

Тема 5

Пассивные компоненты волоконно-
оптических систем передачи

Содержание темы

- Типы волоконно-оптических кабелей.
- Методы прокладки волоконно-оптического кабеля.
- Разъемные соединители и их параметры.
- Причины возникновения потерь в разъемных соединителях и их расчет.
- Типы оптических разъемов.
- Оптические муфты.
- Неразъемные соединения оптических волокон.

Содержание темы

- Оптические разветвители.
- Оптические переключатели, аттенюаторы, изоляторы и поляризаторы.
- Оптические фильтры.
- Оптические кроссы.

Пассивные компоненты ВОСП

К основным пассивным компонентам ВОСП относятся:

- оптический кабель;
- разъемные и неразъемные соединители;
- оптические муфты;
- оптические элементы ветвления;
- оптические изоляторы;
- оптические фильтры;
- оптические кросс-коммутаторы.

Типы ВОК

Волоконно-оптические кабели делят на кабели для:

- **подвески на опорах;**
- **прокладки в грунт;**
- **прокладки в кабельной канализации;**
- **прокладки в помещениях.**

Типы ВОК

Маркировка волоконно-оптических кабелей:

Оптический кабель												
<u>Защитный покров:</u> С — стальная гофрированная лента; Б — повив из круглых стальных проволок; А — повив из арамидных или других синтетических нитей; П — повив из стеклопластиковых прутков;												
<u>Особенности оболочки кабеля:</u> Л — облегченная конструкция (без промежуточной оболочки) для кабелей с защитным покровом; З — алюмополиэтиленовая оболочка, обеспечивающая поперечную гидроизоляцию; Н — оболочка, препятствующая распространению горения при одиночной прокладке кабеля; НГ — оболочка, препятствующая распространению горения при групповой прокладке кабеля; Т — оболочка из трекингостойкого материала;												
<u>Внешний несущий элемент кабеля:</u> /Т — стальной трос /Д — стеклопластиковый пруток												
ОК	С	Л	Н	—	М	Б	П	—	А	16	—	2,5

Типы ВОК

ОК	С	Л	Н	—	М	6	П	—	А	16	—	2,5
<p><u>Сердечник кабеля:</u> М — повив модулей; Т — модуль (центральная трубка) или несколько модулей, расположенных параллельно.</p>												
<p><u>Количество элементов в повиве</u> для модульного сердечника или число параллельных модулей.</p>												
<p><u>Центральный силовой элемент</u> сердечника кабеля с повивом модулей: Т — стальной трос; П — стеклопластиковый прут.</p>												
<p><u>Тип оптического волокна:</u> А — одномодовое, рекомендация ITU-T G.652.C, D; Н — одномодовое, рекомендация ITU-T G.655; С — одномодовое, рекомендация ITU-T G.657; М — многомодовое, 50/125 мкм, рекомендация ITU-T G.651 В — многомодовое, 62,5/125 мкм</p>												
<p><u>Количество оптических волокон одного типа</u> в кабеле, шт.</p>												
<p><u>Максимально допустимое растягивающее усилие</u> кабеля, кН.</p>												

Типы ВОК

Д П С - 024 К 32 - 12 - 20,01,0 - X - Н - К:016Н008С

Число ОВ в кабеле

Тип внешних покровов

- О- без дополнительных внешних покровов
- Л- с гофрированной продольно наложенной стальной лентой и ПЭ оболочкой
- С- с однослойной броней из стальных проволок и ПЭ оболочка
- У- с однослойной броней из стальных проволок с повышенной стойкостью к растягивающим усилиям и ПЭ оболочкой
- М- с однослойной броней из стеклопластиковых стержней и ПЭ оболочка
- 1- с двухслойной броней из стеклопластиковых стержней и ПЭ оболочка
- 2- с двухслойной броней из стальных проволок и ПЭ оболочка
- Т- с силовыми элементами из высокомодульных пряжей или профильных элементов на основе стеклонитей и ПЭ оболочка
- Тс- с силовыми элементами из стеклонитей и ПЭ оболочки;
- К- с присоединенным стальным силовым элементом
- Д- с присоединенным диэлектрическим силовым элементом
- В- без присоединенного силового элемента

Тип внутренней оболочки

- А- алюмополиэтиленовая
- П- полиэтиленовая

Тип сердечника

- Д- модульный, с диэлектрическим центральным элементом
- О- трубчатый (центральный модуль)

Типы ВОК

Д П С - 024 К 32 - 12 - 20,01,0 - X - Н - K:016H008C

Расшифровка комбинации типа волокон, где цифры это количество волокон, а буква - тип волокна
!!! Символы отсутствуют если в кабеле один тип оптоволокна

Тип наружной полиэтиленовой оболочки

H- наружная оболочка в исполнении, не распространяющем горение
!!! Символ отсутствует - обычный ПЭ

Температурный диапазон эксплуатации ОК

X для кабелей, эксплуатируемых на открытом воздухе, от -60°C до +70°C
!!! Символ отсутствует - обычный диапазон

Допустимое статическое растягивающее / раздавливающее усилие **, кН

Число элементов в сердечнике или число пучков

Максимальное число ОВ в модуле, пучке

Тип ОВ

A- одномодовое ОВ с расширенным диапазоном рабочих длин волн (с пониженным затуханием на длине волны 1383±3 нм), по рекомендации [G.652D](#);

E- стандартное одномодовое [G.652B](#);

R- одномодовое, с пониженным затуханием;([G.654](#))

У- одномодовое, с пониженным затуханием, с расширенным диапазоном рабочих длин волн и с повышенным порогом стимулирования рассеяния Манделъштама-Бриллюэна;([G.652D](#))

T- одномодовое, с расширенным диапазоном рабочих длин волн и с повышенным порогом стимулирования рассеяния Манделъштама-Бриллюэна ([G.652D](#));

C- одномодовое с отрицательной ненулевой смещенной дисперсией ([G.655](#));

H- одномодовое с положительной ненулевой смещенной дисперсией ([G.655.C](#));

M- многомодовое с соотношением диаметров сердцевины и оболочки — 50/125 мкм ([G.651](#));

B- многомодовое с соотношением диаметров сердцевины и оболочки — 62,5/125 мкм;

K- комбинация различных типов ОВ

Типы ВОК

Стандартная расцветка оптических волокон в оптическом модуле:

Стандартная расцветка оптических модулей в повиве сердечника волоконно-оптического кабеля:

Количество волокон в оптическом модуле												Цвет
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Красный
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Жёлтый
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Зелёный
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Синий
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Коричневый
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Чёрный
			●	●	●	●	●	●	●	●	●	Оранжевый
			●	●	●	●	●	●	●	●	●	Фиолетовый
				●	●	●	●	●	●	●	●	Белый
				●	●	●	●	●	●	●	●	Серый
					●	●	●	●	●	●	●	Бирюзовый
						●	●	●	●	●	●	Розовый
							●	●	●	●	●	Красный с чёрным кольцом
							●	●	●	●	●	Жёлтый с чёрным кольцом
								●	●	●	●	Зелёный с чёрным кольцом
								●	●	●	●	Синий с чёрным кольцом
									●	●	●	Коричневый с чёрным кольцом
									●	●	●	Натуральный
										●	●	Оранжевый с чёрным кольцом
										●	●	Фиолетовый с чёрным кольцом
										●	●	Белый с чёрным кольцом
										●	●	Серый с чёрным кольцом
										●	●	Бирюзовый с чёрным кольцом
										●	●	Розовый с чёрным кольцом

Число оптических модулей в повиве	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Цвет	красн.	зелен.	натур.	натур.	натур.	натур.	натур.	натур.	натур.	натур.	натур.	натур.
	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Отсчёт оптических модулей осуществляется от красного модуля в направлении зелёного.



Типы ВОК для подвески на опорах

Структура кабеля **ОКЛ8**:

1 – несущий элемент (стальной канат);

2 – центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень);

3 – оптические волокна;

4 – оптический модуль;

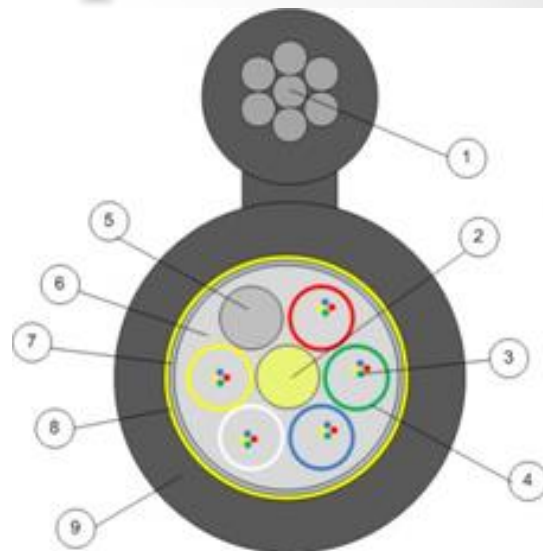
5 – кордель (по заказу медные изолированные жилы дистанционного питания);

6 – тиксотропный гидрофобный наполнитель;

7 – скрепляющая обмотка из нитей и лент;

8 – периферийный силовой элемент (арамидные нити);

9 – оболочка из полиэтилена.



Типы ВОК для подвески на опорах

Структура кабеля **ОКТ8**:

1 – несущий элемент
(стальной канат);

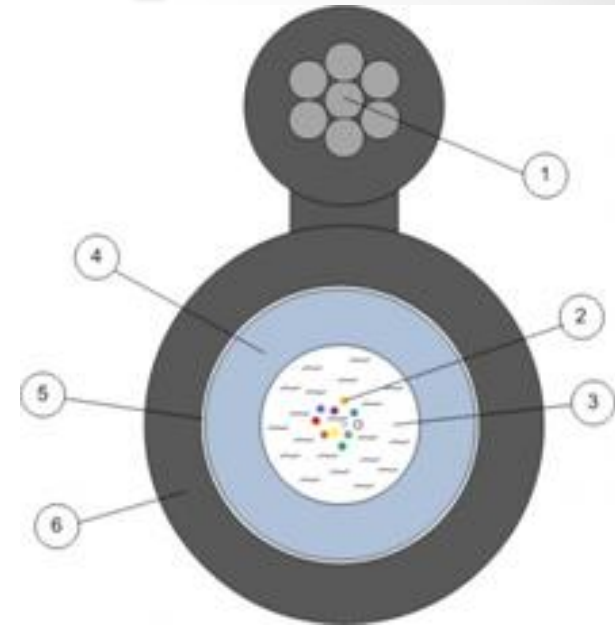
2 – оптические волокна;

3 – тиксотропный гидрофобный
заполнитель;

4 – центрально-расположенная трубка;

5 – водоблокирующая лента;

6 – металлопластмассовая оболочка с применением
алюминиевой ламинированной ленты.



Типы ВОК для подвески на опорах

Структура кабеля **ДПМ**:

1 – центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень);

2, 3 – ПБТ-модуль со свободно уложенными оптическими волокнами и гидрофобным гелем;

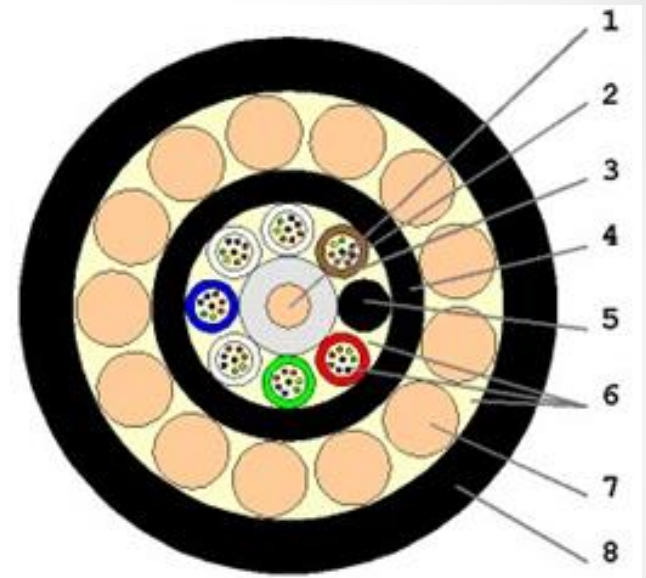
4 – промежуточная полиэтиленовая оболочка;

5 – кордель ;

6 – межмодульный гидрофобный наполнитель

7 – армирование стеклопластиковыми стержнями;

8 – наружная черная полиэтиленовая оболочка с маркировкой.



Типы ВОК для подвески на опорах

Структура кабеля **ДПТ**:

1 – центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень);

2 – ПБТ-модуль со свободно уложенными оптическими волокнами и гидрофобным гелем;

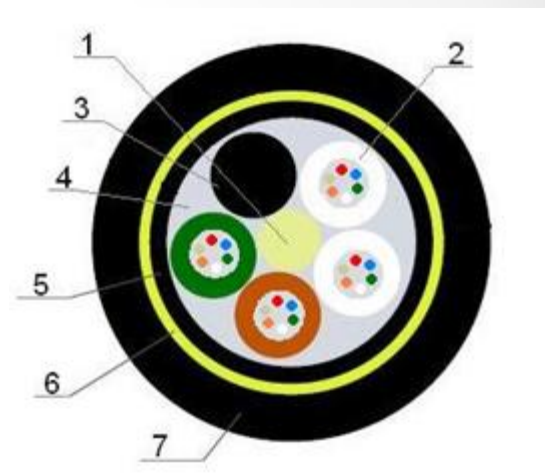
3 – кордель;

4 – межмодульный гидрофобный наполнитель;

5 – промежуточная полиэтиленовая оболочка (для кабелей в исполнении с усиленной баллистической защитой оболочка из полиамидных материалов);

6 – повив из арамидных нитей с подклеивающим компаундом;

7 – наружная черная полиэтиленовая оболочка с маркировкой.



Типы ВОК для прокладки в грунт

Структура кабеля **ОКЛК**:

1 – центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень);

2 – оптические волокна;

3 – оптический модуль;

4 – тиксотропный гидрофобный наполнитель;

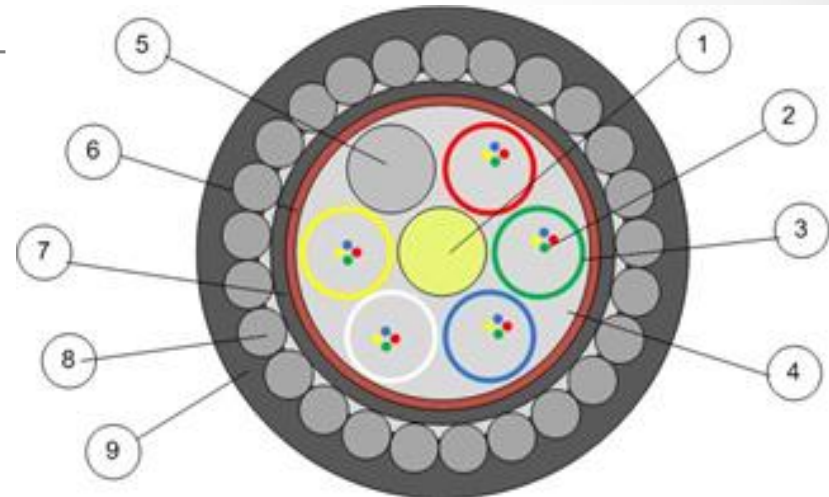
5 – кордель (по заказу медные изолированные жилы дистанционного питания);

6 – скрепляющая обмотка из нитей и лент;

7 – оболочка из полиэтилена;

8 – броня из круглых стальных оцинкованных проволок;

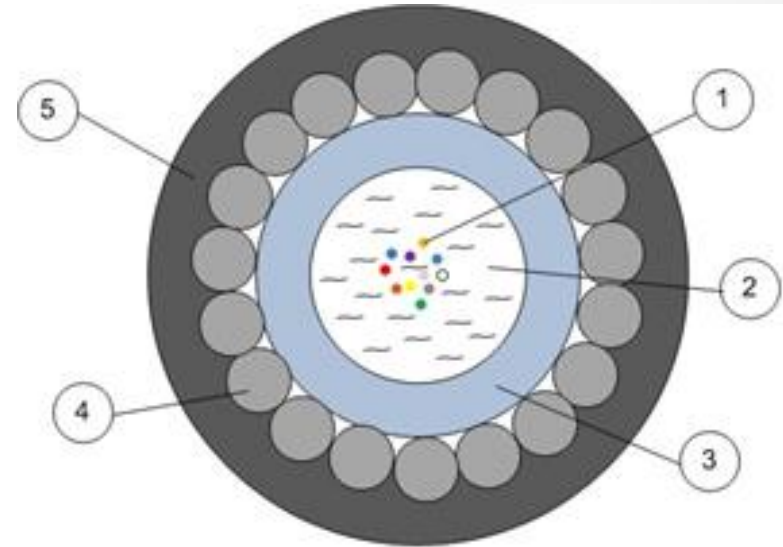
9 – защитный шланг из полиэтилена.



Типы ВОК для прокладки в грунт

Структура кабеля **ОКТК**:

- 1 – оптические волокна;
- 2 – тиксотропный гидрофобный наполнитель;
- 3 – центрально-расположенная трубка;
- 4 – броня из круглых стальных оцинкованных проволок;
- 5 – защитный шланг из полиэтилена.



Типы ВОК для прокладки в грунт

Структура кабеля **ОКТБг**:

1 – оптические волокна, сгруппированные в пучки;

2 – тиксотропный гидрофобный наполнитель;

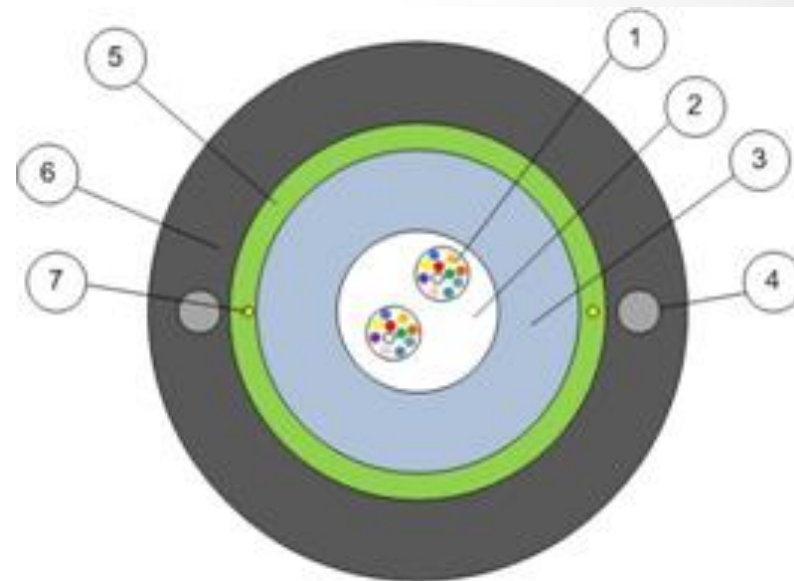
3 – центрально-расположенная трубка;

4 – силовой элемент (продольно расположенные стальные проволоки);

5 – броня из гофрированной стальной ламинированной ленты;

6 – защитный шланг из полиэтилена;

7 – шнур режущий.



Типы ВОК для прокладки в грунт

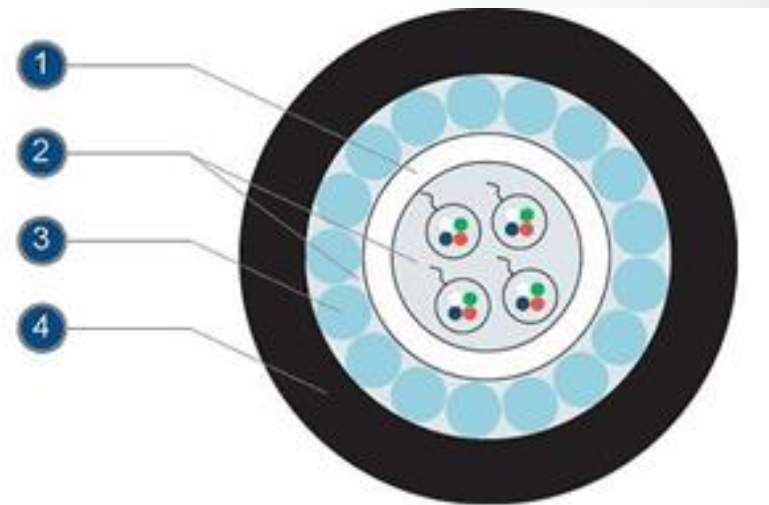
Структура кабеля **ОПС**:

1 – осевой элемент (центральная трубка с гидрофобным наполнителем и оптическими волокнами, сгруппированными в пучки или уложенными свободно);

2 – межмодульный гидрофобный наполнитель;

3 – броня из круглых стальных проволок;

4 – защитная оболочка (полиэтилен или материал, не распространяющий горение).



Типы ВОК для прокладки в канализации

Структура кабеля **ОКЛ**:

1 – центральный силовой элемент (стеклопластиковый стержень);

2 – оптические волокна;

3 – оптический модуль;

4 – тиксотропный гидрофобный наполнитель;

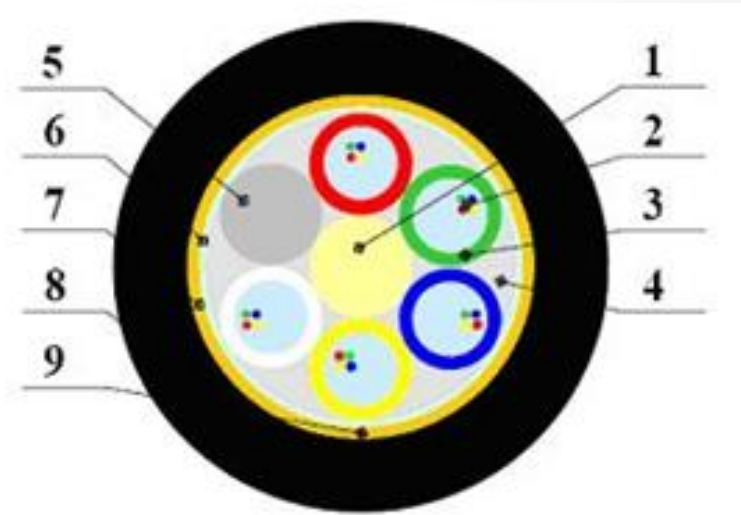
5 – кордель;

6 – скрепляющая обмотка из нитей и лент;

7 – промежуточная оболочка из полиэтилена;

8 – упрочняющий слой (арамидные нити);

9 – наружная оболочка из полиэтилена.



Типы ВОК для прокладки в канализации

Структура кабеля **ОКТ**:

1 – оптические волокна, сгруппированные в пучки;

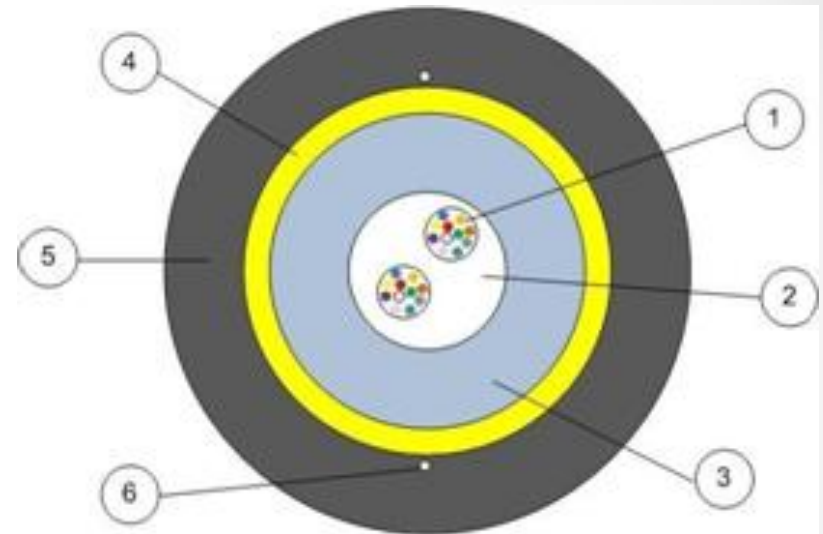
2 – тиксотропный гидрофобный наполнитель;

3 – центрально-расположенная трубка;

4 – силовой элемент (повив арамидных нитей);

5 – оболочка из полиэтилена;

6 – шнур режущий.

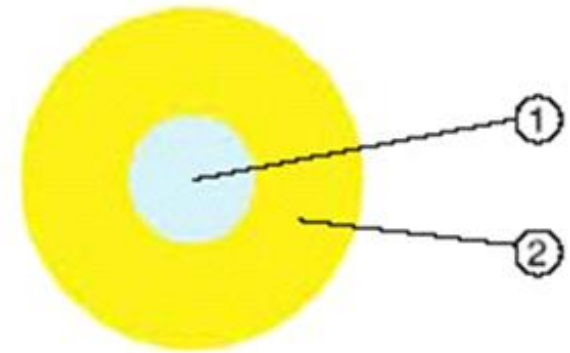


Типы ВОК для прокладки в помещениях

Структура кабеля ОКВ:

1 – оптическое волокно;

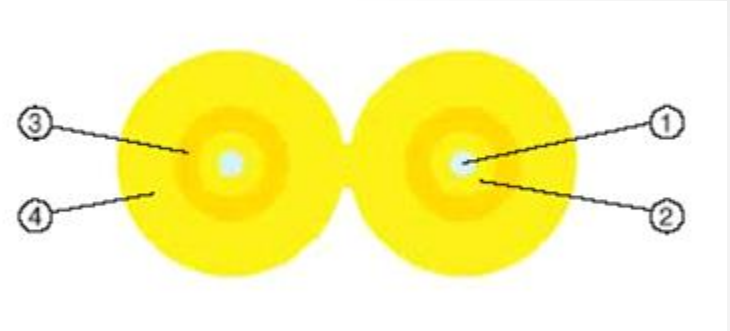
2 – плотная защитная оболочка из УФ-отверждаемого материала.



Типы ВОК для прокладки в помещениях

Структура кабеля ОКВк:

- 1 – оптическое волокно;
- 2 – плотная защитная оболочка из компаунда не распространяющего горение, низкодымного;
- 3 – арамидные нити (силовой элемент);
- 4 – оболочка из компаунда не распространяющего горение, низкодымного.



Методы прокладки ВОК

К основным методам прокладки ВОК относятся:

- **подвеска** – вдоль железных дорог на линиях электропитания;
- **укладка в грунт**;
- **горизонтально-направленное бурение** – преодоление водных преград;
- **укладка в трубопровод** – переход водных преград по мостам или укладка в кабельную канализацию;
- **прокладка внутри здания.**

Методы прокладки ВОК

Подвеска ВОК.



Методы прокладки ВОК



Подмотка волоконно-оптического кабеля к тросу грозозащиты



Натяжение кабеля анкерным зажимом



Спуск кабеля с опоры



Муфта в металлическом корпусе с креплением, не предусматривающим размещение технологического запаса кабеля на опоре

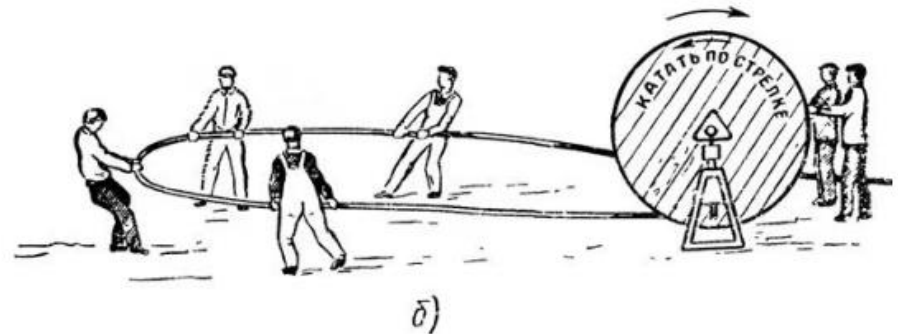
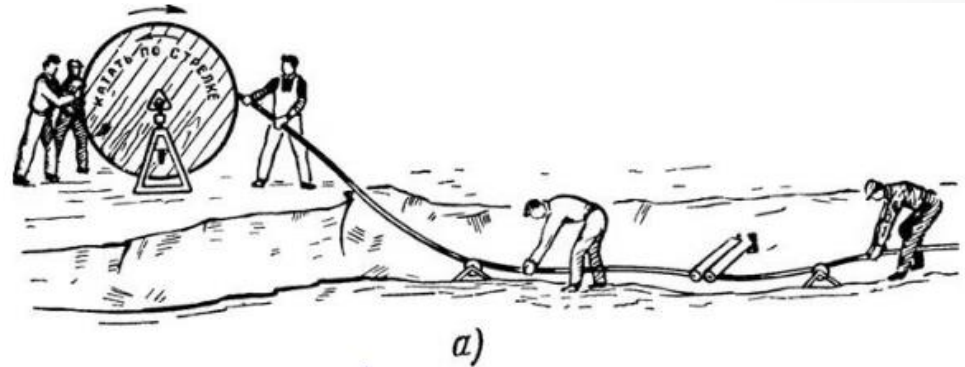


Муфта в пластиковом корпусе с креплением технологического запаса кабеля на опоре

Методы прокладки ВОК

Укладка ВОК в грунт:

- а) размотка кабеля с барабана и перемещение кабеля по роликам;
- б) размотка кабеля снизу барабана петлей, занесенной через барабан.



Методы прокладки ВОК

Бестраншейная укладка ВОК в грунт.



Методы прокладки ВОК

Траншейная укладка ВОК в грунт.



Методы прокладки ВОК

Бестраншейная укладка кабеля:

1 – пассивный кабелеукладчик;

2 – пропорщик грунта;

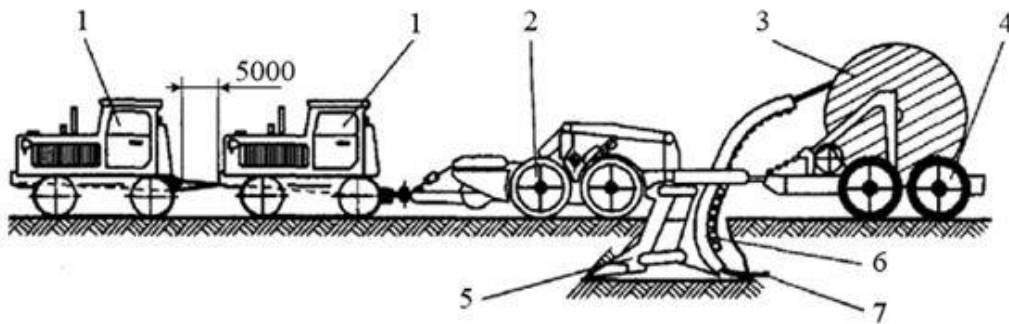
3 – кабельный барабан;

4 – транспортер кабельной продукции;

5 – нож;

6 – кассета для проводов;

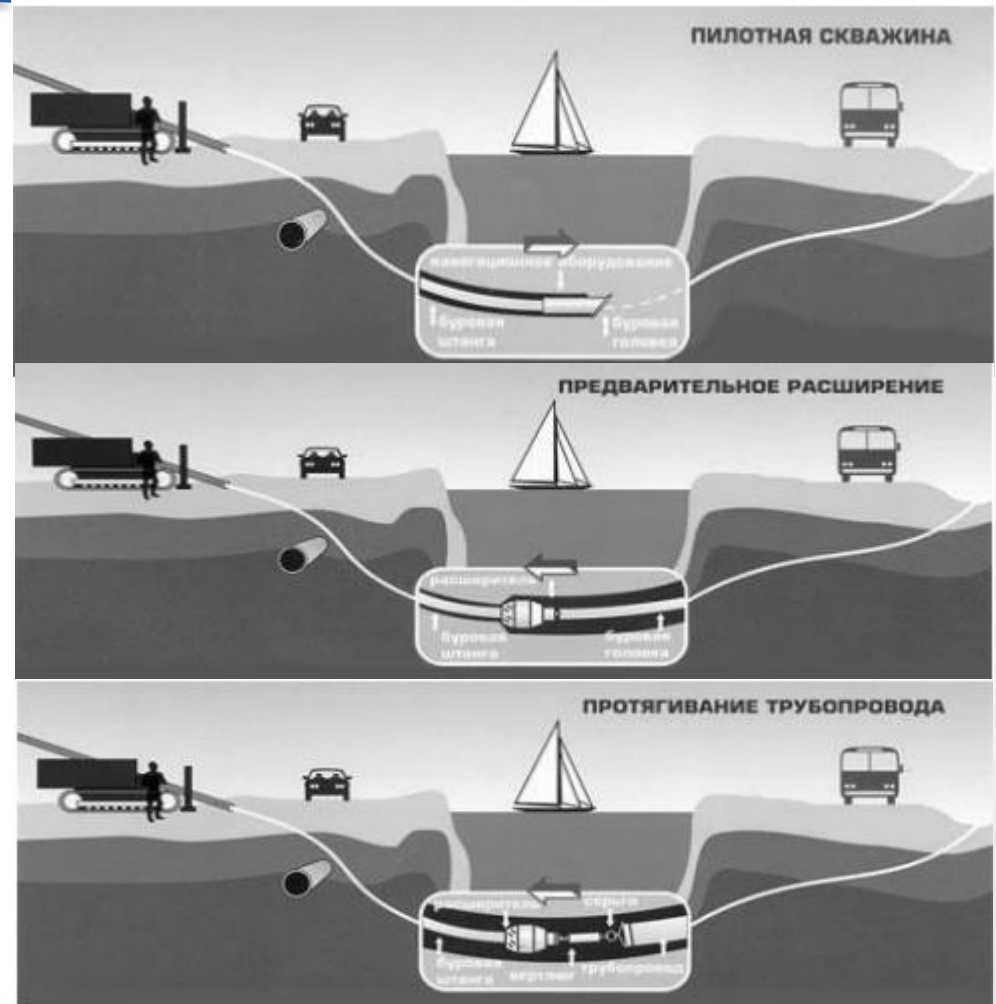
7 – волоконно-оптический кабель.



Методы прокладки ВОК

Горизонтально-направленное бурение:

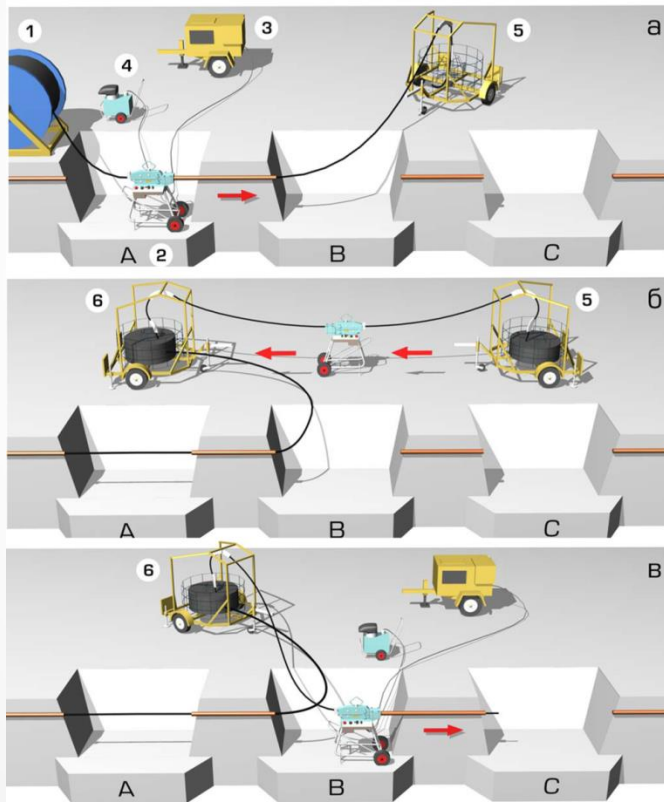
- бурение пилотной скважины;
- последовательное расширение скважины;
- протягивание трубопровода.



Методы прокладки ВОК

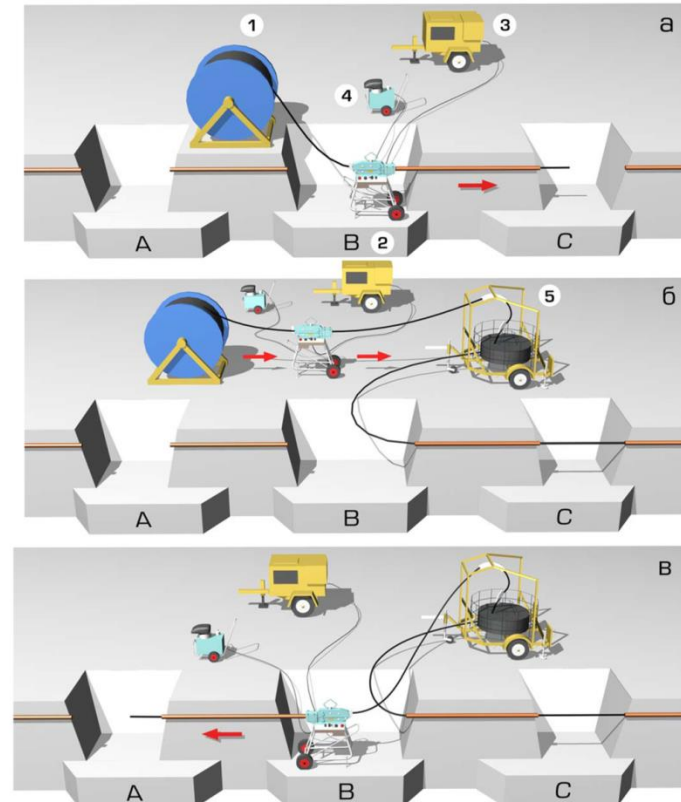
Укладка ВОК в трубопровод.

ПЕРВЫЙ СПОСОБ УКЛАДКИ КАБЕЛЯ



- 1 – барабан с кабелем;
- 2 – устройство для вдувания кабеля;
- 3 – компрессор;

ВТОРОЙ СПОСОБ УКЛАДКИ КАБЕЛЯ



- 4 – гидропривод;
- 5 – устройство для укладывания кабеля кольцами № 1;
- 6 – устройство для укладывания кабеля кольцами № 2

Методы прокладки ВОК

прокладка ВОК внутри здания.



Разъемные соединители

Оптический коннектор (соединитель) – это устройство, предназначенное для соединения различных компонентов волоконно-оптического линейного тракта в местах ввода и вывода излучения.

Назначение оптического коннектора (соединителя) – обеспечить прохождение света из одного элемента волоконно-оптической системы передачи в другой, внося при этом **минимальные оптические потери на стыке**.

Разъемные соединители

Основные требования, предъявляемые к разъемным соединителям:

- минимальные потери, вносимые в тракт распространения оптического сигнала;
- низкие обратные потери;
- долговременная стабильность (большое число циклов включения-отключения);
- простота изготовления и установки.

Разъемные соединители

Элементы разъемных соединений:

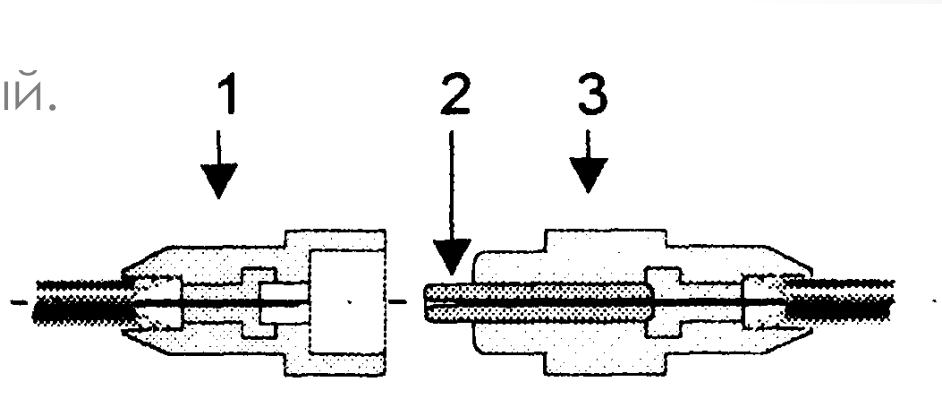
- **наконечник** – используется для фиксации волокон в разьеме;
- **соединительная гильза** – служит для совмещения наконечников, является частью адаптера;
- **антивращательный механизм** – предотвращает вращение наконечников, не допуская разрушения волокна;
- **пружинный механизм** – обеспечивает необходимое усилие сжатия наконечников;
- **система гашения натяжения** – передает усилие натяжения кабеля на несущую конструкцию разъема;
- **адаптер** (для соединения двух волокон используется гильза, входящая в состав адаптера).

Разъемные соединители

При **несимметричной конструкции** для организации соединения требуется два элемента: соединитель гнездовой и соединитель штекерный.

Конструкция **несимметричных коннекторов**:

- 1 – соединитель гнездовой;
- 2 – наконечник-капилляр;
- 3 – соединитель штекерный.



Разъемные соединители

Конструкция **симметричных коннекторов**:

4 – кевларовые нити;

5 – эпоксидный наполнитель;

6 – соединитель;

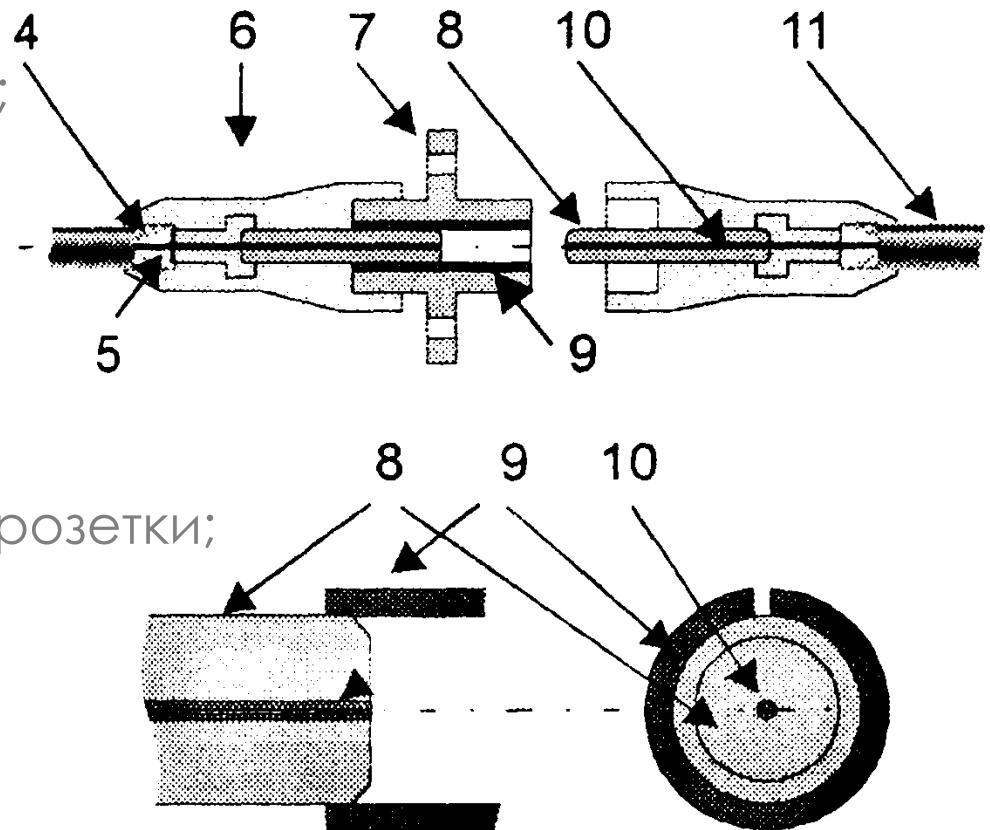
7 – переходная соединительная розетка (адаптер);

8 – оптический наконечник;

9 – центрирующий элемент розетки;

10 – оптическое волокно;

11 – кабель.



Потери в соединителях

Наиболее важными параметрами оптических разъемов являются:

- вносимые потери;
- возвратные потери (потери на отражение).

Вносимые потери определяются:

$$\alpha = -10 \lg \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

где P_{in} – мощность оптического сигнала на входе соединителя;
 P_{out} – мощность оптического сигнала на выходе соединителя.

Обычно зависят от типа волокна, типов и качества соединителей и составляют от **0,3 до 0,5 дБ**.

Вносимые потери в соединителях

Факторы, влияющие на величину **внешних потерь**, условно разделяют на два вида:

1 **внешние** – потери из-за:

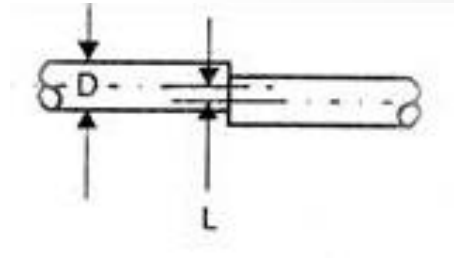
- осевого смещения одного волокна относительно другого;
- углового смещения осей соединяемых волокон в оптическом разъеме;
- зазора между торцами волокон;

2 **внутренние** – потери, вызванные:

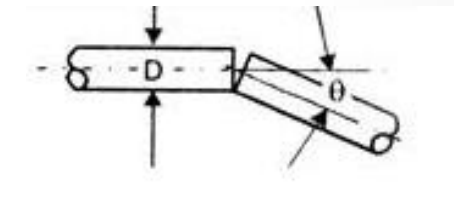
- неидеальностью соединяемых волокон;
- различием величины показателя преломления сердцевин волокон, а также профиля показателя преломления;
- различием апертур соединяемых волокон;
- различием диаметров модового поля стыкуемых волокон.

Внешние потери в соединителях

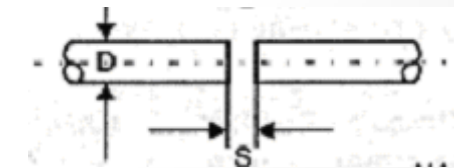
Осевое смещение оптических волокон:



Угловое смещение оптических волокон:



Зазор между торцами волокон:



Внешние потери в соединителях для SMF

Осевое смещение L одного волокна относительно другого рассчитывается по аналитической формуле:

$$\alpha_L = 4,34 \left(\frac{2L}{d_1 + d_2} \right)^2$$

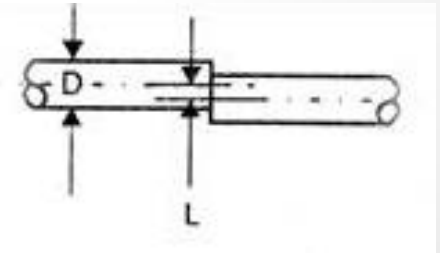
где d_1 – диаметр поля моды первого волокна;

d_2 – диаметр поля моды второго волокна;

L – величина осевого смещения;

λ – длина волны;

n – показатель преломления среды, заполняющей зазор.



Внешние потери в соединителях для SMF

Угловое смещение осей соединяемых волокон рассчитывается по аналитической формуле:

$$\alpha_{\Theta} = -10 \lg e^{-\left(\frac{\pi(d_1 + d_2)n\Theta}{2\lambda}\right)^2}$$

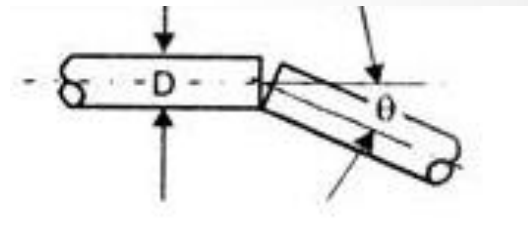
где d_1 – диаметр поля моды первого волокна;

d_2 – диаметр поля моды второго волокна;

Θ – угловое смещение осей волокон;

λ – длина волны;

n – показатель преломления среды, заполняющей зазор.



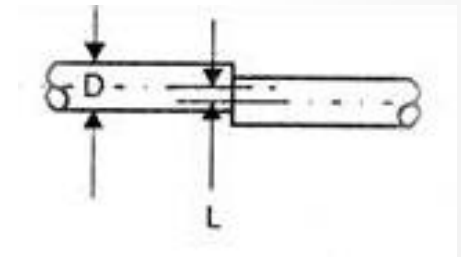
Внешние потери в соединителях для ММФ

Осевое смещение L одного волокна относительно другого рассчитывается по аналитической формуле:

$$\alpha_L = -10 \lg \left(1 - \frac{4L}{\pi D} \right)$$

где L – величина осевого смещения;

D – диаметр сердцевины волокна.

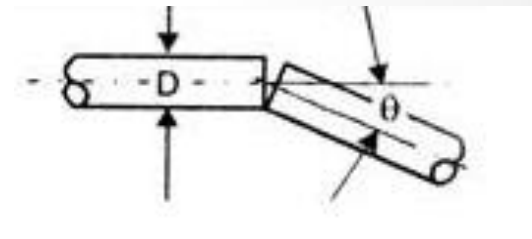


Внешние потери в соединителях для ММФ

Угловое смещение осей соединяемых волокон рассчитывается по аналитической формуле:

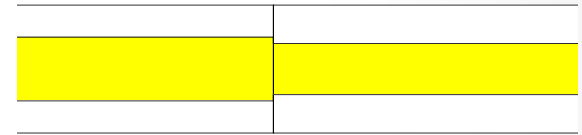
$$\alpha_{\Theta} = -10 \lg \left(1 - \frac{2\Theta}{\pi \arcsin NA} \right)$$

где Θ – угловое смещение осей волокон;
 NA – значение числовой апертуры
оптического волокна



Внутренние потери в соединителях

Потери, вызванные **неидеальностью соединяемых волокон (отличием диаметров их сердцевин и оболочек, различием их эллиптичности и концентричности)**, сказываются только тогда, когда диаметр сердцевины **«передающего»** волокна больше диаметра сердцевины **«принимающего»** волокна, и определяется:

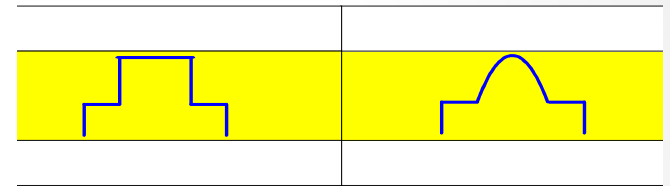


$$\alpha_1 = 10 \lg \left(\frac{D_1}{D_2} \right)$$

где D_1 – диаметр сердцевины «передающего» волокна;
 D_2 – диаметр сердцевины «принимающего» волокна.

Внутренние потери в соединителях

Потери, вызванные **различием величины показателя преломления сердцевин волокон**, а также **профиля показателя преломления (ступенька, градиент)**, являются следствием **Френелевского отражения** и в случае стыковки волокон со ступенчатым профилем показателя преломления вычисляются:

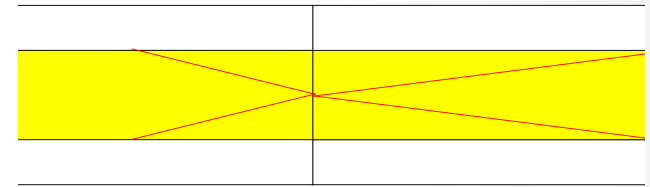


$$\alpha_2 = -10 \lg \left(1 - 2 \left(\frac{n_1 + n_2 - 2n}{n_1 + n_2 + 2n} \right)^2 \right)$$

где n_1 – показатель преломления первого волокна;
 n_2 – показатель преломления второго волокна.

Внутренние потери в соединителях

Потери, вызванные **различием апертур соединяемых волокон**, возникают в случае, когда апертура «**передающего**» волокна NA_1 больше апертуры «**принимающего**» волокна NA_2 , и определяется:

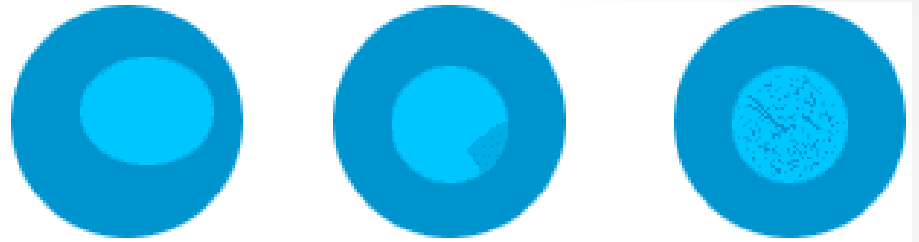


$$\alpha_3 = 10 \lg \left[\left(\frac{NA_1}{NA_2} \right)^2 \right]$$

При $NA_1 < NA_2$ апертурные потери не возникают.

Внутренние потери в соединителях

Потери, связанные с различием диаметров модового поля стыкуемых волокон, определяются:



$$\alpha_4 = -20 \lg \left[\left(\frac{2d_1 d_2}{d_1^2 + d_2^2} \right)^2 \right]$$

где d_1 – диаметр поля моды первого волокна;
 d_2 – диаметр поля моды второго волокна.

Возвратные потери в соединителях

Возвратные потери (коэффициент обратного отражения):

$$RL = -10 \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

где P_1 – мощность отраженного оптического сигнала;

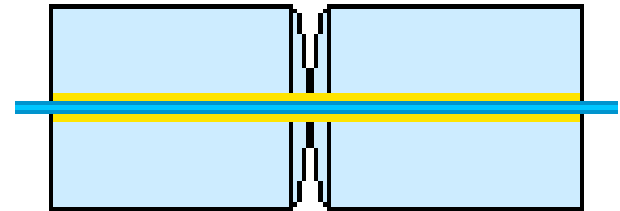
P_2 – мощность прямого оптического сигнала.

Лучшими характеристиками обладает разъем с **более высокими (по абсолютной величине), отрицательными возвратными потерями.**

Возвратные потери в соединителях

Основным фактором, определяющим эффект обратного отражения, является **Френелевское отражение** на границе раздела двух сред кварц-воздух.

Для уменьшения уровня возвратных потерь используют так называемую **сферическую полировку** оптических волокон.

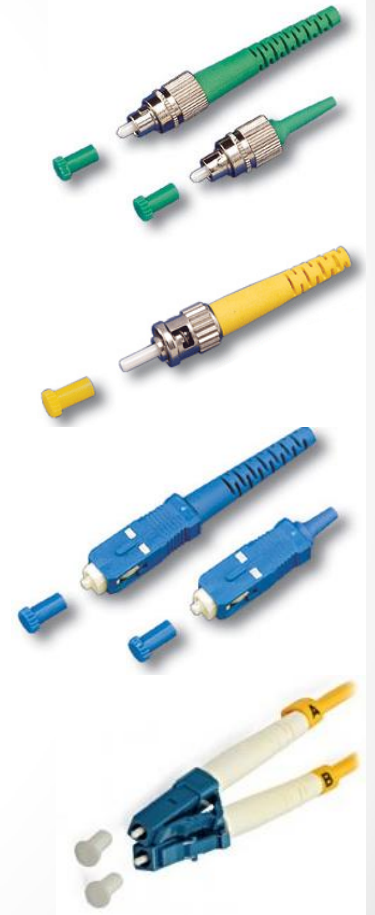


Уменьшение отражения в этом случае происходит за счет более качественного плотного контакта между торцами волокон, а также из-за того, что обратное отражение будет направлено в сторону от оси разъема.

Типы оптических разъемов

Основные типы оптических разъемов:

- **FC (Fiber Connector)**;
- **ST (Straight Tip connector, неофициальная расшифровка Stick and Twist – «Вставь и поверни»)**;
- **SC (Subscriber Connector, неофициальная расшифровка Stick and Click – «Вставь и защелкни»)**;
- **LC** – уменьшенный аналог SC (высокая плотность монтажа).



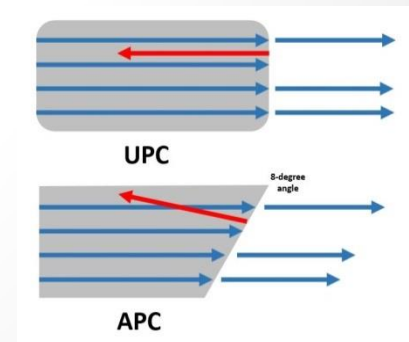
Типы оптических разъемов

Тип оптического разъема	Материал наконечника	Средние потери, дБ на $\lambda=1,3\text{мкм}$	
		ММ (62,5/125)	SM
FC	керамика	0,2	0,3
ST	керамика	0,25	0,3
SC	керамика	0,2	0,25
LC	керамика	0,2	0,25

Типы оптических разъемов

Типы полировки (шлифовки) оптоволоконных разъемов:

- **PC** (прародитель всех остальных видов полировки) – разъем, обработанный методом PC, представляет собой скругленный наконечник;
- **SPC** – улучшенный вариант PC, но шлифовка производится только машинным способом;
- **UPC** – почти плоский разъем, который производится с применением высокоточной обработки поверхности, по сравнению с PC и SPC дает отличные показатели отражательной способности и активно применяется в высокоскоростных оптических сетях;
- **APC** – разъем, в котором концы скошены под углом 8° , и отраженный сигнал практически сразу покидает волокно.



Типы оптических разъемов

MultiMode (MM) – коннектор для многомодового волокна.

SingleMode (SM) – коннектор для одномодового волокна.

Duplex – два разъема в одном корпусе, для более плотного расположения.

Simplex – один коннектор.



Оптические муфты

Оптическая муфта – устройство, предназначенное для соединения (разветвление) строительных длин оптических кабелей и их защиты от механических воздействий.

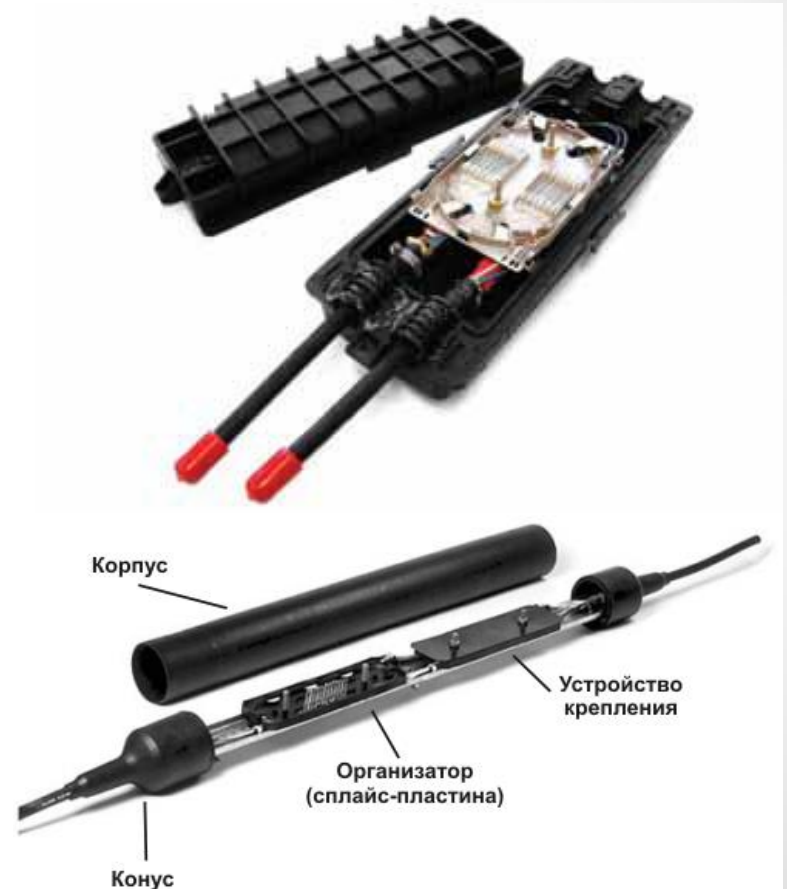
По **типу сращивания** различают муфты:

- **холодные** – соединение посредством болтов и различных хомутов;
- **горячие** – оптическую муфту нагревают, из-за чего ее материал расширяется и кабели вставляются в соединительное устройство (такое соединение используется при размещении муфт в грунте или затапливаемой канализации).

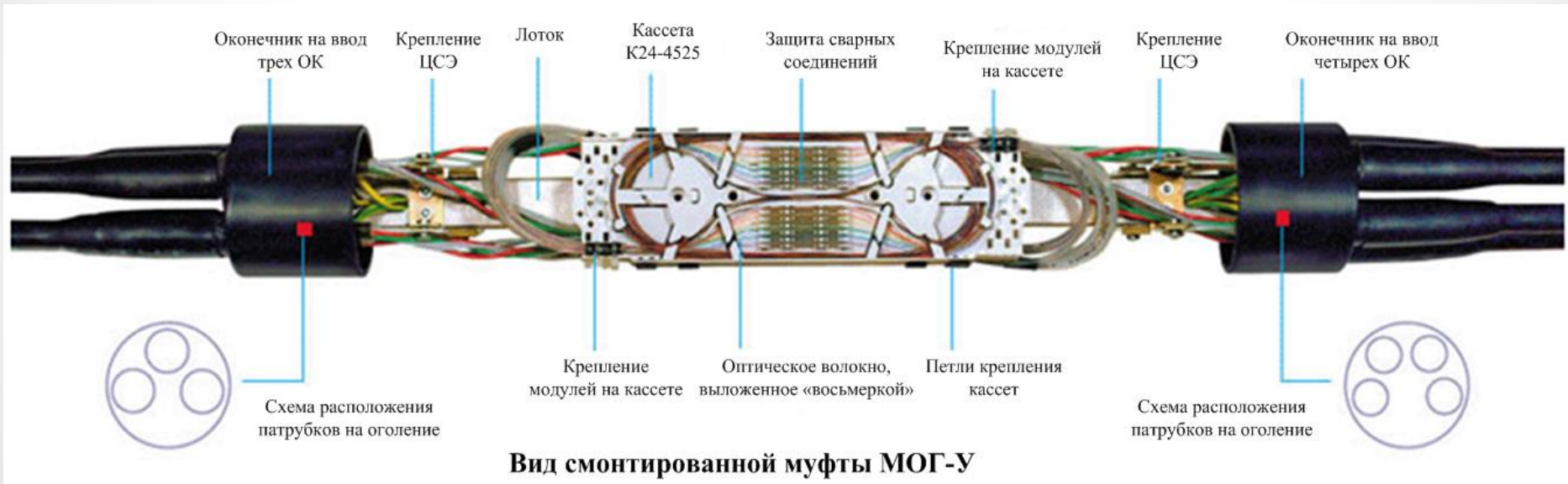
Оптические муфты

По типу соединения различают муфты:

- **тупиковые**, наиболее распространенные, так как благодаря им возможно ввести более трех кабелей (кабель вводят со стороны основания и закрывают внешним кожухом);
- **проходные**, используются, когда кабели вводятся симметрично с разных (противоположных друг другу) сторон.



Оптические муфты



Оптические муфты



Внешний вид муфты типа МТОК

Оптические муфты



Муфты оптические внутриобъектовые



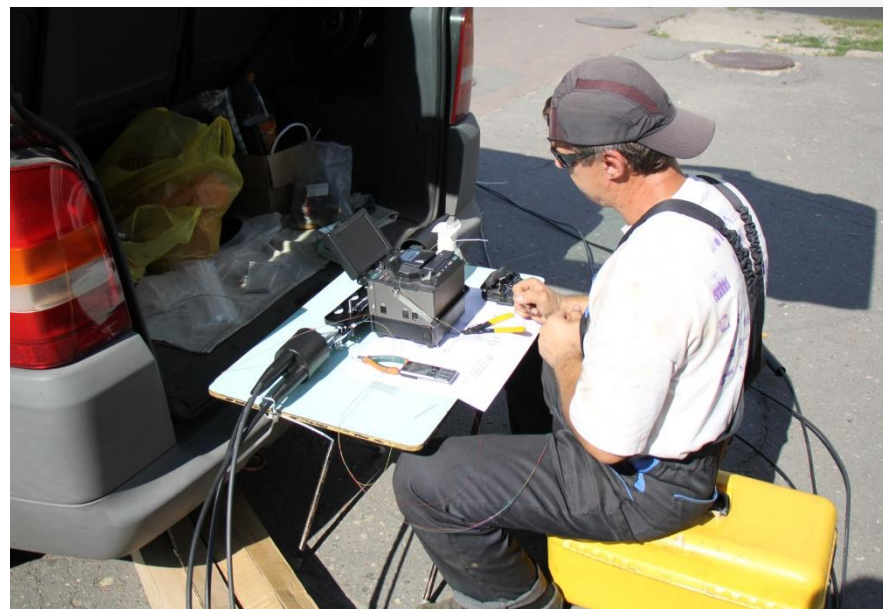
Муфты оптические Tuco Electronics

Неразъемные соединения ОВ

Неразъемные соединители используются в местах **постоянного монтажа** кабельных систем.

Основным методом монтажа, обеспечивающим неразъемное соединение, является **сварка**.

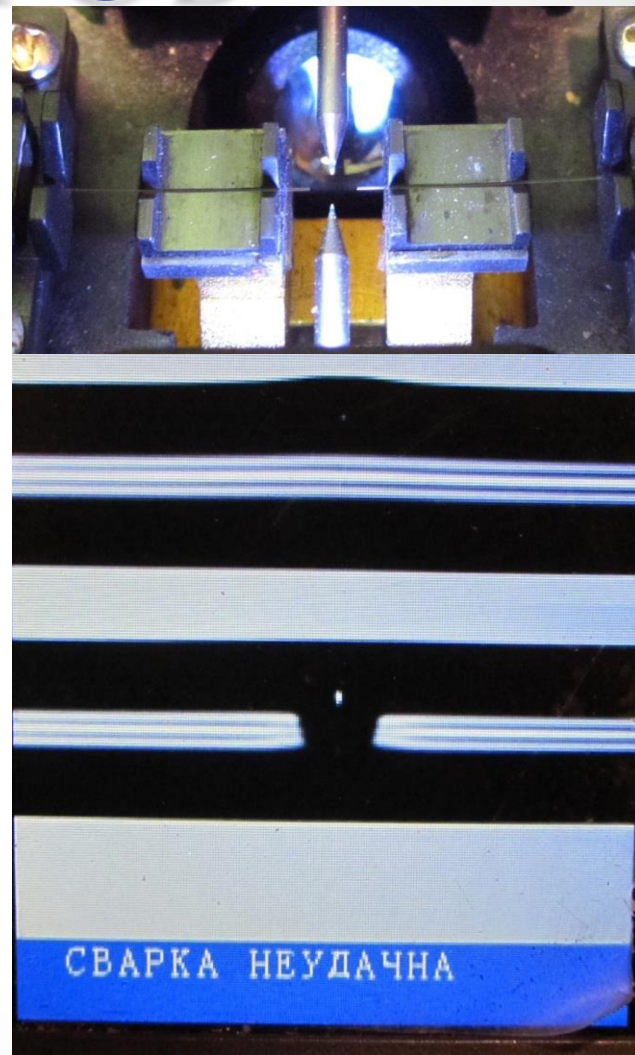
Для сварных соединений типичный диапазон достигаемых вносимых потерь составляет **0,02 – 0,1 дБ**.



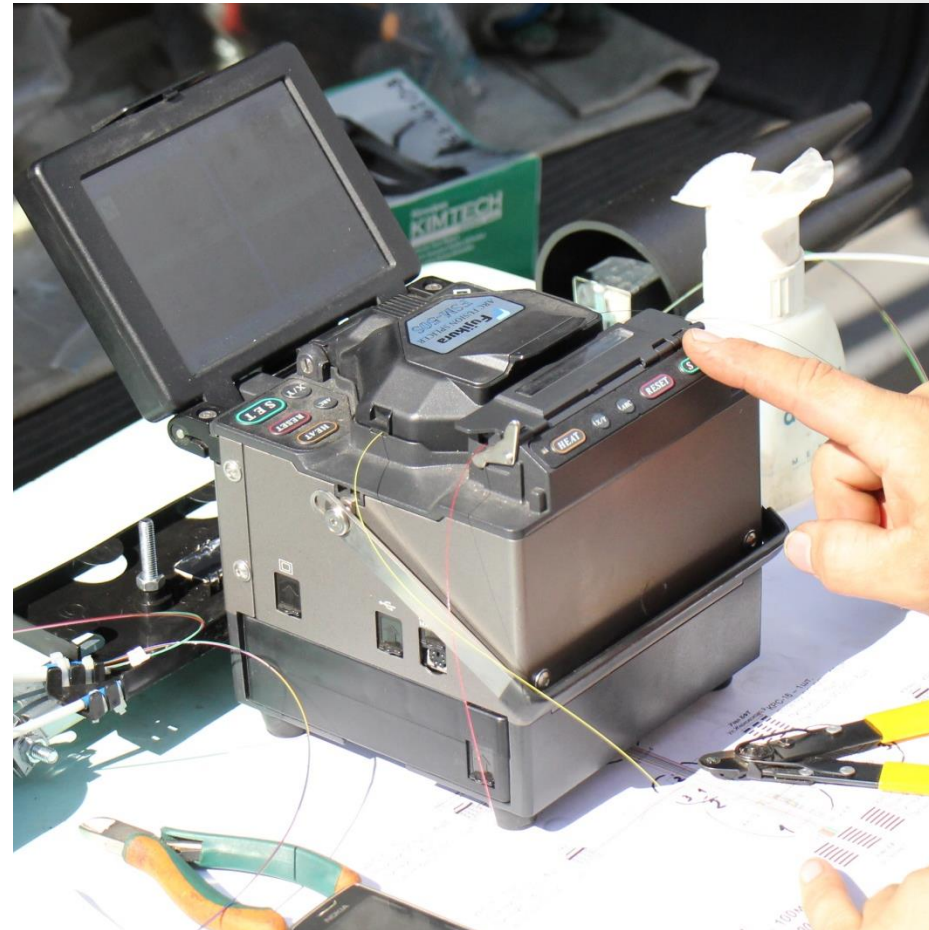
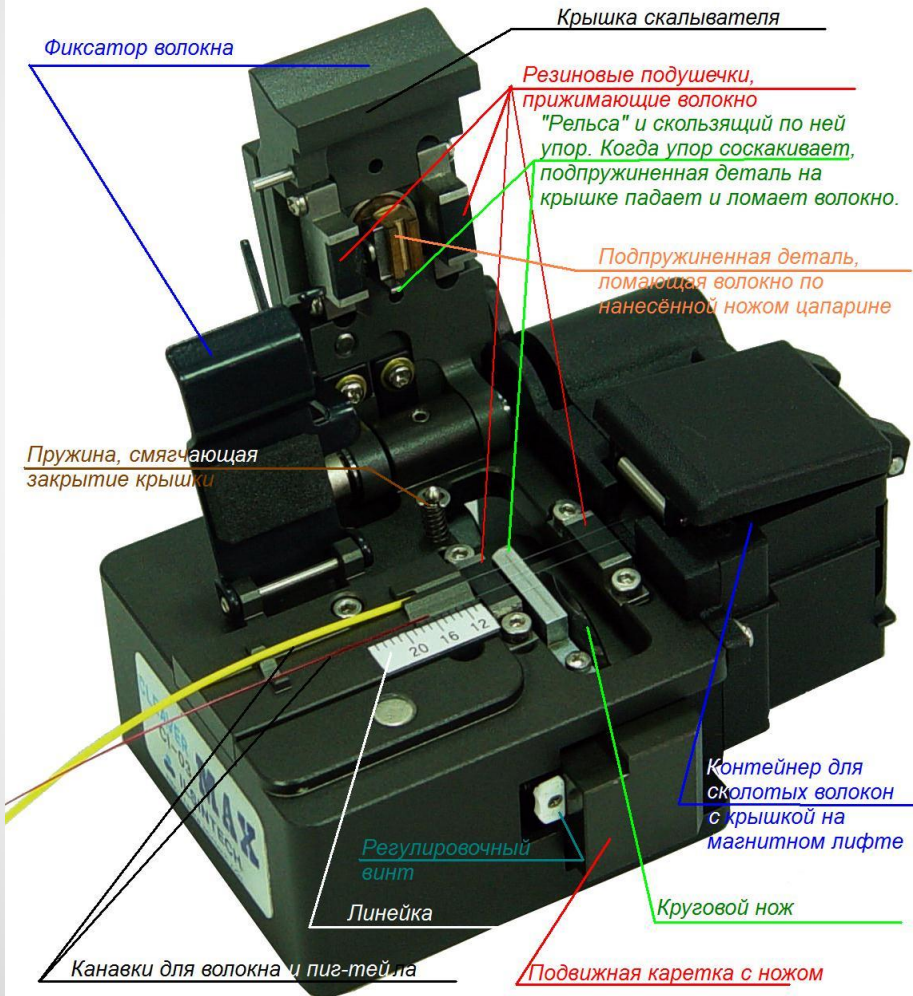
Неразъемные соединения ОВ

Этапы сварки оптических волокон:

- **ПОДГОТОВКА ВОЛОКОН** – удаление оболочки, удаление загрязнения с очищенных поверхностей и скола очищенных волокон;
- непосредственно **процесс сварки**;
- **оценка качества сварного соединения**;
- **защита оголенного участка волокна** от механического давления и влияния окружающей среды посредством герметичной оболочки – **термоусадочной гильзы**.



Неразъемные соединения ВО



Оптические разветвители

Оптический разветвитель (сплиттер) – это пассивный оптический многополюсник, распределяющий поток оптического излучения в одном направлении и объединяющий несколько потоков в обратном направлении.

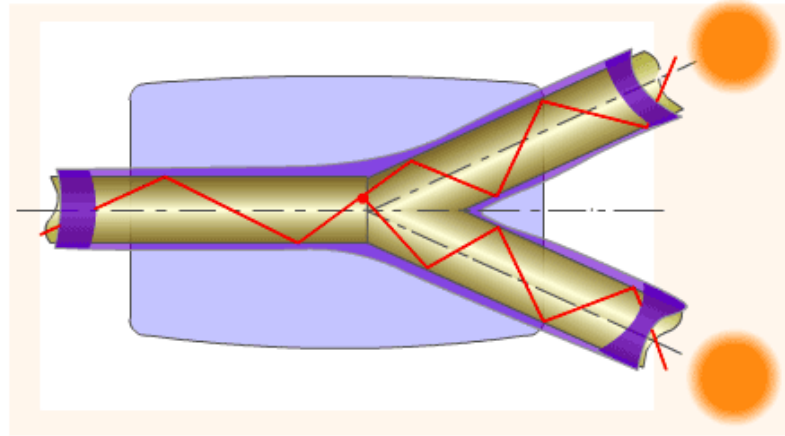
В общем случае у разветвителя может быть **M входных** и **N выходных портов**.

По технологии производства разветвители бывают:

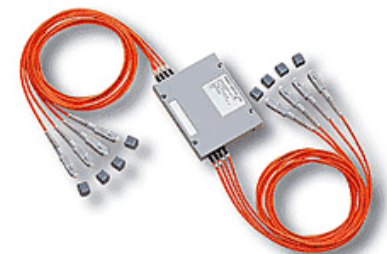
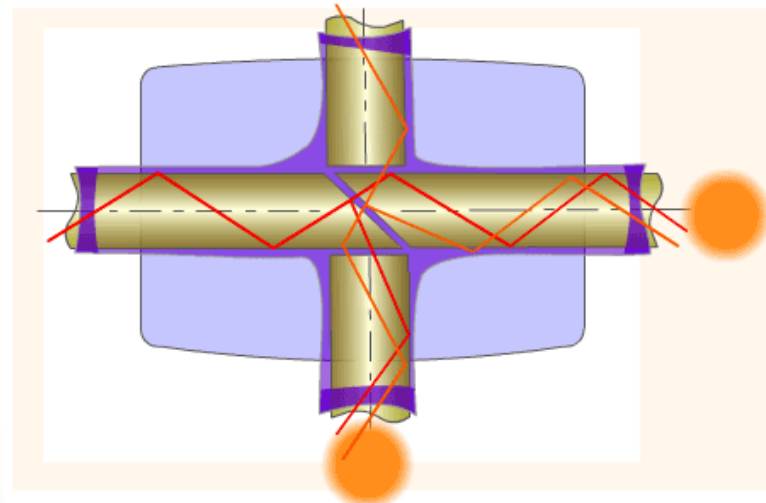
- **сплавные** – производятся путем скрутки нескольких волокон и их последующего сплавления;
- **планарные** – производятся путем специальной обработки оптопроводящей подложки.

Оптические разветвители

Древовидный
разветвитель:



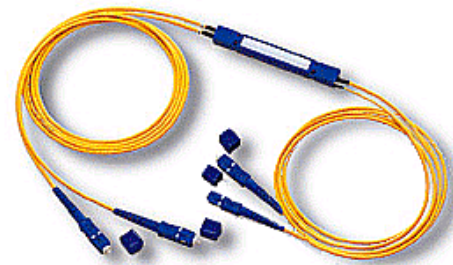
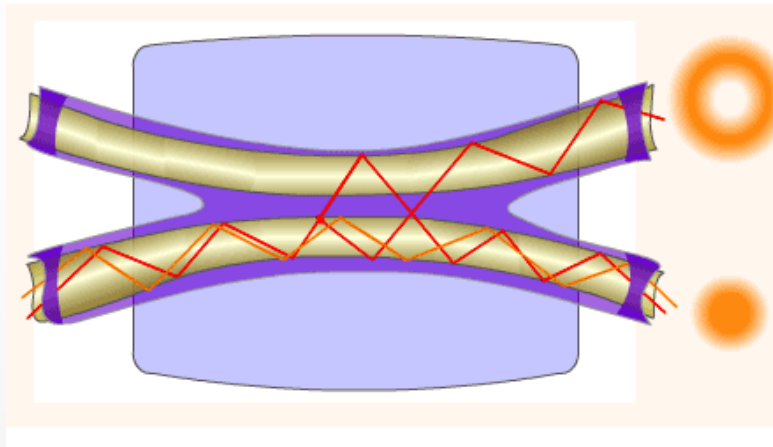
Звездообразный
разветвитель:



Оптические разветвители

Сплавные разветвители.

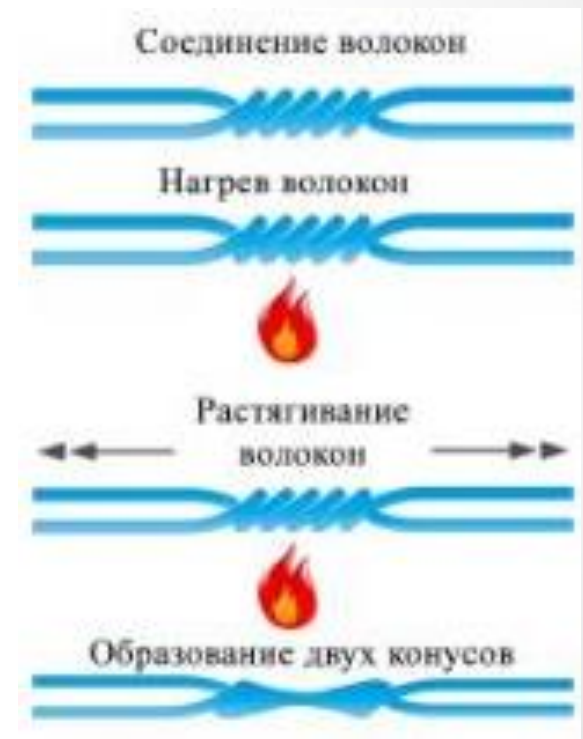
В них используется эффект туннелирования: перетекания части оптической мощности из одного световода в другой через боковую поверхность при их плотном соприкосновении на некотором участке взаимосвязи.



Оптические разветвители

Технология создания сплавных разветвителей состоит из следующих этапов:

- снятие защитного буфера, очистка и шлифовка оптических волокон;
- обеспечение контакта боковых поверхностей световодов и фиксация оптических волокон в специальном устройстве, который будет вытягивать волокна;
- нагрев и одновременное вытягивание световодов с подачей оптической мощности на вход разветвителя и контролем оптической мощности на выходах.



Оптические разветвители

Особенности сплавных разветвителей:

- узкий спектр длин волн;
- неравномерный коэффициент деления сигнала;
- высокая точность деления;
- низкие дополнительные потери на устройстве.

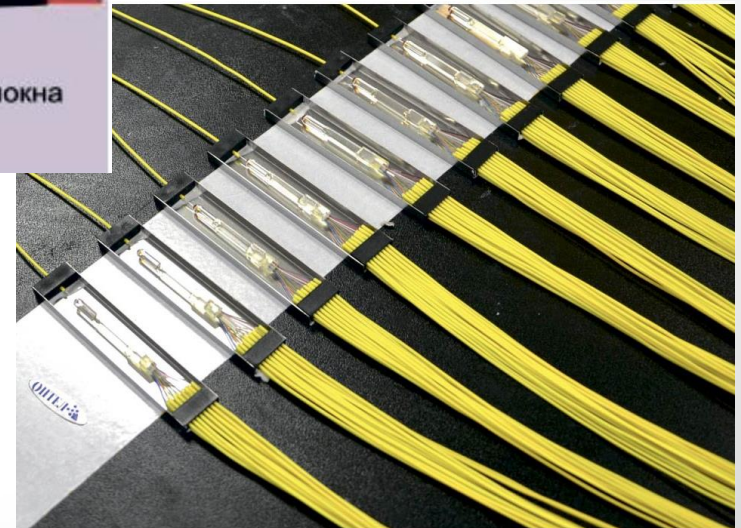
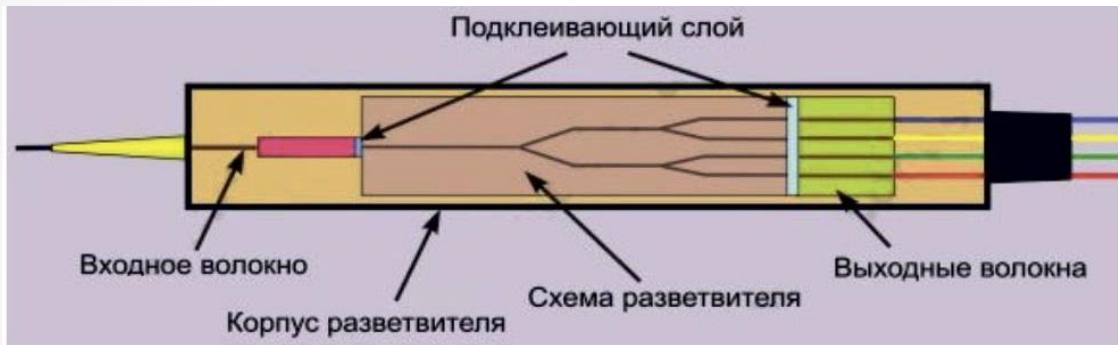
Области применения сплавных разветвителей:

- пассивные оптические сети (PON);
- системы телеметрии;
- мониторинг состояния каналов.

Оптические разветвители

Планарные разветвители.

Оптические волноводы размещаются на подложке и имеют отличный от нее коэффициент преломления. Планарные разветвители компактнее сплавных.



Оптические разветвители

Особенности планарных разветвителей:

- широкий спектр рабочих длин волн;
- равномерный коэффициент деления сигнала;
- высокая точность деления;
- низкие дополнительные потери на устройстве.

Области применения планарных разветвителей:

- пассивные оптические сети (PON);
- мониторинг в системах спектрального уплотнения;
- системы телеметрии.

Оптические переключатели

Оптические переключатели осуществляют **механическую** (без оптоэлектронного и обратного преобразования) коммутацию одного или нескольких оптических сигналов, переходящих из одних волокон в другие.

При этом управление процессом переключения может быть:

- **ручное** – при помощи тумблера;
- **электрическое** – при помощи электрического потенциала.

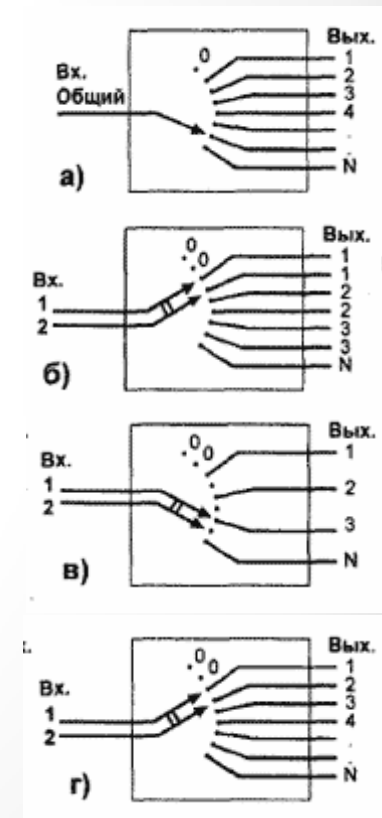


Основная область применения – в составе оборудования для тестирования и мониторинга ВОЛС, а также в составе системы, обеспечивающей повышенную надежность.

Оптические переключатели

Различают несколько типов оптических переключателей:

- **Переключатель $1 \times N$** – имеет один вход, сигнал из которого перенаправляется в один из N выходов;
- **Дуплексный переключатель $2 \times N$** – имеет два входа, сигналы из которых могут перенаправляются в выходы с шагом 2;
- **Блокирующий переключатель $2 \times N$** – имеет два входа, но только один сигнал из двух входных можно передать на выход;
- **Неблокирующий переключатель $2 \times N$** – имеет два входа, сигналы из которых могут перенаправляются в выходы с шагом 1.



Оптические переключатели

Характеристики оптических переключателей.

Характеристики	1×2 MM Switch	2×2 SM Switch	FDDI Dual Bypass Switch
Тип волокна	МНОГОМОДОВОЕ	ОДНОМОДОВОЕ	МНОГОМОДОВОЕ
Вносимые потери, дБ	0,5	0,6	0,5
Обратное отражение, дБ	—	< -50	—
Время срабатывания, мс	< 50	< 50	< 25
Наработка на отказ, число циклов	> 10 000 000	> 10 000 000	> 10 000 000
Переходные помехи, дБ	< -80	< -80	< -80

Оптические аттенюаторы

Аттенюатор – пассивный элемент, осуществляющий управляемое ослабление сигнала в волоконно-оптической линии связи.

Оптические аттенюаторы бывают:

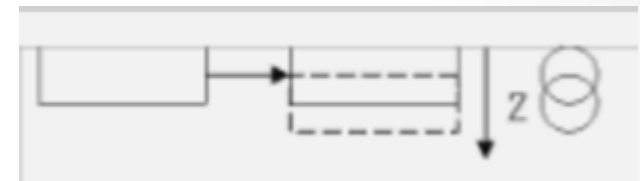
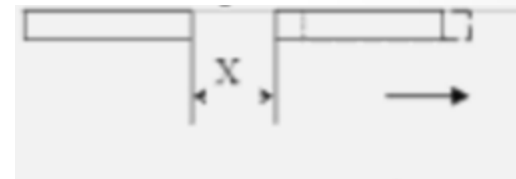
- регулируемые (переменные) ;
- фиксированные (постоянные).



Оптические аттенюаторы

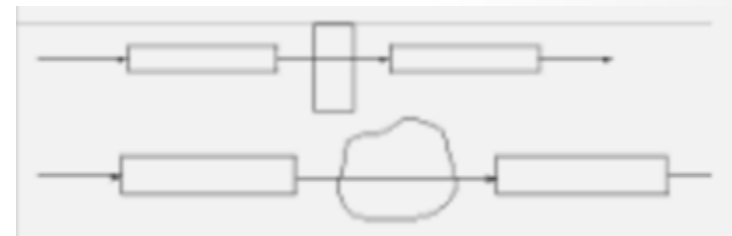
Механические аттенюаторы по способу введения затухания можно разделить на **три типа**:

1) устройства, оптические потери которых обусловлены изменением взаимного положения излучающих торцов передающих и приемных торцов отводящих волокон;



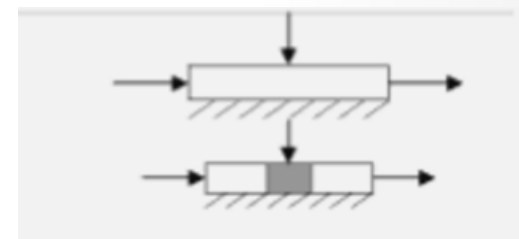
Оптические аттенюаторы

2) устройства, оптические потери в которых создаются в результате введения между излучающими торцами подводящих ОВ и приемными торцами отводящих ОВ дополнительных элементов с переменным профилем конструкции, переменным коэффициентом поглощения или переменным коэффициентом отражения;



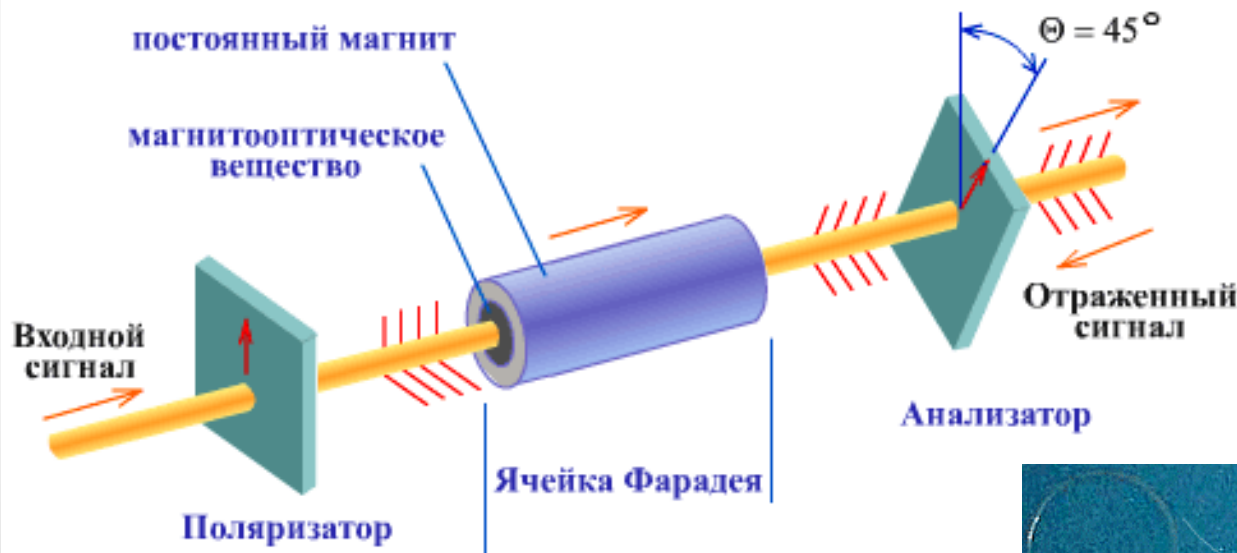
Оптические аттенюаторы

3) устройства, в которых оптические потери вносятся без разрыва ОВ за счет изменения их геометрии или внутренних упругих деформаций и напряжений или структурных изменений ОВ или окружающей среды (локальные изменения показателя преломления или рельефа поверхности материала, изменение способности среды рассеивать свет).



Оптические изоляторы

Оптический изолятор – оптическое устройство, не обладающее свойством взаимности, предназначенное для подавления обратного отражения в ВОЛС и имеющее минимальные вносимые потери в прямом направлении.

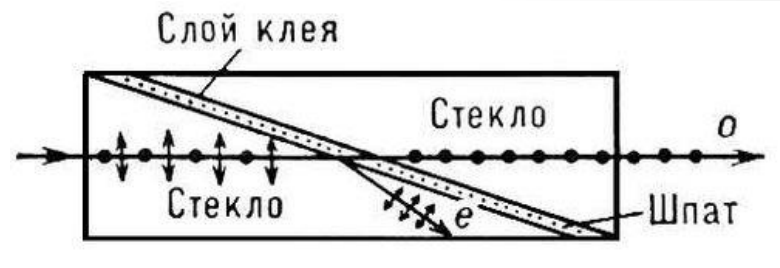


Оптические поляризаторы

Поляризатор – устройство, предназначенное для получения полностью или частично поляризованного оптического излучения из излучения с произвольным состоянием поляризации.

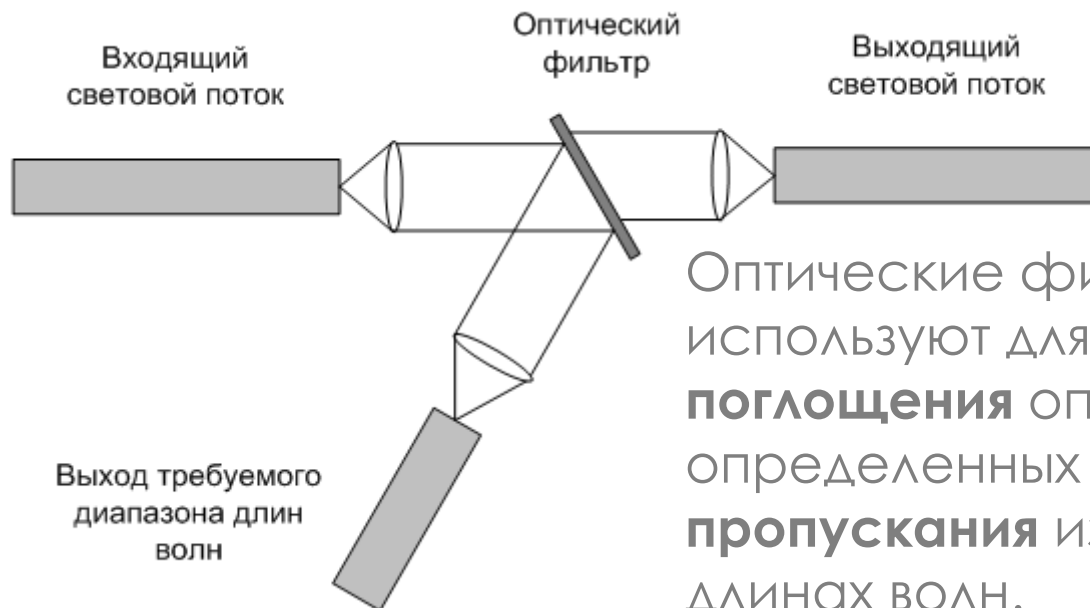
В соответствии с типом поляризации, получаемой с помощью поляризаторов, они делятся на:

- **линейные** – позволяют получать плоскополяризованный свет;
- **круговые** – позволяют получить свет, поляризованный по кругу (представляют собой совокупность линейного поляризатора и оптического компенсатора).



Оптические фильтры

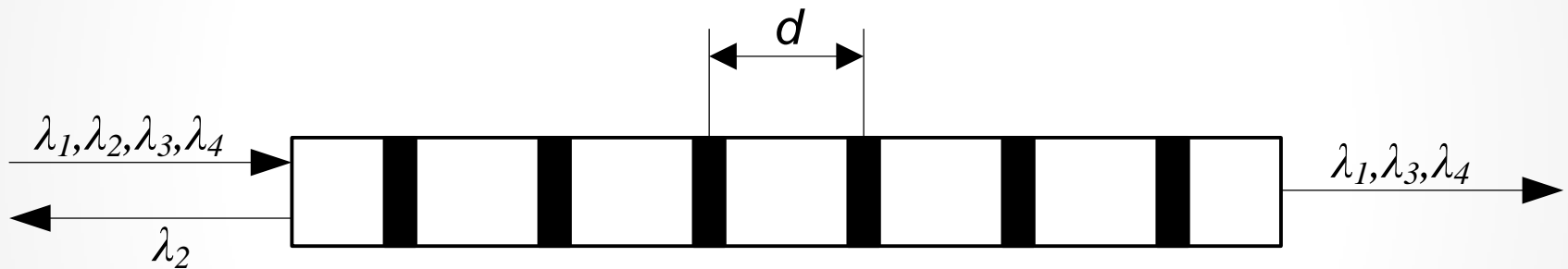
Оптический фильтр – пассивный элемент, используемый для модификации проходящего через него оптического излучения, как правило, за счет изменения спектрального распределения мощности.



Оптические фильтры обычно используют для **отсечения** или **поглощения** оптического излучения в определенных областях длин волн и **пропускания** излучения на других длинах волн.

Оптические фильтры

Фильтры на брэгговских дифракционных решетках – это последовательность полупрозрачных параллельных пластин, которые разнесены на расстояние d друг от друга.

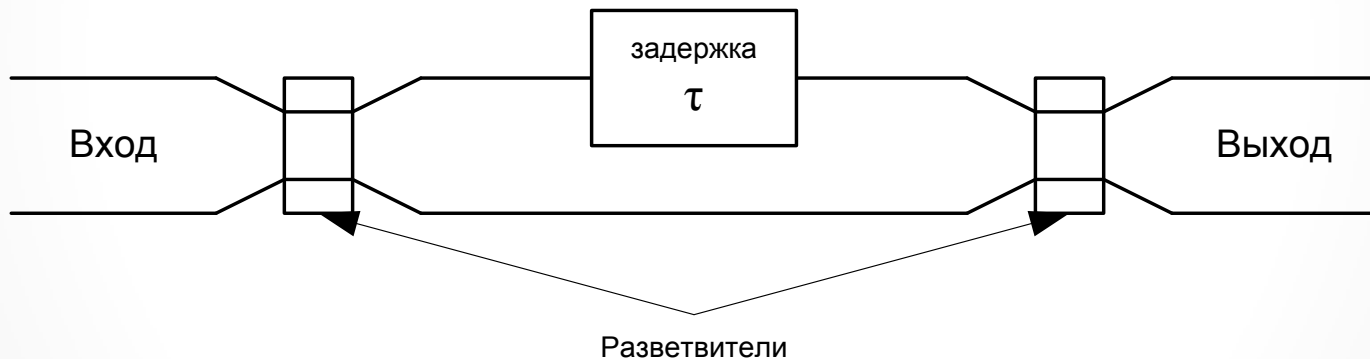


Световой поток \mathbf{E} , проходя через очередное зеркало, частично отражается в обратном направлении, частично проходит далее.

В зависимости от расстояния d будет наблюдаться отражение одной или нескольких длин волн.

Оптические фильтры

Фильтр Маха-Цендера можно получить путем соединения двух выходных портов одного разветвителя (расщепляет оптический сигнал на два равных потока) с двумя входным портам другого разветвителя (объединяет оптические потоки).



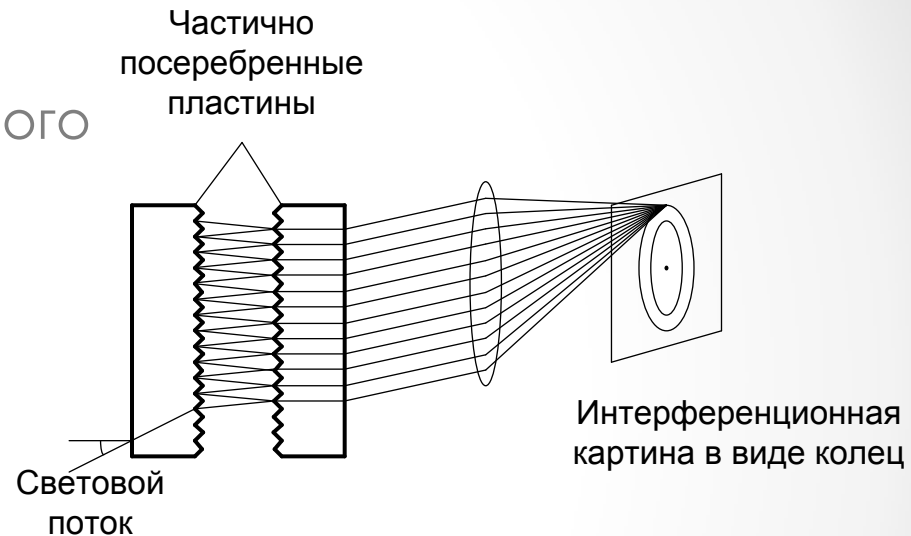
Каждый из потоков приобретает различные фазы вследствие наличия задержки в одной из ветвей.

Оптические фильтры

Фильтр Фабри-Перо является устройством интерференционного типа, основанным на многократном отражении светового потока от двух поверхностей тонких пластин.

Часть света проходит, а часть отражается каждый раз, когда свет достигает второй поверхности, образуя в результате много смещенных лучей, которые могут интерферировать друг с другом.

Большое количество интерферирующих лучей создает интерферометр с исключительно высоким разрешением.

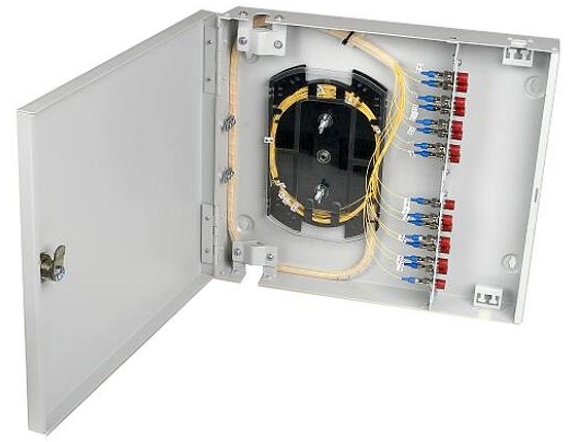


Оптические кроссы

Оптический кросс представляет собой устройство, которое предназначено для оконечивания оптического кабеля и подключения к нему активного оборудования.

Оптические кроссы изготавливаются двух видов:

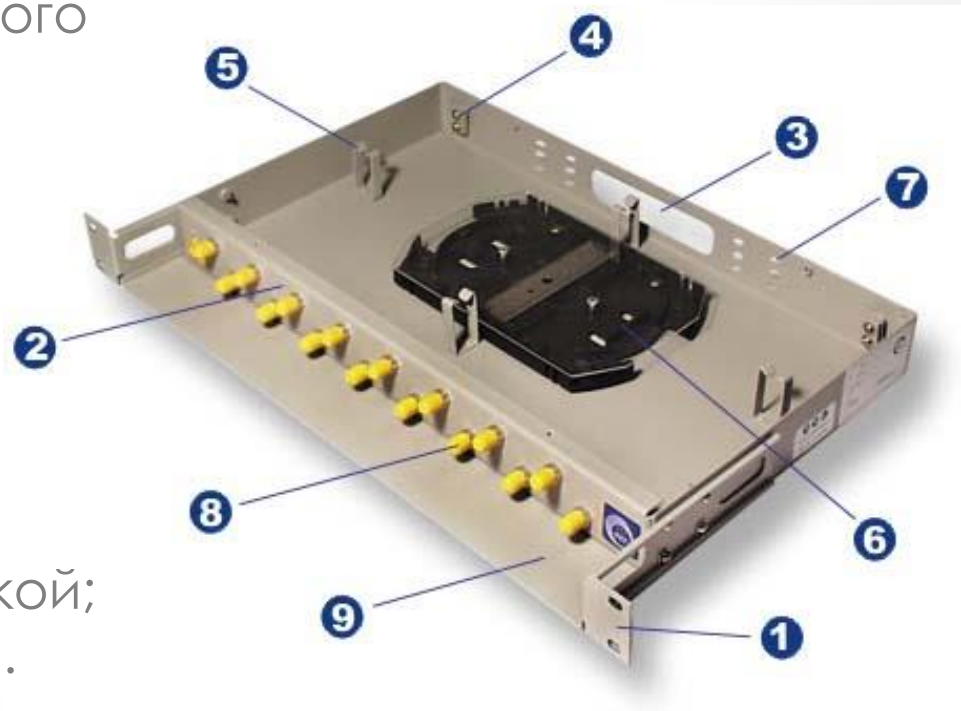
- **рэковые** (для установки в коммутационные шкафы и телекоммуникационные стойки);
- **настенные**.



Оптические кроссы

Состав рэкового оптического кросса:

- 1 – сменные кронштейны для крепления в стойке;
- 2 – сменная патч-панель для крепления оптических адаптеров;
- 3 – отверстия для ввода оптических кабелей;
- 4 – узел крепления центрального силового элемента кабеля;
- 5 – органайзеры для укладки модулей кабеля и Pig-Tail;
- 6 – сплайс-пластина с прозрачной крышкой;
- 7 – места крепления оптических кабелей;
- 8 – оптический адаптер (розетка) с защитной заглушкой;
- 9 – корпус кроссового шкафа.



Оптические кроссы

Состав настенного оптического кросса:

- 1 – узел крепления центрального силового элемента кабеля;
- 2 – узел крепления оптических кабелей;
- 3 – патч-панель для крепления оптических розеток;
- 4 – сплайс-пластина с прозрачной крышкой;
- 5 – узлы вывода оптических шнуров, идущих к аппаратуре;
- 6 – оптический адаптер (розетка) с защитной заглушкой;
- 7 – органайзеры для укладки модулей кабеля и Pig-Tail;
- 8 – кроссировочная таблица;
- 9 – корпус кроссового шкафа.

