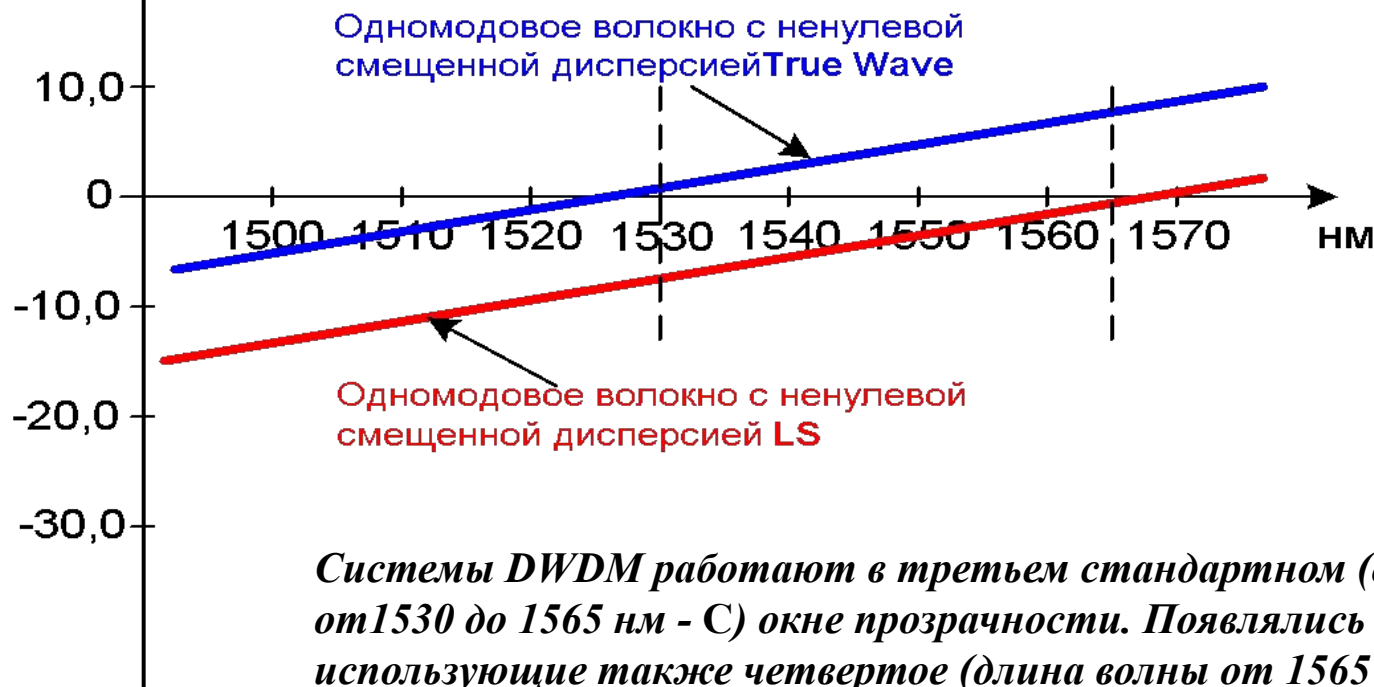
Волокно со смещённой дисперсией



Волокно с ненулевой смещённой дисперсией

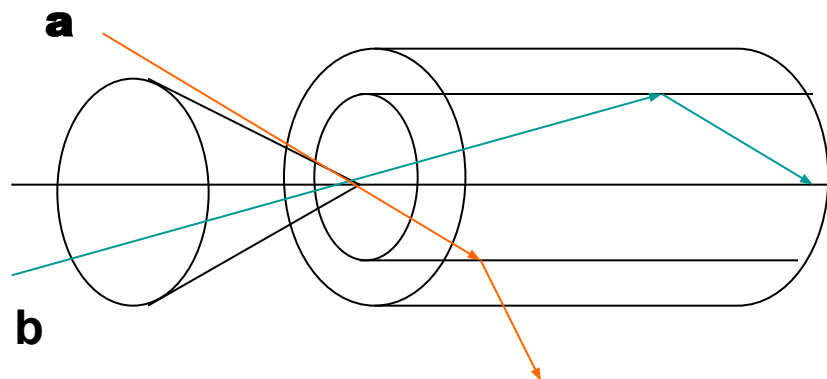
пс/нм км

Волокно **DS** не подходит для использования в **DWDM** системах из-за так называемого эффекта смещения четырех волн и других нелинейных явлений.



Системы **DWDM** работают в третьем стандартном (длина волны от 1530 до 1565 нм - C) окне прозрачности. Появлялись системы, использующие также четвертое (длина волны от 1565 – 1620 нм - L) и пятое (длина волны от 1480 – 1565 нм - S) окна.

Апертурный угол



Для эффективной передачи энергии по световоду, ввод луча в его торец, необходимо осуществлять в пределах апертурного угла.

Апертурный угол-это угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, попадающего в торец световода.

При вводе луча(а) в пределах апертуры имеется только отраженный луч, преломленного луча нет, вся энергия концентрируется в сердцевине и эффективно передается по световоду.

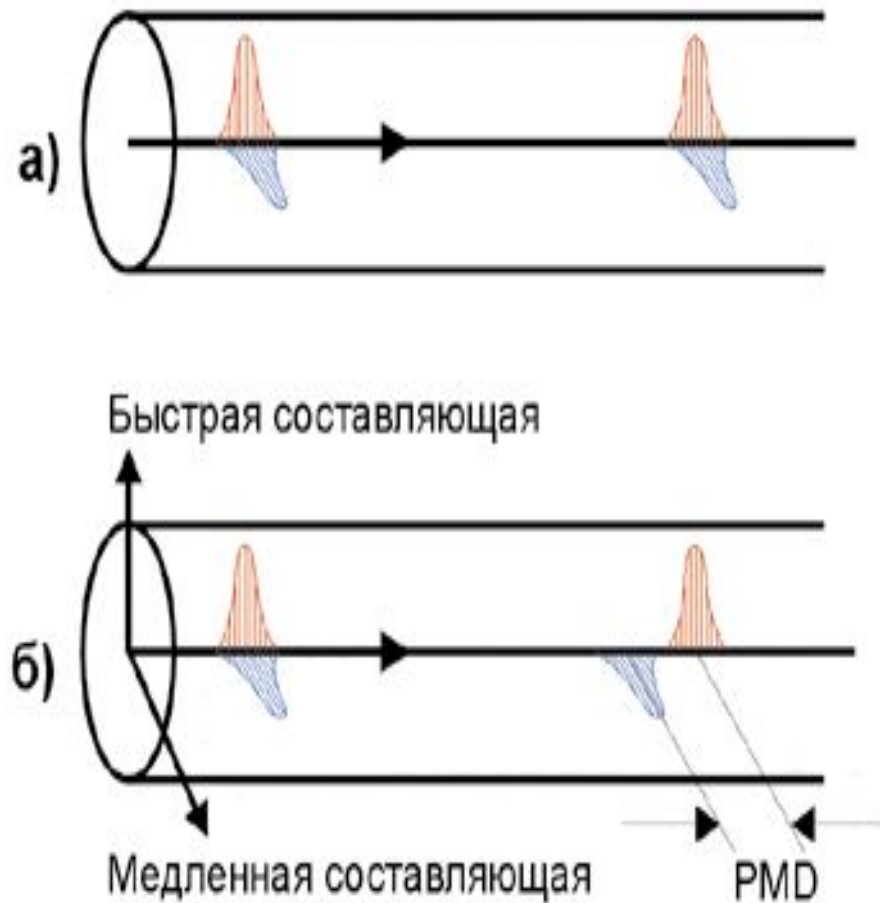
При несоблюдении апертуры появляется преломленный луч и часть энергии излучается в окружающее пространство.

Следовательно, луч в торец световода необходимо вводить под углом меньшим апертурного угла световода.

Значение числовой апертуры максимально на оси волокна и равно нулю на границе раздела сердцевина-оболочка.

Поляризационная модовая дисперсия

В одномодовом волокне в действительности может распространяться не одна мода, а две фундаментальные моды - две перпендикулярные поляризации исходного сигнала. В идеальном волокне, в котором отсутствуют неоднородности по геометрии, две моды распространялись бы с одной и той же скоростью, рис. а. Однако на практике волокна имеют не идеальную геометрию, что приводит к различной скорости распространения двух поляризационных составляющих мод, рис. б.



Поляризационная модовая дисперсия

Поляризационная модовая дисперсия t_{pmd} (polarization mode dispersion) возникает вследствие различной скорости распространения двух взаимно перпендикулярных поляризационных составляющих моды. Коэффициент удельной дисперсии T нормируется в расчете на 1 км и имеет размерность (пс/км^{1/2}), а t_{pmd} растет с расстоянием по закону $t_{pmd} = T \cdot L^{1/2}$. Для учета вклада в результирующую дисперсию следует добавить слагаемое t_{2pmd} в правую часть (2-13). Из-за небольшой величины t_{pmd} может проявляться исключительно в одномодовом волокне, причем когда используется передача широкополосного сигнала (полоса пропускания 2,4 Гбит/с и выше) с очень узкой спектральной полосой излучения 0,1 нм и меньше. В этом случае хроматическая дисперсия становится сравнимой с поляризационной модовой дисперсией.

Главной причиной возникновения поляризационной модовой дисперсии является некруглость (овальность) профиля сердцевины одномодового волокна, возникающая в процессе изготовления или эксплуатации волокна. При изготовлении волокна только строгий контроль позволяет достичь низких значений этого параметра.

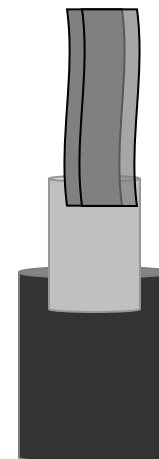
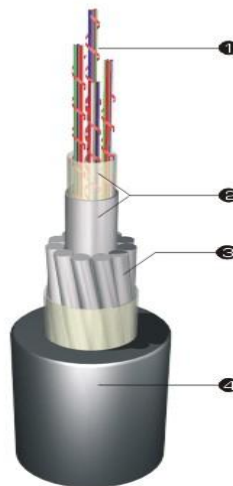
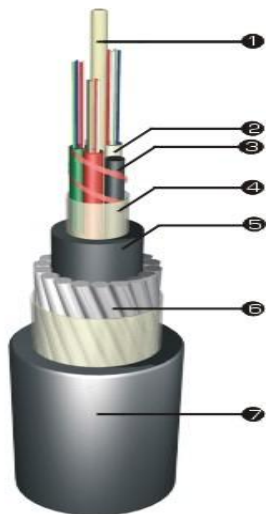
Конструкция оптического кабеля

Вид сердечника

Модульный

Трубчатый

Ленточный



Прокладка оптического кабеля

Способы прокладки

1. В грунтах всех категорий (в том числе механизированным способом)

2. В кабельную канализацию и защитные пластмассовые трубы

3. В болотах, на речных переходах, на глубоководных участках водоемов (озера, водохранилища)

4. Подвеска на опорах линий связи, контактной сети жел. дорог, ЛЭП

5. По мостам, эстакадам, в коллекторах и туннелях

6. Внутри зданий (по стенам и кабельростам)



Основные характеристики стандартного одномодового ОВ (G.652)

Рабочие длины волн – 1310;1550нм

Диаметр оболочки – 125мкм

Диаметр защитного покрытия – 250мкм

Коэффициент затухания дБ/км, не более

длина волны 1310нм – 0,36

длина волны 1550нм – 0,22

Коэффициент хроматической дисперсии в интервале длин волн:

(1285-1330)нм, не более 3,5пс/(нм*км)

(1525-1575)нм не более 18пс/(нм*км)

Длина волны нулевой дисперсии – 1310нм

Поляризационная модовая дисперсия(ПМД) – не более 0,2пс/ $\sqrt{\text{км}}$

Основные характеристики одномодового ОВ с ненулевой смещенной дисперсией(G.655)

Рабочие длины волн – 1530-1560нм

Диаметр оболочки – 125мкм

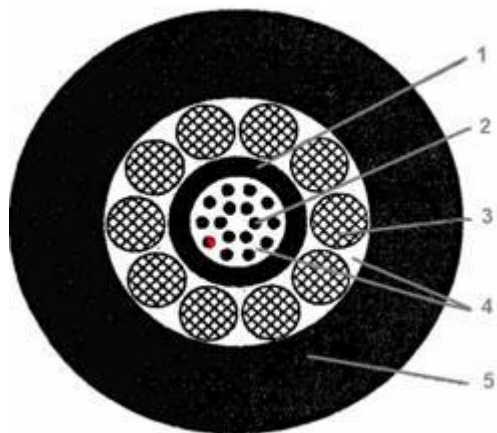
Диаметр защитного покрытия – 250мкм

Коэффициент затухания в диапазоне рабочих длин волн не более – 0,22
дБ/км

Коэффициент хроматической дисперсии в интервале длин волн
(1530-1560нм), 6пс/(нм*км)

Поляризационная модовая дисперсия(ПМД) не более – 0,2пс/ км

Волоконно-Оптический Кабель марки ТОС-...



Данный тип кабеля предназначен для прокладки в кабельной канализации, трубах, блоках, в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, а также внутри зданий, в тоннелях и коллекторах (ТОН, ТОГ).

1.Трубчатый сердечник

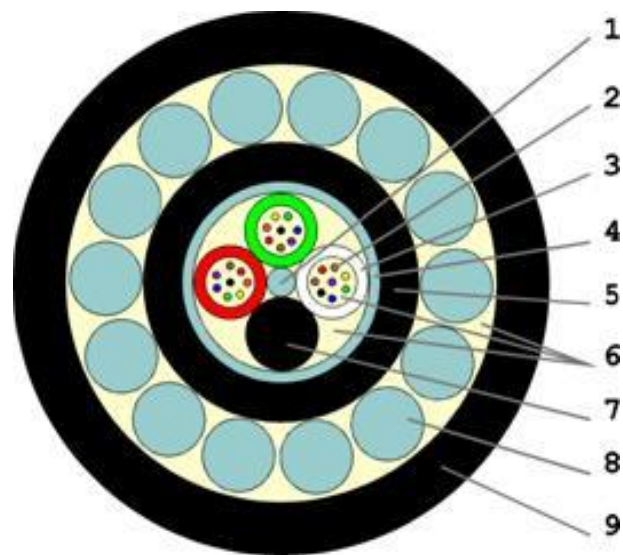
2.Оптическое волокно

3.Кабель армирован сплошной обмоткой из оцинкованной стальной проволоки

4.В кабеле используются гидрофобные заполнители производства фирмы Astor Stag (Бельгия).

5.Наружная оболочка изготавливается из полиэтилена производства фирмы Borealis (Финляндия). Возможно изготовление из материала, не распространяющего горение (ТОН), а также из галогенонесодержащего материала, не распространяющего горение (ТОГ).

Волоконно-Оптический Кабель марки ДПС-...



. Данный тип кабеля предназначен для прокладки в грунте, на речных переходах, а также в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, на мостах и в кабельных шахтах.

1.Центральный силовой элемент – стеклопластиковый пруток

2.Оптическое волокно производства фирмы Fujikura (Япония).

3.Оптические модули

4.По желанию заказчика в конструкцию может быть добавлена алюминиевая лента с полимерным покрытием.

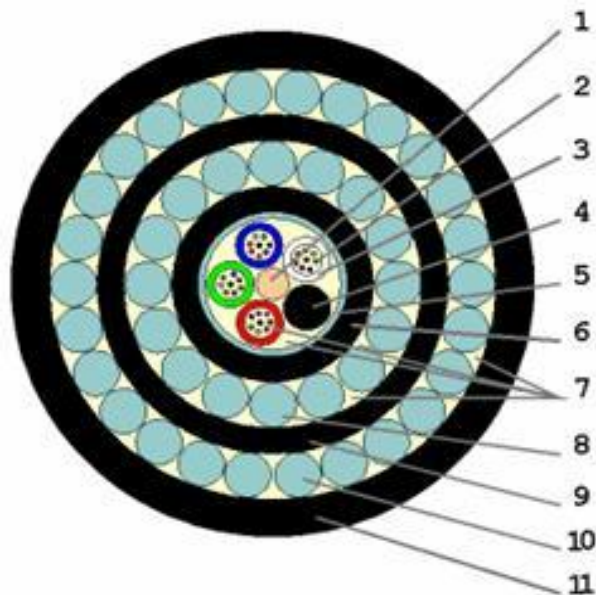
5,9. Промежуточная и внешняя оболочки

6. В кабеле используются гидрофобные заполнители Naptel 851 и Naptel OP308 производства фирмы British Petroleum (Франция).

7.Заполняющий кордель

8.Кабель армирован сплошной обмоткой из оцинкованной стальной проволоки

Волоконно-Оптический Кабель марки ДА2-...



Данный тип кабеля предназначен для прокладки на водных переходах, на затопляемых, заболоченных поймах, на береговых участках внутренних водоемов, по болотам, в сложных грунтах, в том числе с активными проявлениями мерзотно-грунтовых процессов.

- 1.Центральный силовой элемент – стеклопластиковый пруток
- 2.Оптическое волокно
- 3.Оптические модули
- 4.Заполняющий кордель.

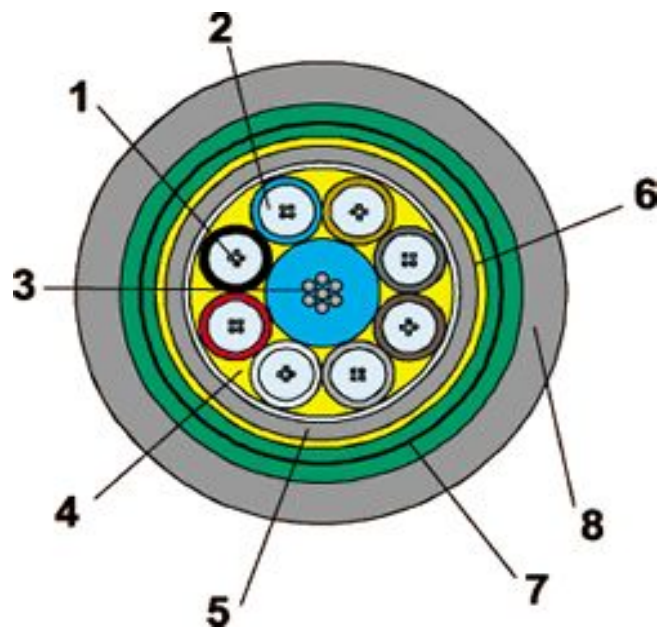
5.По желанию заказчика в конструкцию может быть добавлена алюминиевая лента с полимерным покрытием.

6,9, 11. Оболочки изготавливаются из полиэтилена производства фирмы Borealis (Финляндия).

7.В кабеле используются гидрофобные заполнители Naptel 851 и Naptel OP308 производства фирмы British Petroleum (Франция).

8,10. Кабель армирован двумя сплошными обмотками из оцинкованной стальной проволоки производства Череповецкого сталепрокатного завода (Россия).

Волоконно-оптический кабель марки ДПЛ...



Данный тип кабеля предназначен для прокладки в грунте (до третьей категории), в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах на мостах и в кабельных шахтах.

1. Оптическое волокно производства фирмы Fujikura (Япония).

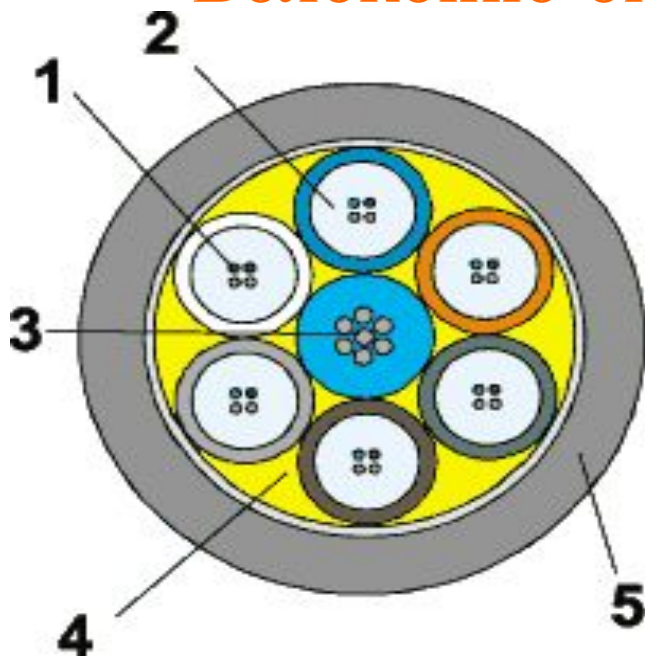
2,4. В кабеле используются гидрофобные заполнители Naptel 851 и Naptel OP308 производства фирмы British Petroleum (Франция).

3. Центральный силовой элемент – стальной трос (СПЛ...) либо стеклопластиковый прут (ДПЛ...) производства фирмы Cousin (Франция).

5,8. Промежуточная и внешняя оболочки изготавливаются из полиэтилена. Возможно изготовление кабеля из полиэтилена, не распространяющего горение.

7. Кабель имеет продольную гидроизоляцию бронирующего слоя (между внутренней полиэтиленовой оболочкой и стальной ламинированной лентой вводится гидрофобный наполнитель).

Волоконно-оптический кабель марки ДПО...



Данный тип кабеля предназначен для прокладки в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, включая метод пневмопрокладки.

1. Оптическое волокно

2,4. В кабеле используются гидрофобные заполнители Naptel 851 и Naptel OP308 производства фирмы British Petroleum (Великобритания).

3. Центральный силовой элемент – стальной трос (СПЛ...) либо стеклопластиковый пруток (ДПЛ...)

5. Защитная оболочка из полиэтилена высокого давления

Волоконно-Оптический Кабель марки ДПТ-...



Данный тип кабеля предназначен для подвески на опорах линий электропередачи, контактной сети железных дорог, воздушных линий связи.

1.Центральный силовой элемент –
стеклопластиковый пруток

2.Оптическое волокно

3.Оптические модули изготовлены на основе
полибутилентерефталата (ПБТ) производства
фирмы BASF (Германия).

4.Внутренняя оболочка

5.Гидрофобные заполнители

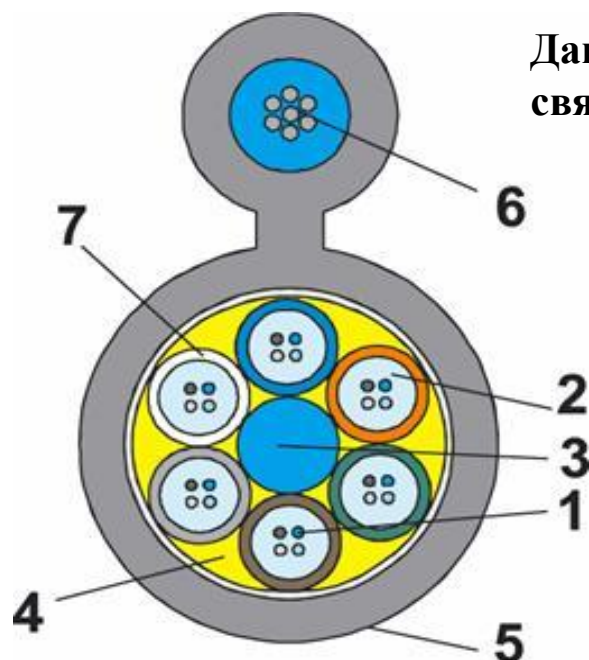
6.Заполняющий кордель.

7.Арамидные нити Kevlar производства фирмы Dupont (США).

8.Наружная оболочка изготавливается из дугостойкого материала – для применения в электрических полях с потенциалом до 25кВ.

Волоконно-оптический кабель марки ОК/Т-...

Данный тип кабеля предназначен для подвески на опорах линий связи, контактной сети железных дорог



1. Оптическое волокно

2, 4. Гидрофобные заполнители

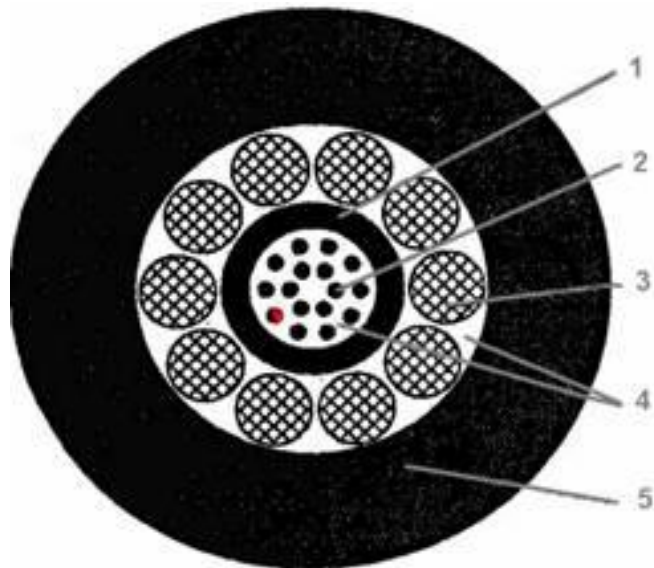
3. Центральный силовой элемент –
стеклопластиковый пруток

5. Внешняя оболочка

6. Внешний силовой элемент: стальной трос (ОК/Т). Кабель имеет продольную гидроизоляцию бронирующего слоя (между внутренней полиэтиленовой оболочкой и стальной ламинированной лентой вводится гидрофобный заполнитель).

7. Оптические модули

Волоконно-Оптический Кабель марки ОПС-...



Данный тип кабеля предназначен для прокладки в кабельной канализации, трубах, блоках, в воде при пересечении неглубоких болот, водных преград и несудоходных рек, в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, а также внутри зданий, в тоннелях и коллекторах (ОПС-...).

1.Трубчатый сердечник изготавливается из полибутилентерефталата (ПБТ) производства фирмы EMS (Швейцария).

2.Оптическое волокно

3.Кабель армирован сплошной обмоткой из оцинкованной стальной проволоки

4.Гидрофобные заполнители

5.Наружная оболочка изготавливается из полиэтилена производства фирмы Borealis (Финляндия).

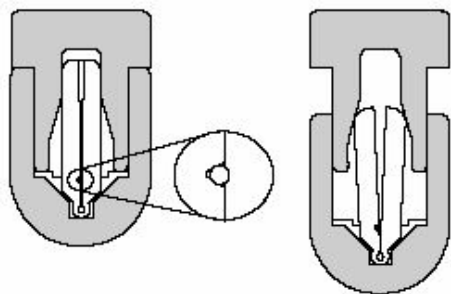
Универсальный соединитель Fibrlok™ II 2529

- Одноволоконный соединитель для одно- и многомодовых волокон диаметром 250 и 900 мкм .



Технические характеристики

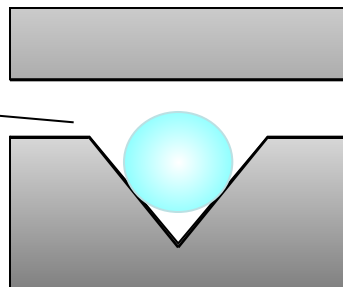
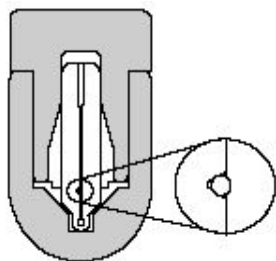
Диаметр волокна	125 мкм
Диаметр покрытия	250, 900 мкм
Срок хранения	30 лет
Время монтажа	не более 30 секунд после подготовки волокон
Средние потери на стыке	не более 0,1 дБ
Потери на отражение	не более 35 дБ при -40 и +80°C не более 0 дБ при комнатной температуре
Нагрузка на разрыв соединения	не менее 0,45 кг, в среднем 1,35 кг
Диапазон рабочих температур	от -40 до +80°C



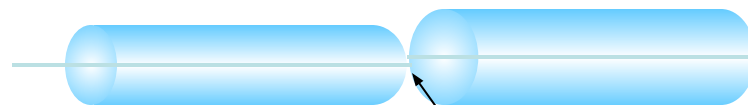
Соединитель Fibrlok 2529 в разрезе

Технология обеспечивает центровку сердечников волокон

Соединительный элемент в открытом положении

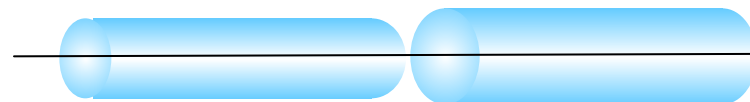
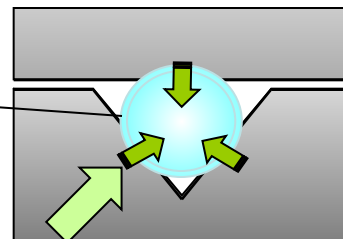


Волокна различного диаметра



Несоосность сердечников

Соединитель в закрытом положении



Алюминий адаптируется к разным диаметрам поэтому:

- Постоянное удерживающее усилие с 3-х сторон
- Автоматически юстирует волокна
- Надежно фиксирует волокна

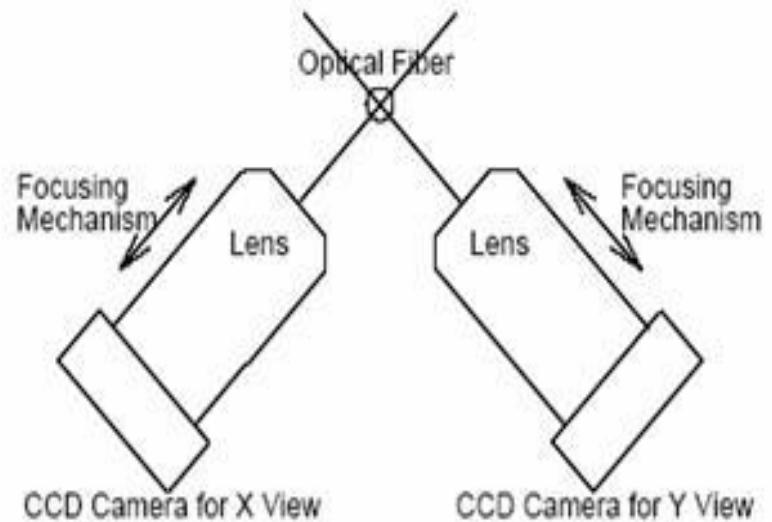
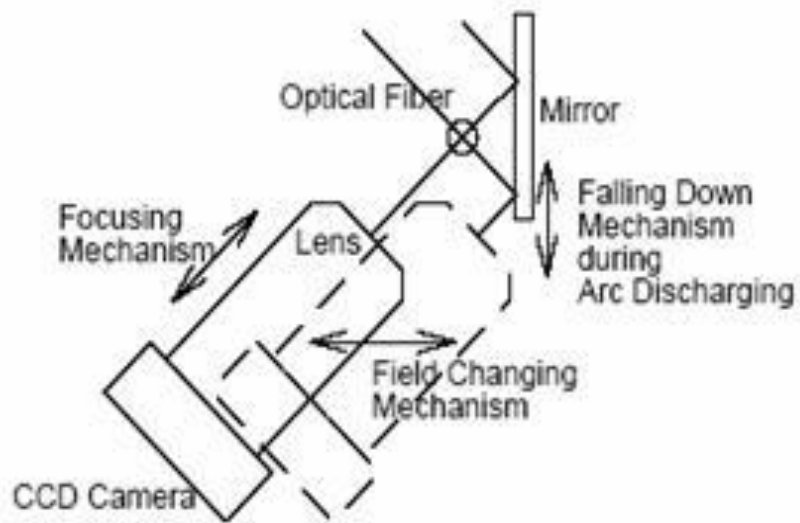
Описание:



Автоматический компактный сварочный аппарат Fujikura FSM-50R12 предназначен для сварки одиночных и ленточных волокон ёмкостью до 12 волокон. Время сварки такого волокна 20 секунд, а его термоусадки 45 секунд. В аппарате предусмотрена автоматическая подстройка параметров дуги. Совместно с аппаратом рекомендуется использовать различные держатели для волокна (на 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12 волокон), скалыватель Fujikura CT-30-12 и термострипер HJS-02 для снятия защитного покрытия ленточного волокна. Высокая производительность Fujikura FSM-50R12 позволяет применять его при монтаже кабелей большой ёмкости с ленточным волокном, на крупных узлах ВОСП, городских сетях СКС и сетях FTTx.

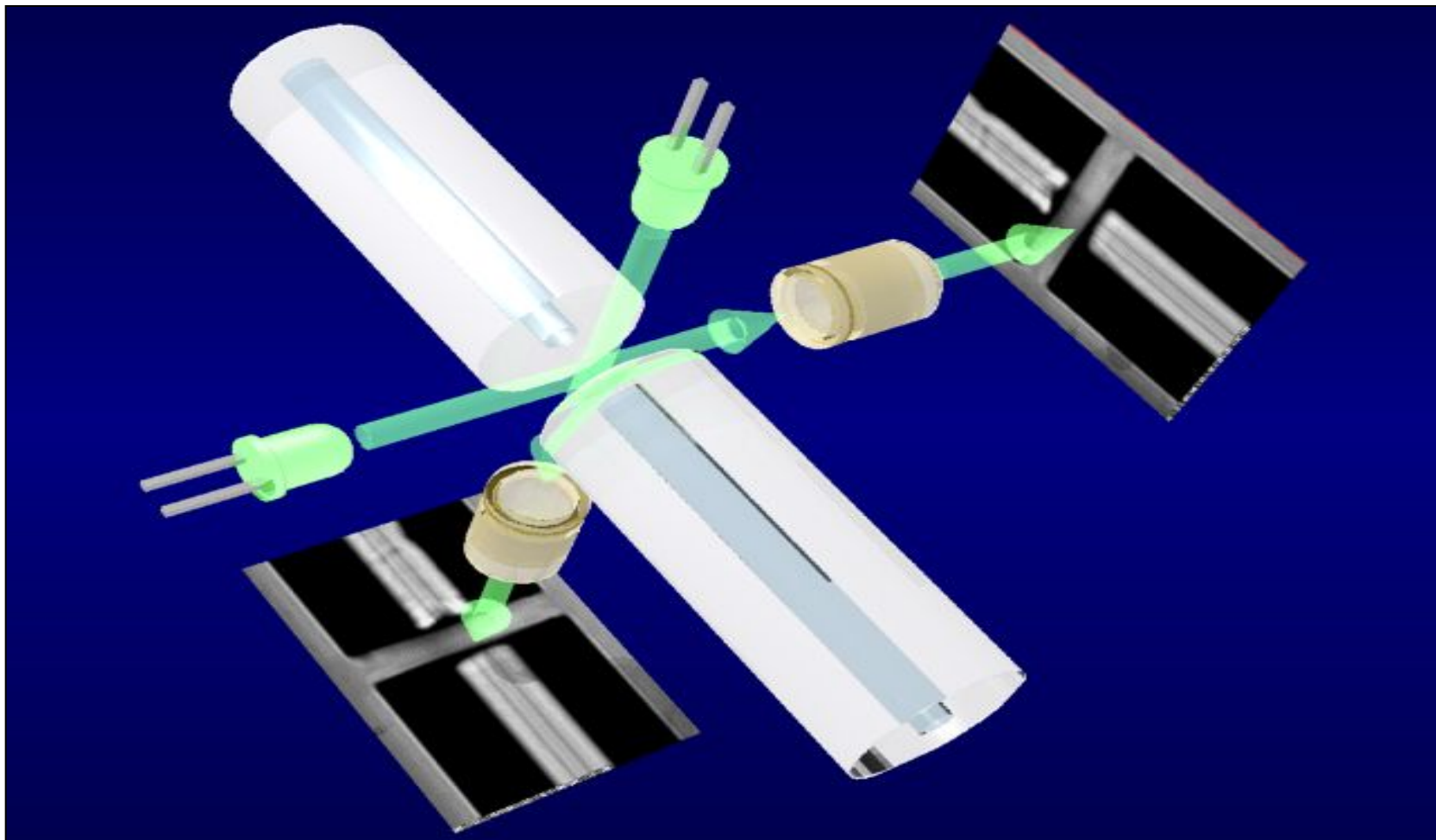
Система контроля юстировки ОВ

Использование одной камеры



Использование двух камер

Метод сварки волокна



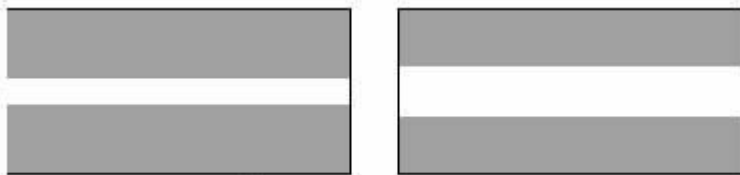
Термоусаживаемая трубка(КДЗС) для защиты ОВ

Комплект деталей защиты сростка (КДЗС) оптического волокна представляет собой прозрачную двойную пластиковую трубку с клеевым подслоем диаметром и стержнем из нержавеющей стали. Это обеспечивает надежную защиту сростка без дополнительных материалов. Трубка изготовлена из высококачественного полиолеофина и обладает устойчивой термической памятью. Плотное облежание волокна гарантирует герметичность и долговечность сростка. Негорючая, с хорошей сопротивляемостью воздействию окружающей среды и химическим соединениям. Минимальная температура усадки – 90°C Время усадки – 2-3 мин при 120 °C

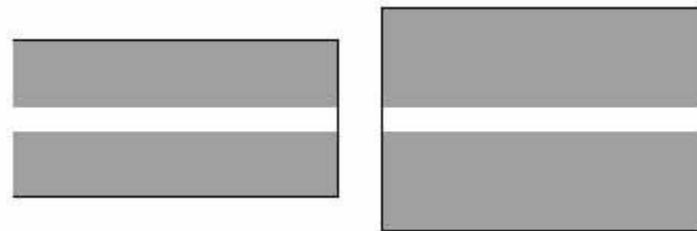
Минимальный диаметр после термоусадки – 3,0-3,2мм



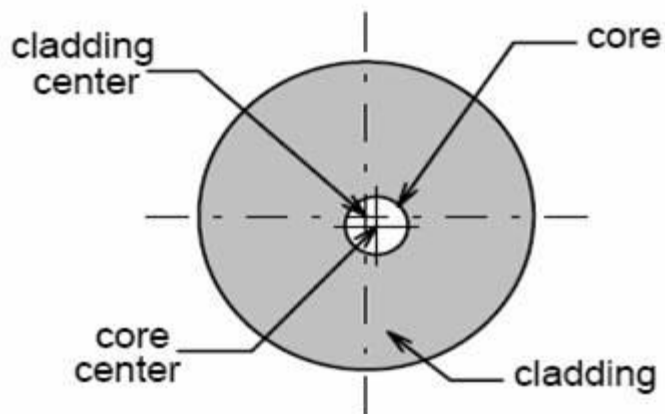
Основные причины затухания на соединении ОВ



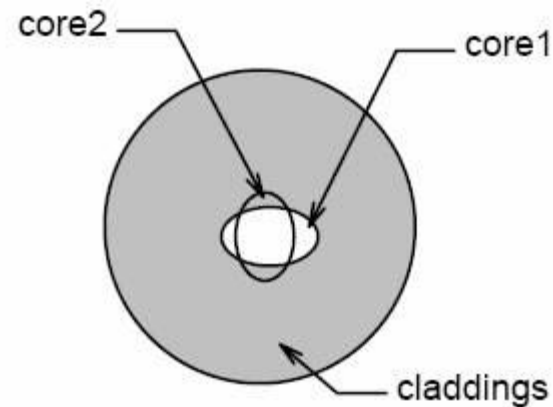
Несовпадение диаметра сердцевины.



Несовпадение диаметра оболочки.

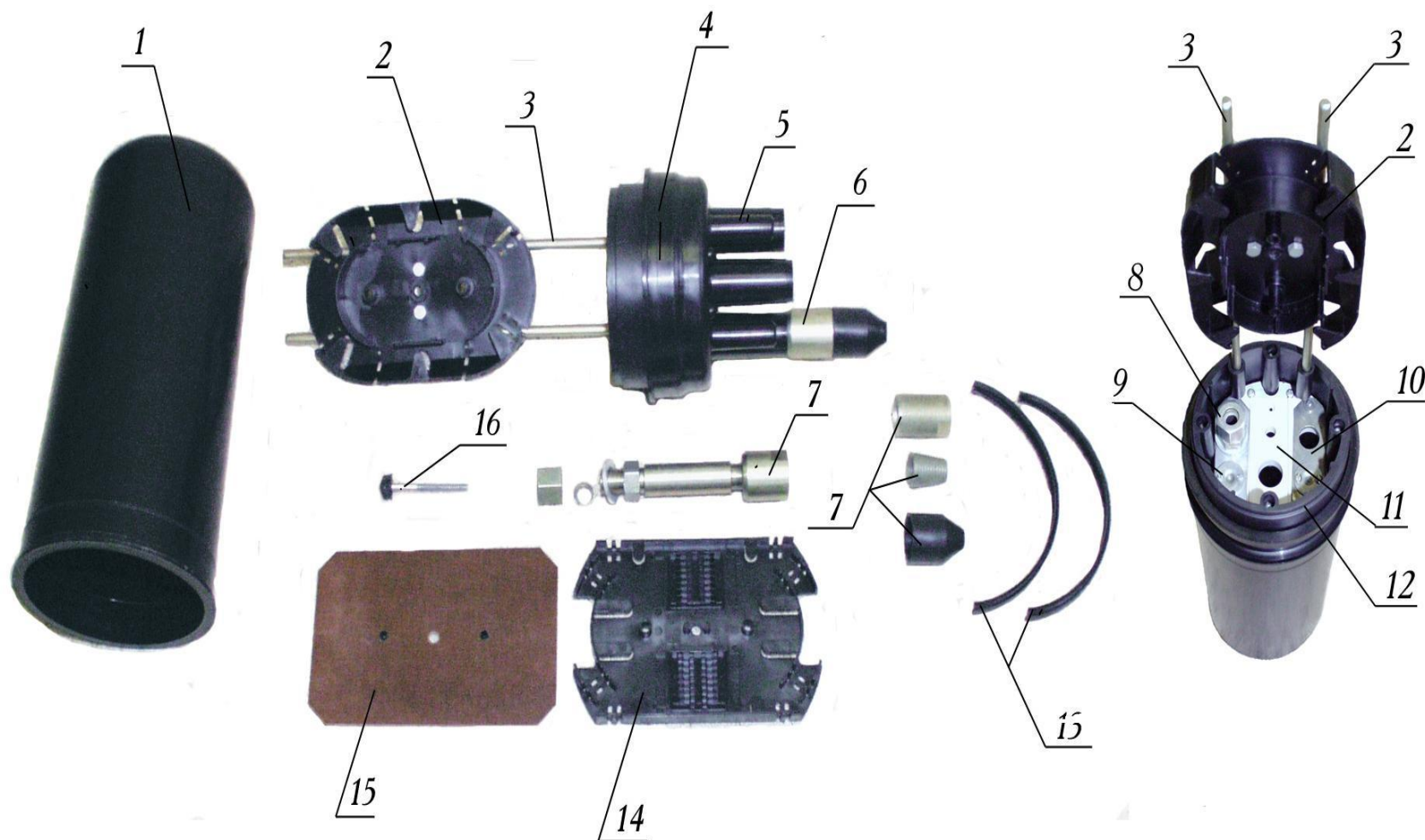


Эксцентриситет сердцевины.



Неконцентричность сердцевины

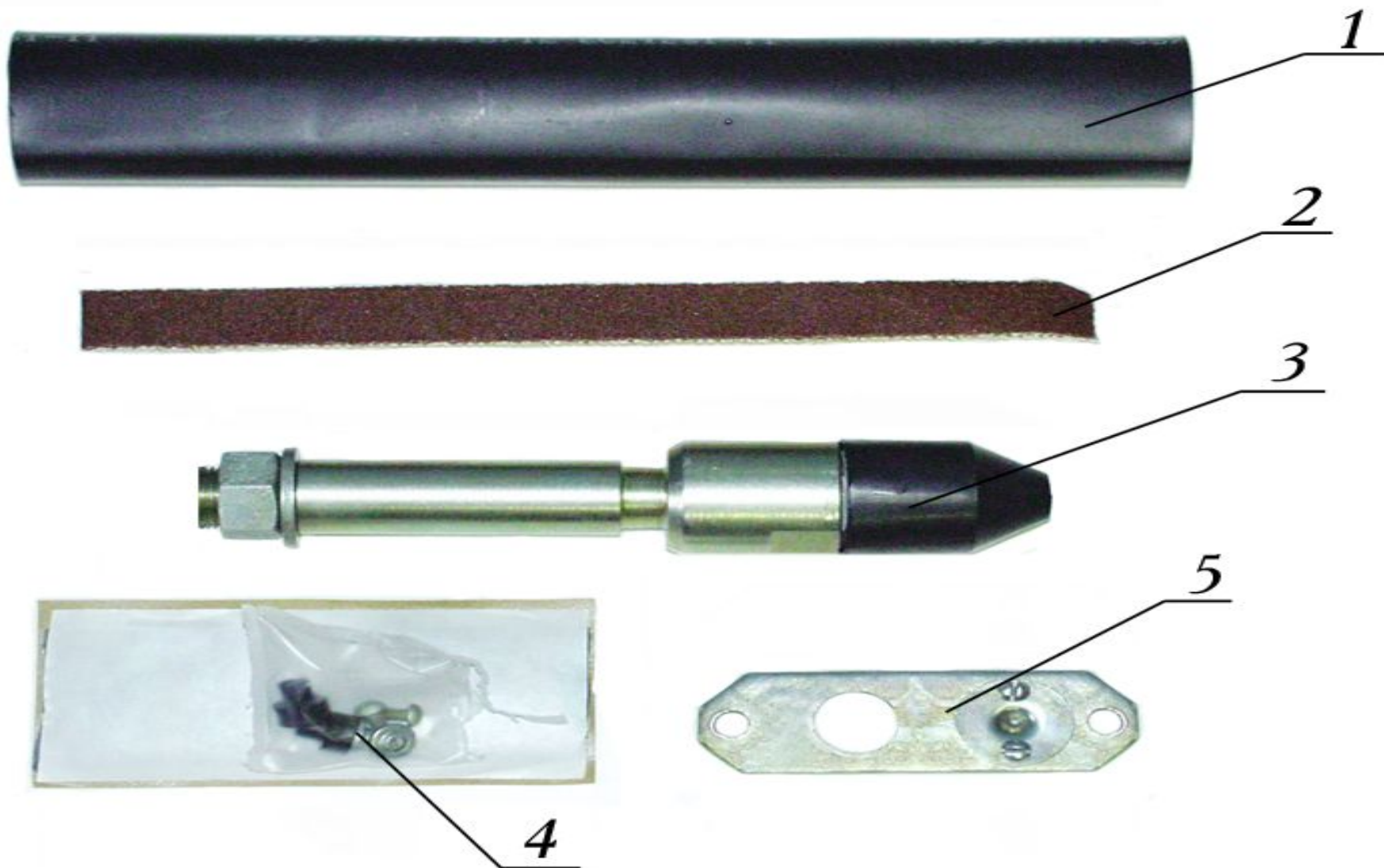
Устройство муфты МТОК 96-01-IV.



Комплектация муфты МТОК 96-01-IV.



Комплект для ввода кабеля.



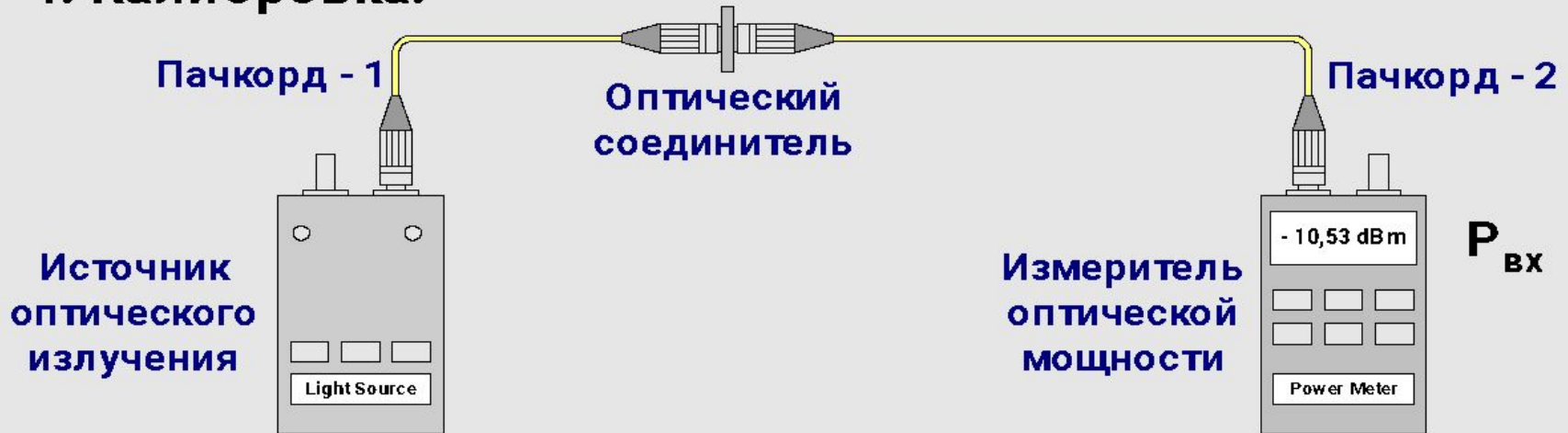
Подготовка кабелей.



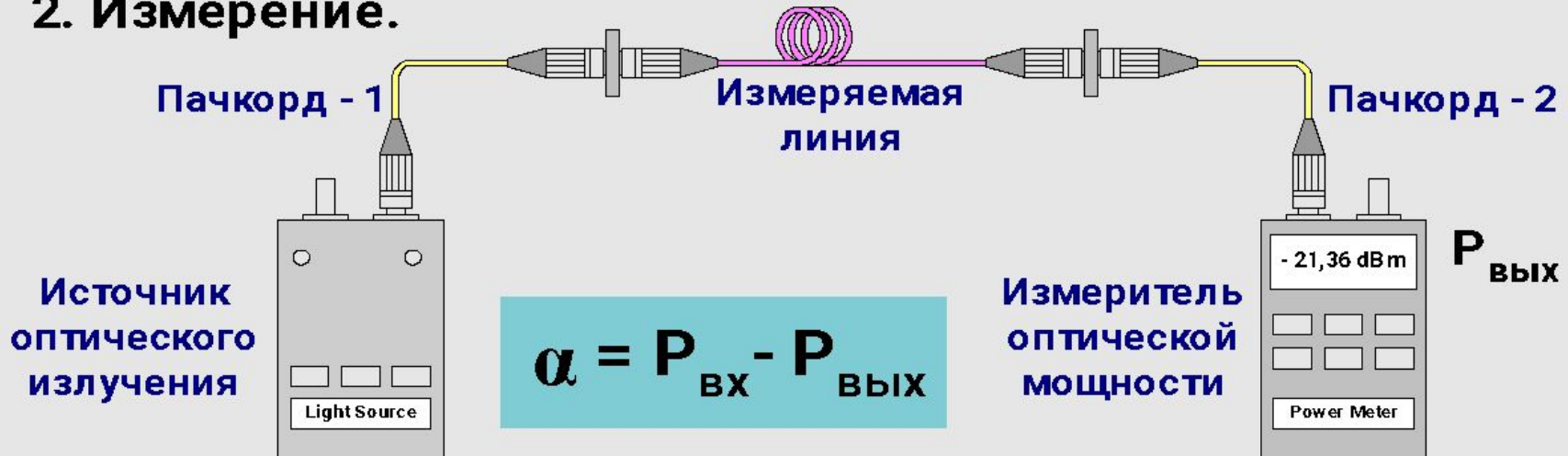
Измерение волоконно-оптической линии передачи

Прямой метод измерения оптических потерь

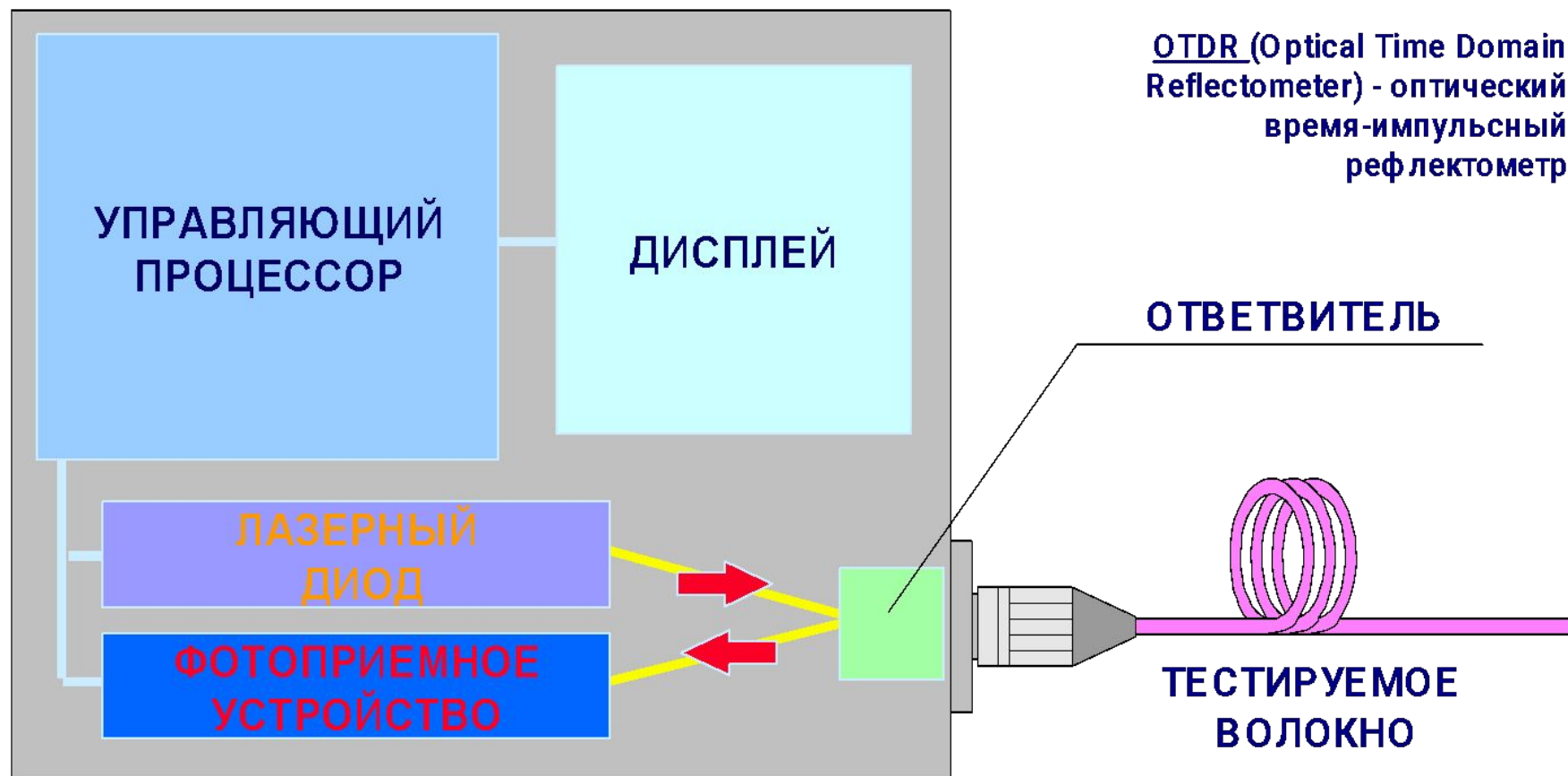
1. Калибровка.



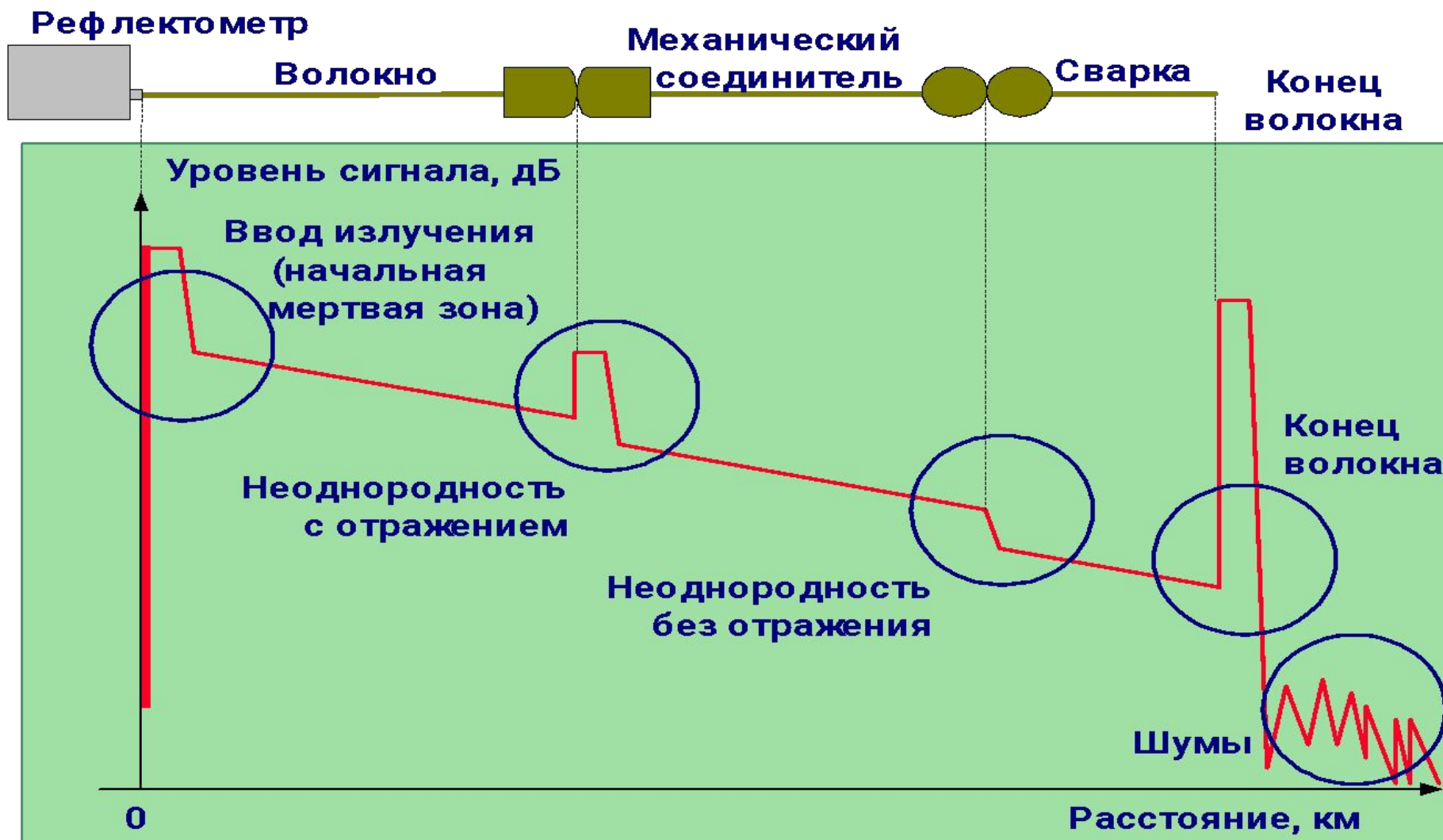
2. Измерение.



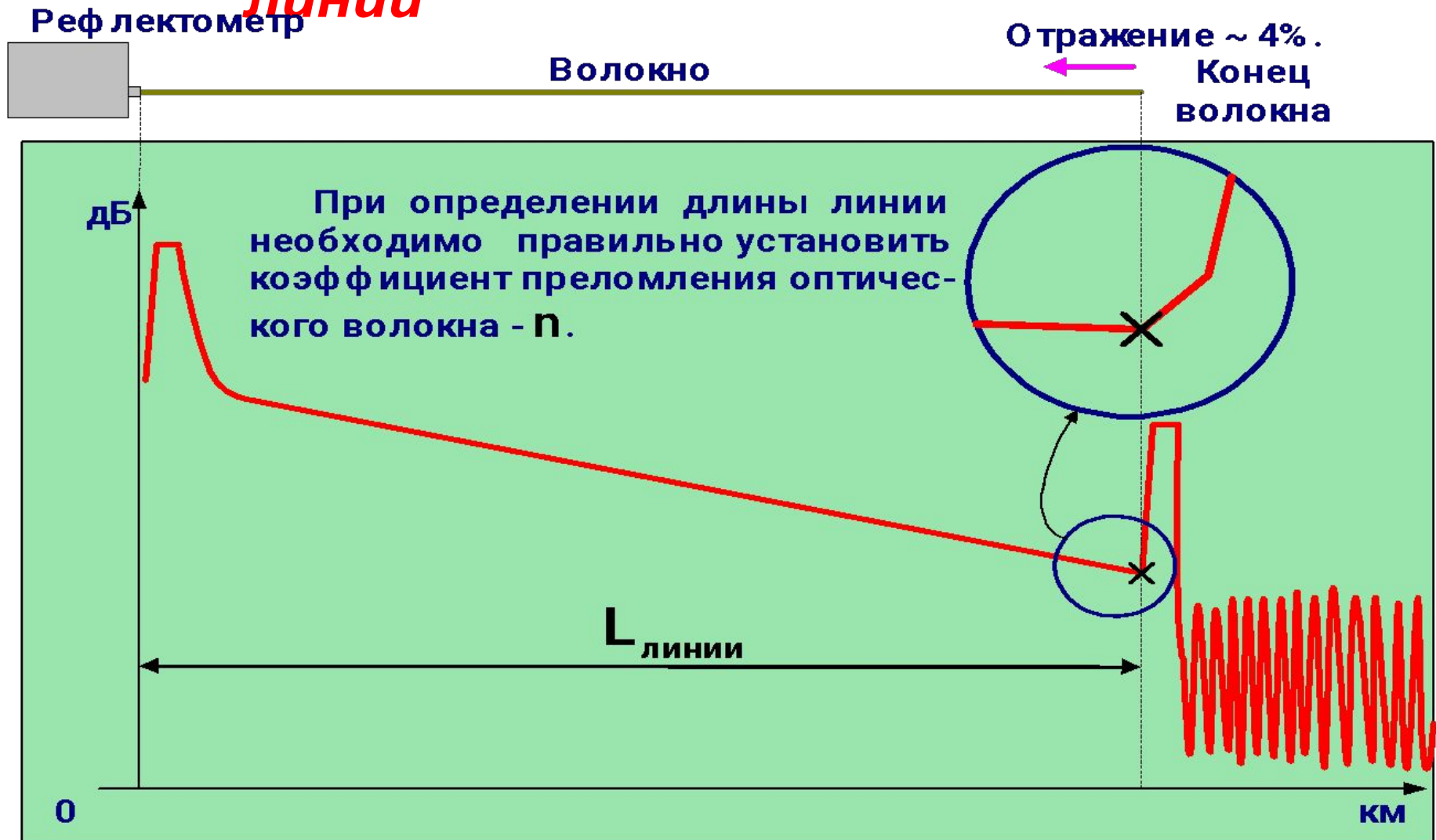
Измерение оптической линии методом обратного рассеяния



Общий вид рефлектограммы



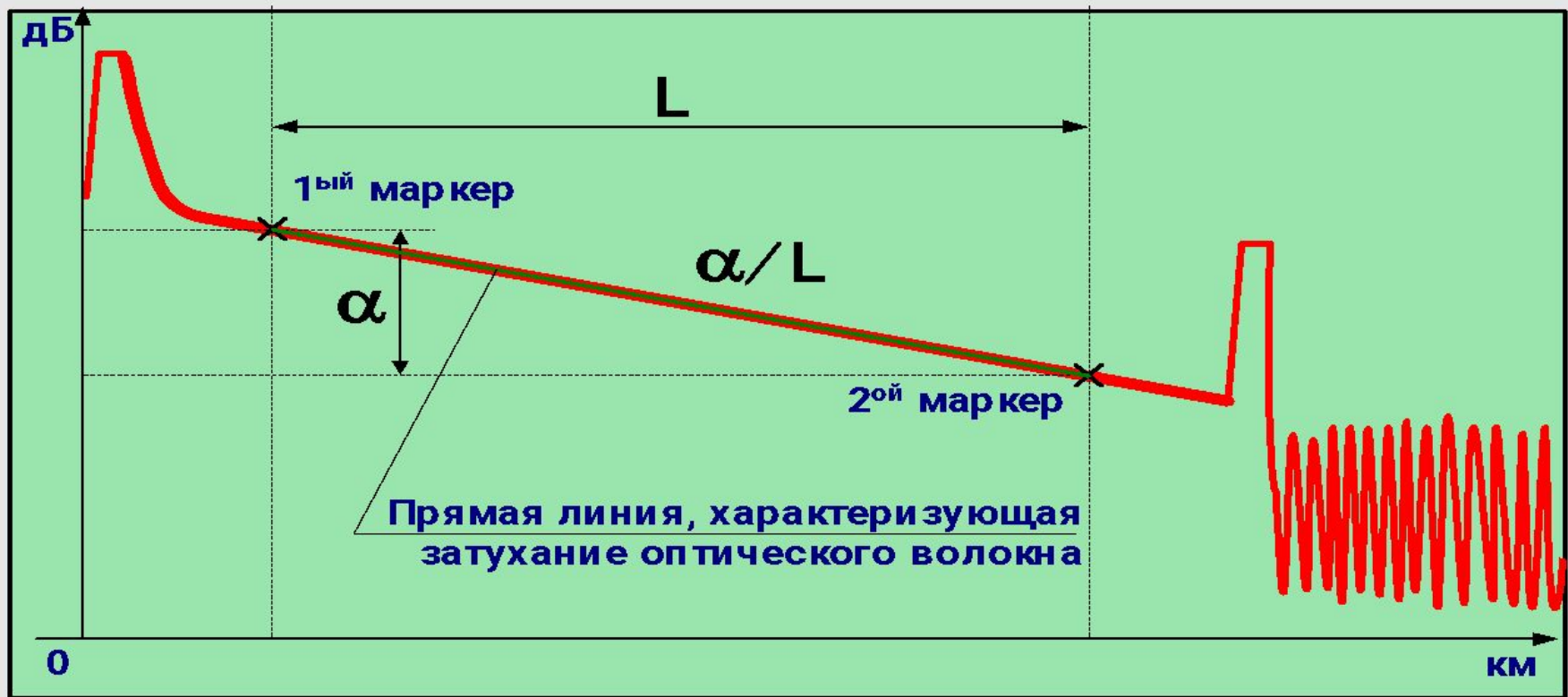
Измерение длины оптической линии



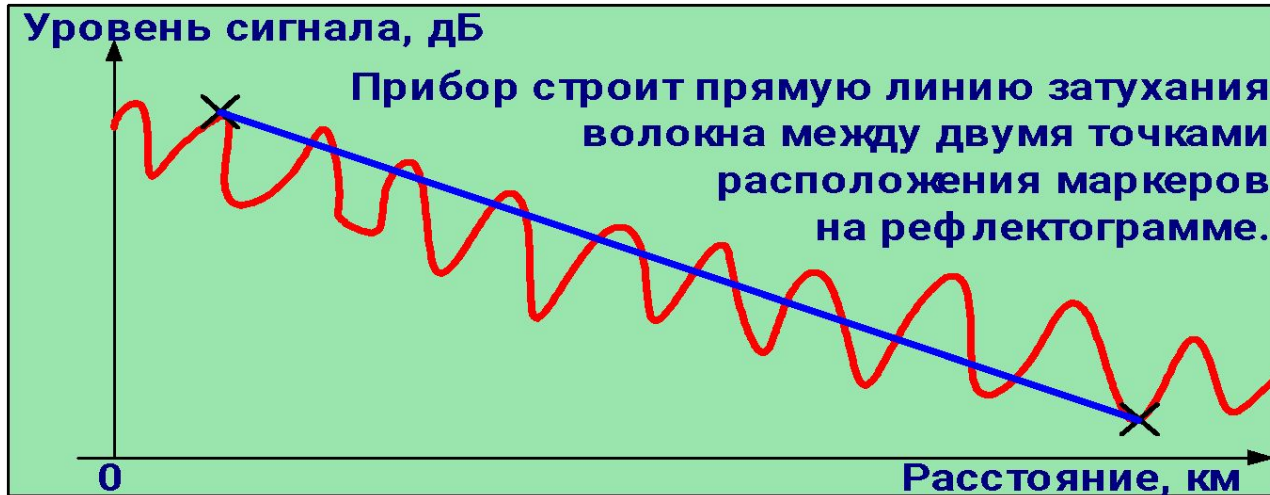
Измерение потерь затухания в волокне

Рефлектометр рассчитывает:

- α - затухание между двумя маркерами
- L - расстояние между двумя маркерами
- α/L - километрическое затухание волокна

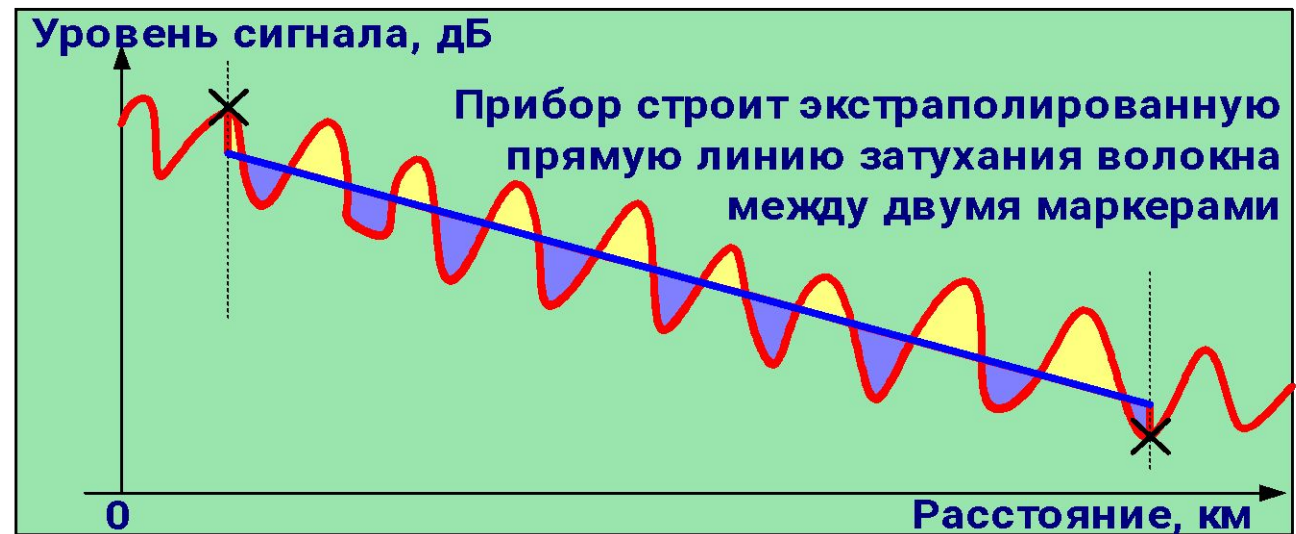


Методы



Метод 2РА -
метод двух точек.

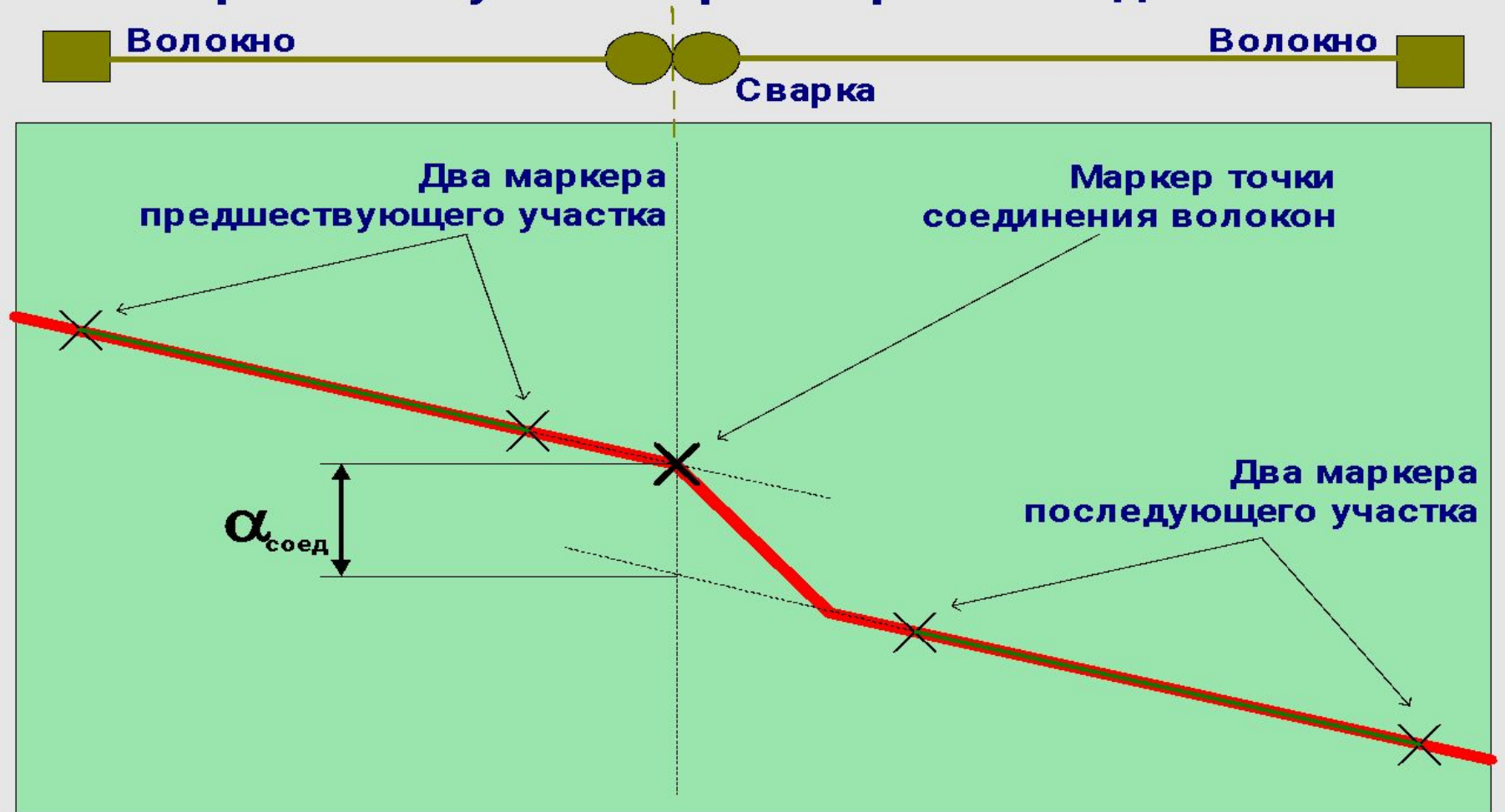
Метод LSA -
метод маленьких площадей



Измерение потерь соединения

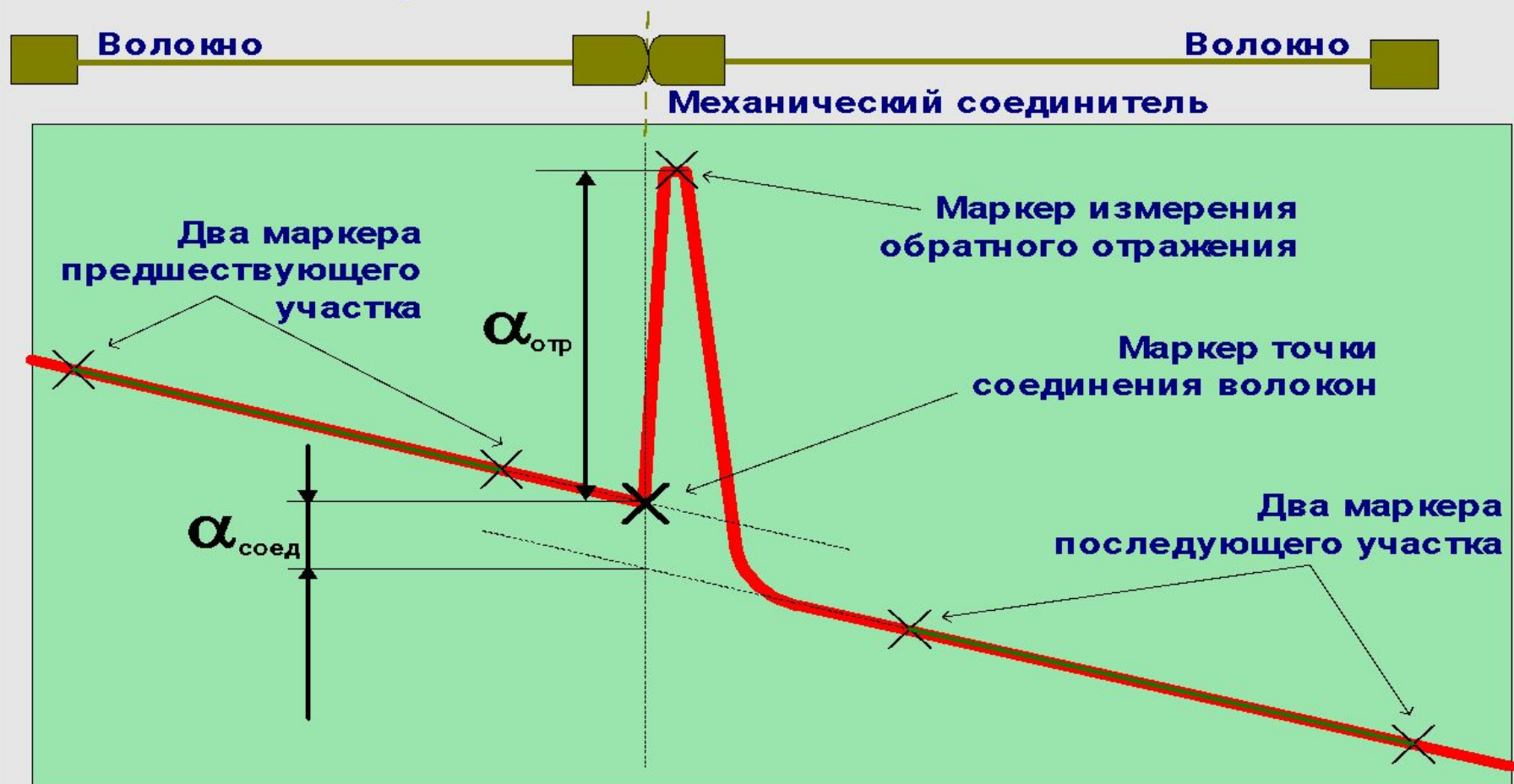
соединения

1. Измерение затухания при сварном соединении.



Измерение потерь соединения

2. Измерение затухания и обратного отражения при механическом соединении.



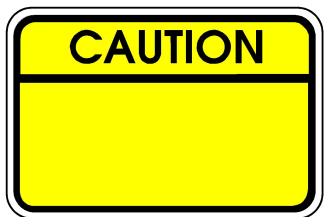
Техника безопасности и охрана труда при работах на ВОЛС



ОПАСНОСТЬ серьёзных повреждений или смерти



ВНИМАНИЕ! Угроза серьёзных повреждений или смерти

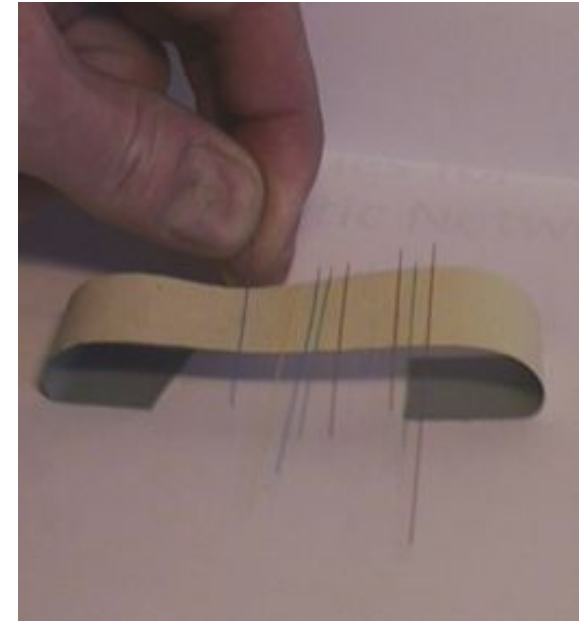


ОСТОРОЖНО ! Возможны травмы и ущерб для изделий



ЗАМЕЧАНИЕ по эксплуатации, требующее особого внимания

- Утилизировать остатки сколотого ОВ





НЕ смотреть в торец волокна



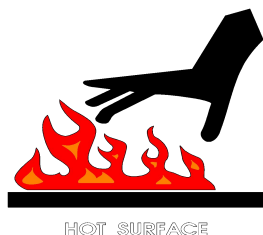
НЕ принимать пищу в
помещении, где производятся
работы с
ОПТИЧЕСКИМ ВОЛОКНОМ



Оборудование передвижной лаборатории:
Устройство для обогрева
Приточно-вытяжную вентиляцию
Естественное и искусственное освещение (не менее 70лк)
Пылесос
Устройство защитного заземления
Бортовая сеть не более 42В



При монтаже муфт соблюдать правила пожарной безопасности перед работой с открытым пламенем или феном закрыть и убрать с рабочего стола емкости с легко воспламеняющимися жидкостями



После работы феном его сопло сильно нагревается