

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

А.С. Перин

**Проектирование, строительство и эксплуатация
волоконно-оптических линий связи: лабораторный практикум**

Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Оптические
системы и сети связи»

Томск
2021

УДК 621.391.1.519.8(075.8)

ББК 32.88-01я73

П 274

Рецензент:

Хатьков Н.Д., доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники,
канд. техн. наук

Перин, Антон Сергеевич

П 274 Проектирование, строительство и эксплуатация волоконно-оптических линий связи: лабораторный практикум: учеб. метод. пособие / А.С. Перин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2021. – 34 с.

Данное учебно-методическое пособие является частью учебно-методического комплекса и предназначено для подготовки и проведения лабораторных работ по дисциплине «Проектирование, строительство и эксплуатация волоконно-оптических линий связи». В пособии содержится необходимый теоретический материал, методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, а также варианты заданий для самостоятельного выполнения. Пособие содержит описание четырех лабораторных работ.

Предназначено для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", профиль «Оптические системы и сети связи».

Одобрено на заседании каф. сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники,
протокол № 8 от 27.05.2021

УДК 621.391.1.519.8(075.8)

ББК 32.88-01я73

© Перин А.С., 2021

© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2021

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ИЗМЕРЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА МЕТОДОМ ВНОСИМЫХ ПОТЕРЬ	5
1.1 Введение.....	5
1.2 Описание лабораторного макета	6
1.3 Порядок выполнения работы	7
1.4 Содержание отчета.....	8
1.5 Контрольные вопросы	8
2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 КОНТРОЛЬ ПОТЕРЬ НА РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ	9
2.1 Введение.....	9
2.2 Описание лабораторного макета	10
2.3 Порядок выполнения работы	12
2.4 Содержание отчета.....	13
2.5 Контрольные вопросы	13
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 СВАРКА ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН	14
3.1 Введение.....	14
3.2 Описание лабораторного оборудования	16
3.3 Порядок выполнения работы	19
3.4 Содержание отчета.....	22
3.5 Контрольные вопросы	22
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 МОНТАЖ ОПТИЧЕСКОЙ МУФТЫ	23
4.1 Введение.....	23
4.2 Руководство по монтажу муфты серии <i>SNR-FOSC-X</i>	25
4.3 Порядок выполнения работы	27
4.4 Содержание отчета.....	32
4.5 Контрольные вопросы	32
Список рекомендуемой литературы.....	33
Приложение А (справочное) Статистическая обработка результатов измерения.....	34

Предисловие

Дисциплина «Проектирование, строительство и эксплуатация волоконно-оптических линий связи» изучается студентами направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» профиля подготовки «Оптические системы и сети связи» в 6 семестре и входит в модуль направленности (профиля) подготовки.

Данное учебно-методическое пособие является частью учебно-методического комплекса и предназначено для подготовки и проведения лабораторных работ. В пособии содержатся необходимый теоретический материал, методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, описание экспериментальных установок, описание методик проведения измерений, лабораторное задание, контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

Пособие содержит описание четырёх лабораторных работ. Первая работа посвящена освоению методики измерения затухания оптических волокон методом вносимых потерь. Во второй работе исследуются различные типы соединительных и переходных розеток для одномодового оптического волокна (ОВ), а также осуществляется контроль потерь на разъёмных соединениях волоконно-оптической линии связи (ВОЛС). В третьей работе представлены материалы и задания, которые позволят студентам освоить навыки сварки ОВ с использованием автоматического сварочного аппарата. Четвёртая лабораторная работа посвящена отработке практических навыков при монтаже оптической муфты.

Лабораторные работы выполняются на лабораторных стендах. Каждый стенд состоит из лабораторной установки и дополнительного оборудования. Дополнительное оборудование включает модовый скремблер (смеситель мод), измеритель оптической мощности «Топаз 7210А», оптический тестер-рефлектометр «Топаз-7315-AR», оптический тестер «Топаз-7315-AL», оптическую муфту серии SNR-FOSC X, автоматический сварочный аппарат FiberFox Mini-4S, специализированный набор инструментов FIS F10053.

Учебно-методическое пособие может быть рекомендовано для заочной формы обучения, при которой основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа студента с рекомендованной литературой, а также с материалом настоящего пособия. При этом в качестве заданий на лабораторные работы могут быть использованы приведенные в пособии методические рекомендации.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Оптические системы и сети связи».

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Измерение затухания оптического волокна методом вносимых потерь

1.1 Введение

Цель работы: освоение методики измерения затухания оптических волокон методом вносимых потерь.

В процессе производства оптического кабеля (ОК), строительства и эксплуатации волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) интерес представляет полное затухание ОК, которое обуславливается следующими причинами:

- затухание, обусловленное поглощением и рассеянием в оптическом волокне (ОВ);
- добавочное затухание, возникающее в процессе эксплуатации (возникающие микротрещины, макроизгибы и т.п.);
- затухания, обусловленные отражениями от входного торца ОВ, возникающие при вводе излучения в ОВ и на неоднородностях.

Измерение затухания оптических кабелей проводят методами обрыва и вносимых потерь. Допускается для измерения затухания использовать метод измерения распределения потерь по длине (метод обратного рассеяния). Затухание измеряют на фиксированной длине волны или во всей спектральной полосе пропускания кабеля, что должно быть указано в стандартах или технических условиях на конкретный оптический кабель.

Метод обрыва, рекомендуемый ITU-T G.651, EIA/TIA и ГОСТ 26814-86 «Кабели оптические» [1], является наиболее точным из используемых, но требует разрыва волокна. Его использование при инсталляции, техническом обслуживании и в полевых условиях нежелательно, поэтому такой метод применяется только при производстве ОВ. Метод основан на сравнении значений мощности оптического излучения, измеренной на выходе длинного волокна и на выходе короткого отрезка волокна, образованного отсечением части длины (около 2 м) со стороны источника. При измерении необходимо обеспечить постоянство мощности, вводимой в оптическое волокно измеряемого кабеля, и неизменность модового состава излучения.

В данной лабораторной работе измерение затухания оптических волокон будет проводиться **методом вносимых потерь**. В отличие от метода обрыва данный метод является неразрушающим методом контроля параметров оптического волокна. Благодаря этому, а также достаточно высокой точности метод вносимых потерь широко применяется в полевых условиях. Для измерения данным методом сначала измеряется оптическая мощность на выходе эталонного волокна. Затем между эталонным волокном и измерителем включают измеряемое волокно. Измеряется мощность на выходе тестируемого волокна. Потери в волокне определяются как разность между уровнем эталонного и измеряемого волокна. Измерение по этому методу проводят с обеих сторон волокна с последующим усреднением результатов.

Обработку результатов измерений проводят в соответствии с ГОСТ 8.207-76 [2]. Погрешность измерений не должна превышать 20 %, если не оговорено иное.

Затухание измеряемого оптического кабеля определяют по формуле:

$$A_{\lambda_i} = 10 \lg \frac{T_1(\lambda_i)}{T_2(\lambda_i)}, \quad (1.1.1)$$

где λ_i – длина волны, на которой проведены измерения, мкм;

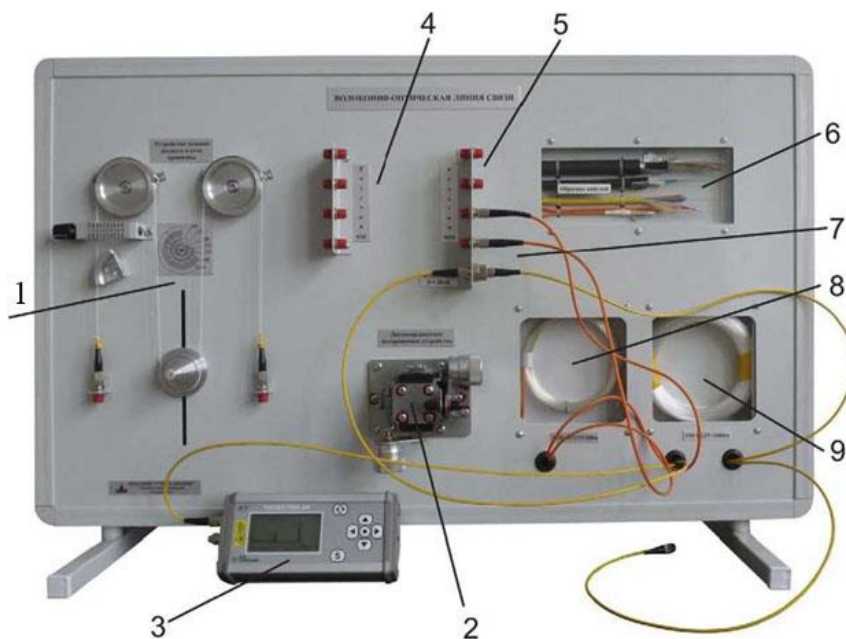
$T_1(\lambda_i)$, $T_2(\lambda_i)$ – значения, соответствующие уровню мощности на выходе вспомогательного и тестируемого оптических кабелей соответственно, дБ.

Результаты измерений включают:

- Результаты измерения затухания и коэффициента затухания;
 - Длину волны и спектральную ширину источника излучения;
 - Среднее значение потерь в соединителе;
- Погрешность результата измерения при выбранной доверительной вероятности.

1.2 Описание лабораторного макета

Типовой комплект для выполнения лабораторной работы состоит из лабораторной установки и дополнительного оборудования. Внешний вид установки представлен на рисунке 1.2.1



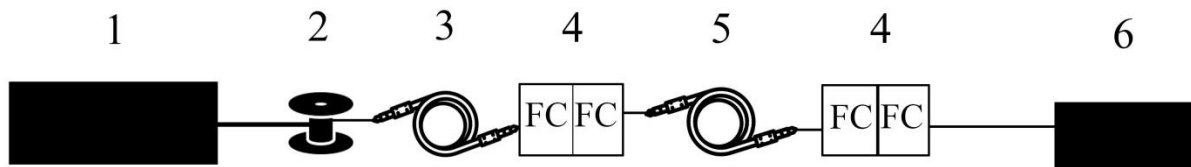
- 1 – устройство задания радиуса и угла кривизны;
- 2 – устройство внесения неоднородностей в стык оптоволокна с трехкоординатным юстировочным устройством;
- 3 – оптический тестер-рефлектометр;
- 4 – планка с оптическими розетками для подключения одномодового волокна (SM);
- 5 – планка с оптическими розетками для подключения многомодового волокна (MM);
- 6 – образцы оптических кабелей;
- 7 – переменный аттенюатор;
- 8 – оптическая линия связи MM длиной 200 м;
- 9 – оптическая линия связи SM длиной 1000 м.

Рисунок 1.2.1 – Внешний вид лабораторного макета

Рабочая панель лабораторной установки поделена на области разного функционального назначения. Для выполнения данной лабораторной работы необходимо задействовать области под номерами 4 и 5.

На рисунке 1.2.2. приведена схема экспериментальной установки для измерения затухания ОВ методом вносимых потерь. В качестве источника излучения (1) будет выступать оптический рефлектометр «Топаз-7315-AR» [3] в режиме источника излучения. Модовый скремблер (2) (смеситель мод), соответствующий спецификации TIA/EIA-568-B.1, представляет собой катушку диаметром 22 мм, на которую требуется намотать 5 витков оптического кабеля (рисунок 1.2.3). Для фиксации витков на катушке необходимо

использовать винт. В основу конструкции смесителя мод положен тот факт, что в ОВ часть траекторий лучей мод высокого порядка проходит вблизи границы раздела «сердцевина-оболочка». Поэтому при изгибе волокна с небольшим радиусом создаются условия для интенсивного высвечивания этих лучей в оболочку, где они быстро затухают. Кроме того, наличие изгиба усиливает связь между отдельными модами и приводит к увеличению интенсивности обмена энергии между ними, что значительно ускоряет процесс стабилизации модового состава. Модовый скремблер реализуется на вспомогательном оптическом волокне.



- 1 – источник излучения;
- 2 – смеситель мод;
- 3 – вспомогательное оптическое волокно;
- 4 – оптические разъемные соединения;
- 5 – измеряемый кабель;
- 6 – приемник излучения.

Рисунок 1.2.2 – Схема экспериментальной установки

Вспомогательное оптическое волокно (3) для разных измерений будет разным, но всегда с одной стороны снабжено оптическим соединителем типа *FC*. Оптические розетки (4) используются в соответствии с используемым типом волокна и типом оптического соединителя. В качестве приемника излучения (6) будет применяться оптический тестер-рефлектометр «Топаз-7315-AR» в режиме приемника излучения.



Рисунок 1.2.3 – Оптический тестер-рефлектометр «Топаз-7315-AR» (а) и модовый скремблер (б)

1.3 Порядок выполнения работы

Работа проводится в 4 этапа. На первом/втором этапах необходимо провести измерения затухания **многомодового** оптического кабеля (патчкорда) с *FC-FC* коннекторами на длинах волн 1550/1310 нм. Для этого необходимо использовать два оптических кабеля с *FC-FC* коннекторами и многомодовую оптическую розетку *FC-FC*, закрепленную на стенде. Оболочка многомодового оптического кабеля, как правило, имеет оранжевый цвет.

На третьем/четвертом этапе производятся измерения **одномодового FC-FC** оптического кабеля для 1310/1550 нм. Оболочка одномодового волоконно-оптического кабеля, как правило, имеет желтый цвет.

Порядок проведения измерений:

- 1) Соберите схему, представленную на рисунке 1.2.2, соблюдая правила техники безопасности и правила работы с оптическим оборудованием.
- 2) Тестер-рефлектометр «ТОПА3-7315-AR» переведите в режим источника излучения на длине волны 1550 нм. В параметрах приемника оптической мощности установите такую же длину волны. Выставьте на приемнике единицы измерения - ватты.
- 3) Снимите значение мощности излучения на измерителе оптической мощности на выходе тестируемого волокна.
- 4) Отключите из схемы измеряемый FC-FC оптический кабель и проведите измерения оптической мощности на выходе вспомогательного волокна.
- 5) Повторите замеры для длины волны 1310 нм и одномодового оптического кабеля на длинах волн 1310/1550 нм.
- 6) Постройте таблицу полученных результатов и по формуле 2.1 вычислите затухание для тестируемых волокон на двух длинах волн.
- 7) Найдите коэффициент затухания измеряемого оптического кабеля по формуле:

$$\alpha(\lambda)_i = \frac{A(\lambda)_i}{L},$$

где L – длина линии, км.

- 8) Обработайте результаты в соответствии с ГОСТ 8.207-76. В приложении А приведен пример оформления результатов обработки измерений.

1.4 Содержание отчета

Отчет должен включать:

1. Схема лабораторной установки для измерений;
2. Таблицы с данными по измерениям для двух длин волн многомодового и одномодового волокна;
3. Результаты статистической обработки данных;
4. Выводы относительно применимости метода вносимых потерь для коротких оптических шнуров;
5. Ответы на контрольные вопросы.

1.5 Контрольные вопросы

- 1) Для чего при измерении применяется модовый скремблер?
- 2) Для чего при измерении применяется вспомогательное оптическое волокно?
- 3) Как меняется точность измерений в зависимости от сочетания типов вспомогательного и измеряемого шнуров?
- 4) Изменится ли результат измерений, если вспомогательный и измеряемый шнуры поменять местами и почему?
- 5) Какие методы измерения потерь существуют?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Контроль потерь на разъемных соединениях волоконно-оптической линии связи

2.1 Введение

Цель работы: исследовать различные типы соединительных и переходных розеток для одномодового оптического волокна и осуществить контроль потерь на разъемных соединениях волоконно-оптической линии связи.

Оптические разъемы (коннекторы) применяются для стыковки оптических волокон с пассивным или активным телекоммуникационным оборудованием. На сегодняшний день представлено большое количество специализированных оптических коннекторов. Наибольшее распространение получили стандартные оптические разъемы типов *SC*, *FC*, *ST* и *LC*. Коннекторы различаются видом применяемыми наконечниками, типом фиксации конструкции в розетке.

SC-коннектор:

Сечение корпуса имеет прямоугольную форму (рисунок 2.1.1). Подключение/отключение коннектора осуществляется поступательным движением по направляющим и фиксируется защелками. Керамический наконечник также имеет цилиндрическую форму диаметром 2,5 мм со скругленным торцом (некоторые модели имеют скос поверхности). Наконечник почти полностью покрывается корпусом и потому менее подвержен загрязнению. Отсутствует вращательных движений обуславливает более осторожное прижатие. В некоторых случаях *SC*-коннекторы применяются в дуплексном варианте. На конструкции могут быть предусмотрены фиксаторы для спаривания коннекторов, или применяться специальные скобы для группировки корпусов. Коннекторы с одномодовым волокном обычно имеют голубой цвет, а с многомодовым серый.

FC-коннектор:

В одномодовых системах встречается еще одна разновидность коннекторов *FC* (рисунок 2.1.2). Они характеризуются отличными геометрическими характеристиками и высокой защитой наконечника.



Рисунок 2.1.1 – SC коннектор



Рисунок 2.1.2 – FC коннектор

ST-коннектор:

Самым распространенным представителем в локальных оптических сетях является *ST*-тип коннектора (рисунок 2.1.3). Керамический наконечник имеет цилиндрическую форму диаметром 2,5 мм со скругленным торцом. Фиксация производится за счет поворота оправы вокруг оси коннектора, при этом вращения основы коннектора отсутствуют (теоретически) за счет паза в разъеме розетки. Направляющие оправы сцепляясь с упорами *ST*-розетки при вращении вдавливают конструкцию в гнездо. Пружинный элемент обеспечивает необходимое прижатие.

Слабым местом *ST*-технологии является вращательное движение оправы при подключении/отключении коннектора. Вращения наконечника отсутствуют только

теоретически, даже минимальные изменения положения последнего влекут рост потерь в оптических соединениях. Наконечник выступает из основы конструкции на 5-7 мм, что ведет к его загрязнению.

LC-коннектор:

Коннекторы типа *LC* – это малогабаритный вариант *SC*-коннекторов (рисунок 2.1.4). Он также имеет прямоугольное сечение корпуса. Конструкция выполняется на пластмассовой основе и снабжена защелкой, подобной защелке, применяющейся в модульных коннекторах медных кабельных систем. Вследствие этого и подключение коннектора производится схожим образом. Наконечник изготавливается из керамики и имеет диаметр 1,25 мм. Встречаются как многомодовые, так и одномодовые варианты коннекторов.



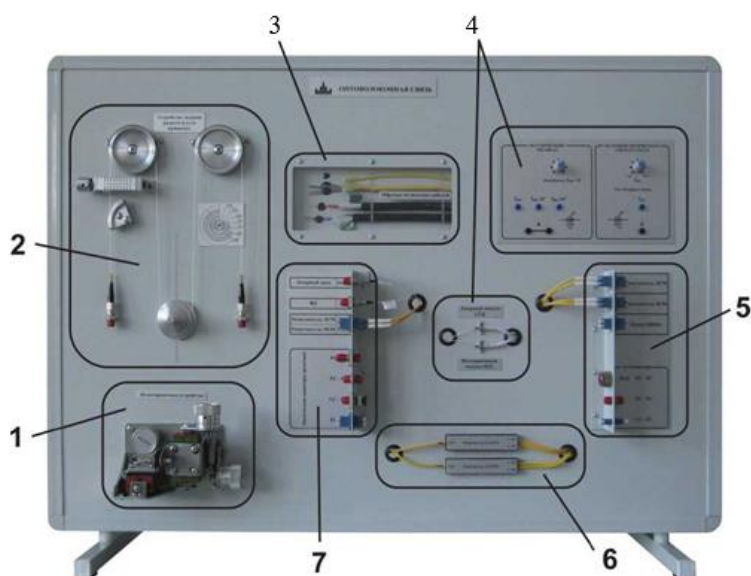
Рисунок 2.1.3 – *ST* коннектор



Рисунок 2.1.4 – *LC* коннектор

2.2 Описание лабораторного макета

Типовой комплект для выполнения лабораторной работы состоит из лабораторной установки и дополнительного оборудования. Внешний вид установки приведен на рисунке 2.2.1.



- 1 – Трёхкоординатное юстировочное устройство;
- 2 – Устройство задания радиуса и угла кривизны оптоволокну;
- 3 – Образцы оптических кабелей для внутренней и внешней прокладки;
- 4 – Блок активных компонентов волоконно-оптической системы передачи данных;
- 5 – Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов;
- 6 – Пассивные компоненты ВОЛС: разветвитель 70/30, разветвитель 50/50;
- 7 – Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов.

Рисунок 2.2.1 – Внешний вид лабораторного макета

Рабочая панель лабораторной установки поделена на области разного функционального назначения. Для выполнения данной лабораторной работы необходимо задействовать область под номер 7.

Область под номером 7 – это оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов (рисунок 2.2.2).

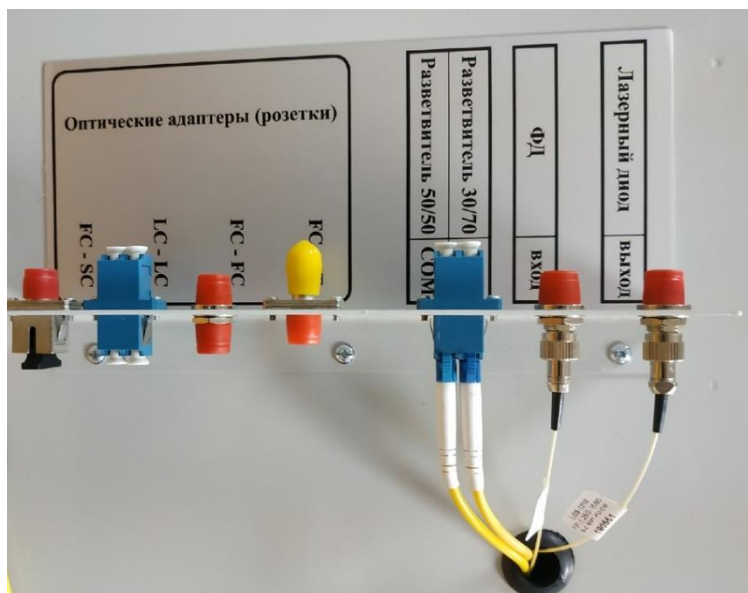
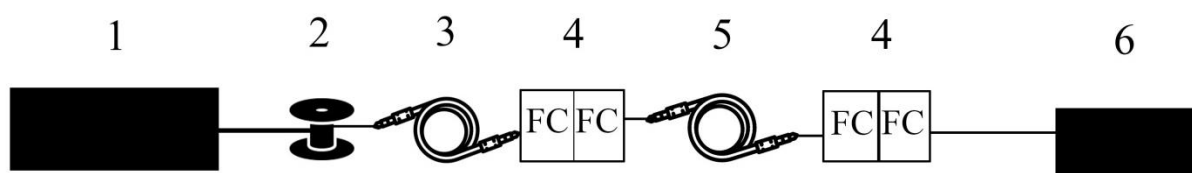


Рисунок 2.2.2 – Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов и источник излучения

Блок оптических розеток представляет собой набор разных типов оптических розеток: проходные и переходные розетки. Каждая розетка снабжена соответствующей ей подписью слева от нее.

В данной лабораторной работе контроль потерь на разъемных соединениях волоконно-оптической линии связи будет проводиться путём измерения затухания оптических волокон методом **вносимых потерь** [1].

На рисунке 2.2.3 приведена схема экспериментальной установки для измерения затухания ОВ методом вносимых потерь.



- 1 – источник излучения;
- 2 – смеситель мод;
- 3 – вспомогательное оптическое волокно;
- 4 – оптические разъемные соединения;
- 5 – измеряемый кабель;
- 6 – приемник излучения.

Рисунок 2.2.3 – Схема экспериментальной установки

В качестве источника излучения (1) будет выступать оптический тестер «Топаз-7315-AL» (рисунок 2.2.4а) [4]. Модовый скремблер (2) (смеситель мод), соответствующий спецификации *TIA/EIA-568-B.1*, представляет собой катушку диаметром 22 мм, на которую требуется намотать 5 витков оптического кабеля (рисунок 2.2.4б). Для фиксации витков на катушке необходимо использовать винт. В основу конструкции смесителя мод положен тот факт, что в ОБ часть траекторий лучей мод высокого порядка проходит вблизи границы раздела «сердцевина-оболочка». Поэтому при изгибе волокна с небольшим радиусом создаются условия для интенсивного высвечивания этих лучей в оболочку, где они быстро затухают. Кроме того, наличие изгиба усиливает связь между отдельными модами и приводит к увеличению интенсивности обмена энергии между ними, что значительно ускоряет процесс стабилизации модового состава. Модовый скремблер реализуется на вспомогательном оптическом волокне.

Вспомогательное оптическое волокно (3) для разных измерений будет разное, но всегда с одной стороны снабжено оптическим соединителем типа *FC*. Оптические розетки (4) используются в соответствии с используемым типом волокна и типом оптического соединителя. В качестве приемника излучения (6) будет применяться оптический тестер «Топаз-7315-AL».

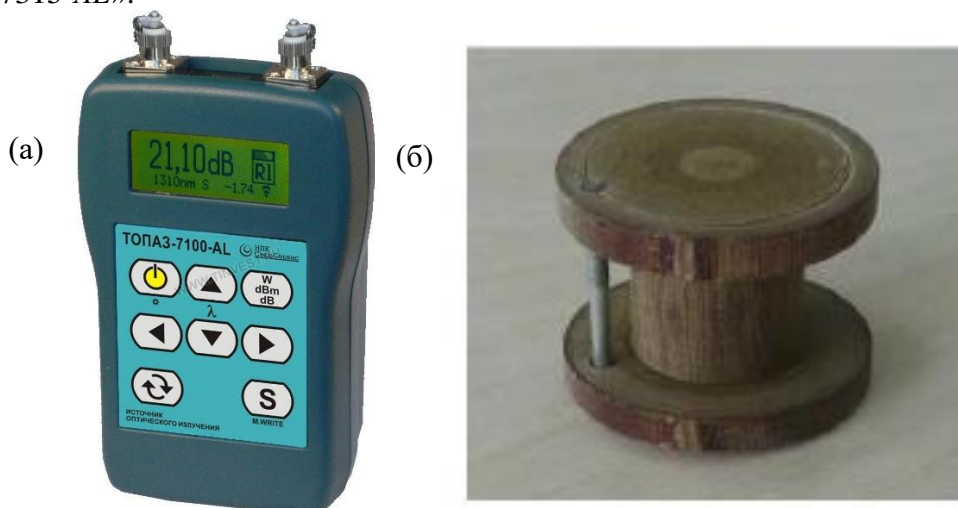


Рисунок 2.2.4 – Оптический тестер «Топаз-7315-AL» (а) и модовый скремблер (б)

2.3 Порядок выполнения работы

Работа проводится в несколько этапов. На первом этапе необходимо провести измерения потерь оптического кабеля с *FC-FC* коннекторами на длине волны 1310 нм. Для этого необходимо использовать два оптических кабеля с *FC-FC* коннекторами и оптическую розетку *FC-FC*, закрепленную на стенде. Розетка закрыта заглушками и имеет соответствующую подпись. На следующем этапе производятся измерения одномодового *FC-FC* оптического кабеля на 1310 нм.

Порядок проведения измерений:

1. Проведите измерение потерь для *FC-FC* розетки, методом вносимых потерь для одномодового волокна:

1.1 Соберите схему, представленную на рисунке 2.2.3, соблюдая правила техники безопасности и правила работы с оптическим оборудованием;

1.2 Включить источник излучения на длине волны 1310 нм и измеритель оптической мощности;

- 1.3 Настроить приемник на измеряемую длину волны и выбрать измерение в ваттах;
- 1.5 Снять значение мощности излучения на измерителе оптической мощности;
2. Для других типов оптических розеток сделать следующие допущения: оптическое излучение от источника к приемнику через *FC-FC* шнур приходит без потерь, потери в волокне оптического шнура пренебрежимо малы. Следовательно, потери, возникающие при измерении соединений разных типов оптических розеток, следует отнести к самим оптическим розеткам, т.е. к стыку волокна в оптической розетке;
3. Проведите измерения для оставшихся типов оптических розеток (*FC-ST*, *LC-LC*, *FC-SC*);
4. Запишите результаты измерений в таблицу:

№	<i>FC-FC</i>	<i>FC-ST</i>	<i>LC-LC</i>	<i>FC-SC</i>
1				
...				
n				

5. Обработайте результаты в соответствии с ГОСТ 8.207-76 [2]. В приложении А приведен пример оформления результатов обработки измерений.
6. Сделайте выводы относительно потерь разных типов розеток.

2.4 Содержание отчета

Отчет должен включать:

1. Схема лабораторной установки для измерений;
2. Таблицы с данными по измерениям для двух длин волн многомодового и одномодового волокна;
3. Результаты статистической обработки данных;
4. Выводы относительно потерь одномодовых соединительных и переходных розеток.
5. Ответы на контрольные вопросы.

2.5 Контрольные вопросы

1. Какие типы коннекторов для ОВ существуют? В чем их конструктивные отличия?
2. Зависит ли затухание в розетке от её типа (переходная-соединительная), как и почему?
3. Зависит ли затухание в розетке от типа разъёма, как и почему?
4. Какие типы полировок оптического коннектора существуют?
5. Почему стыковка волокон с разной полировкой недопустима?

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 Сварка оптических волокон

3.1 Введение

Цель работы: освоение навыков сварки оптического волокна (ОВ) с использованием автоматического сварочного аппарата.

Одной из важнейших операций при монтаже волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), определяющих параметры и качество ВОЛС, является операция сращивания волокон оптических кабелей. В настоящее время для сращивания ОВ используется два способа соединения: разъемные и неразъемные. Неразъемные соединения ОВ осуществляются методом сварки и с помощью механических соединителей.

Соединение ОВ с помощью сварки – наиболее распространенный метод, применяемый на ВОЛС.

Аппараты для сварки оптических волокон – это высокотехнологичные устройства, задача которых заключается в автоматизации комплекса работ — от совмещения торцов волокна до защиты соединения. Современный аппарат для сварки оптических волокон позволяет сращивать волокна всех основных типов:

- одномодовые (*G.652, G.657*);
- многомодовые (*G.651*);
- со смещенной областью дисперсии (*G.653*);
- со смещенной ненулевой дисперсией (*G.655*).

Современные сварочные аппараты оснащены цветным дисплеем, который позволяет визуально контролировать все этапы сварки оптических волокон. Благодаря встроенным в аппарат видеокамерам оператор может наблюдать за процессом с помощью цветного экрана и полностью контролировать процессы юстировки, стыковки и сварки оптических волокон. Применение в сварочных аппаратах видеосистемы позволяет перед началом сварки визуально контролировать результат центрирования, тип сердцевин, качество торцов и микрозагрязнения свариваемых оптических волокон, а по окончании сварки оценить качество свариваемых соединений. Кроме того, ряд сварочных аппаратов представляет в цифровом виде значение угла скола и сдвиге осей оболочек (сердцевин) волокон до и после сварки, а также расчетное значение потерь в месте сварки. Устройство имеет понятное и удобное меню. Такие аппараты для сварки оптоволокон содержат программы управления сварочным процессом как для основных типов выпускаемых ОВ, так и для оптических волокон специальных типов, а также предусматривают возможность установить дополнительно собственную индивидуальную программу сварки оптоволокон.

В автоматических сварочных аппаратах выравнивание волокон может выполняться по оболочке с их центрированием в V-образном пазу, а также по сердцевине: по профилю преломления волокна (*Profile Alignment System, PAS*) или максимизацией передаваемого через выравниваемые волокна сигнала (*Local Injection and Detection, LID*). Данная классификация представлена на рисунке 3.1.1.

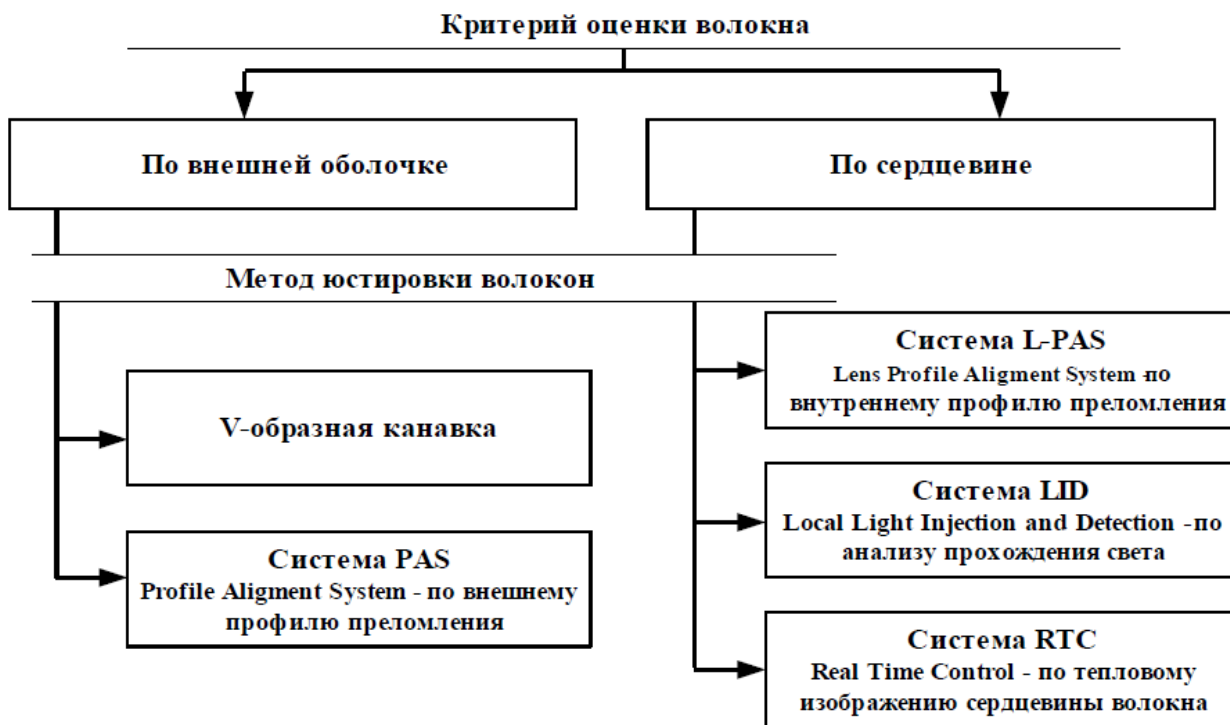


Рисунок 3.1.1 – Классификация методов юстировки ОВ

Юстировка по оболочке ОВ является пассивным видом, осуществляемым с помощью V-образных направляющих, которые фиксируют концы срачиваемых ОВ. Данный вид юстировки используется преимущественно для сварки оптоволокна на городских и локальных сетях, где высоких требований к вносимым сварным соединением потерям не предъявляется.

Система LID. Принцип работы: оптический сигнал вводится через оболочку (за счет изгиба оптоволокна) одного из срачиваемых ОВ, а принимается – через оболочку другого срачиваемого ОВ. Затем происходит обработка оптического сигнала микропроцессором с последующей обработкой сигналов управления микропроцессора с помощью исполнительных устройств.

Для ввода и вывода сигналов используются ответвители. Недостаток такого подхода состоит в том, что метод *LID* допускает работу не со всеми типами одномодовых ОВ, не позволяя применять автоматику к волокнам в буферном покрытии 0,9 мм, а использование ответвителя увеличивает риск возникновения скрытых дефектов в ОВ. Однако этот метод позволяет решить проблему, связанную с тем, что силы поверхностного натяжения стремятся совместить оси оболочек, и, следовательно, развести (при наличии в волокнах эксцентриситета) оси сердцевины волокон. Как результат – дополнительные потери на сворном соединении. Поэтому при данном методе предусмотрена коррекция эксцентриситета. Оси волокон предварительно разводятся на такое расстояние, на которое, согласно компьютерному расчету, надо развести оси сердцевины волокон так, чтобы силы поверхностного натяжения совместили их при сварке.

Система PAS. В большинстве аппаратов применяется система выравнивания волокон по изображению в параллельном пучке света – *PAS* система.

При таком методе юстировки волокна освещаются сбоку параллельным пучком света так, что из-за разницы показателей преломления оболочка и сердцевина фокусируют свет, действуя как цилиндрические линзы. При этом формируется изображение, на котором видны границы сердцевины и оболочки волокна, что позволяет определить эксцентриситет в каждом из волокон.

Анализ изображения линии, выполняемый с помощью видеокамеры и встроенного контроллера сварочного аппарата, позволяет осуществить юстировку ОВ. Одновременно контроллер системы управления аппарата оценивает качество скола торцевой поверхности волокон и в случае выявления каких-либо дефектов прекращает процесс сварки. Она используется и для грубой юстировки, и для тонкой подстройки волокон.

Для быстрого перехода от одного режима сварки к другому во всех автоматических сварочных аппаратах встроены программы сварки стандартных оптических волокон. Для задания иного режима предусмотрено запоминание установленных параметров, которые затем доступны при сварке аналогичных волокон, что ускоряет проведение сварочных работ.

В современных сварочных аппаратах управление процессом сварки производится с учетом контролируемых параметров внешней среды (влажность, температура, атмосферное давление и др.).

Существует множество факторов, влияющих на процесс сварки:

- самоцентрирование (влияние сил поверхностного натяжения расплава стекла);
- эксцентриситет сердцевины оптоволокна;
- качество поверхности торцов ОВ;
- качество подготовки оптоволокна (наличие/отсутствие микротрещин);
- чистота V-образных ложементов ОВ (отсутствие загрязнений);
- термические характеристики оптоволокна;
- качество электродов.

3.2 Описание лабораторного оборудования

Для разделки оптического кабеля, как и для сварки, требуется ряд специфических инструментов. В работе будет применяться специализированный набор инструментов *FIS F10053* (рисунок 3.2.1).



Рисунок 3.2.1 – Комплект инструментов *FIS-F1-0053*

Комплектация набора инструментов *FIS-FI-0053* включает:

1. Изоляционная лента ПВХ;
2. Стриппер буферного слоя, оптический;
3. Устройство для чистки оптических коннекторов;
4. Ножницы для резки кевлара;
5. Стриппер для снятия защитной оболочки 0,4 – 1,3 мм;
6. Стриппер прищепка для продольного и поперечного реза модуля до 3,2 мм;
7. Стриппер с крюком для снятия внешней изоляции кабеля 4,5 – 28,5 мм;
8. Кусачки-бокореzy;
9. Палочки для чистки оптических портов 2,5 мм;
10. Безворсовые салфетки;
11. Нож;
12. Пинцет;
13. Длинногубцы;
14. Проволочки для удаления обломков волокна из сердцевины коннекторов;
15. Отвертка универсальная;
16. Маркер черный;
17. Защитные очки;
18. Подложка – коврик;
19. Контейнер для сбора остатков сколотых волокон;
20. Линейка;
21. Рулетка;
22. Гаечный ключ-отвертка 1/2";
23. Маркировочные этикетки;
24. Кейс для транспортировки;
25. Термоусадочные защитные трубки КДЗС.

Комплект оборудования для сварки:

Автоматический сварочный аппарат *FiberFox Mini-4S* – это современное оборудование корейской компании *FiberFox*, предназначен для сварного соединения оптических одномодовых и многомодовых волокон (рисунок 3.2.2). Прибор оснащен механизмом сведения волокон по технологии *DAA (Digitalized Active Alignment)*, системой точного мониторинга потерь и режимом автоматической калибровки дуги.



Рисунок 3.2.2 – Комплектация сварочного аппарата *FiberFox Mini-4S*

Комплектация сварочного аппарата *FiberFox Mini-4S* приведена в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Комплектация автоматического сварочного аппарата *FiberFox Mini-4S*

Наименование	Количество
Сварочный аппарат <i>Mini-4S</i>	1 шт.
Скальватель <i>Mini 50G</i>	1 шт.
Сетевой шнур	1 шт.
Зарядное устройство	1 шт.
Аккумуляторная батарея	2 шт.
Запасные электроды	1 пара.
Лоток для охлаждения КДЗС	1 шт.
Держатели для волокна	1 пара.
Кейс для переноски	1 шт.

На рисунке 3.2.3 и 3.2.4 приведено изображение внешнего вида сварочного аппарата.

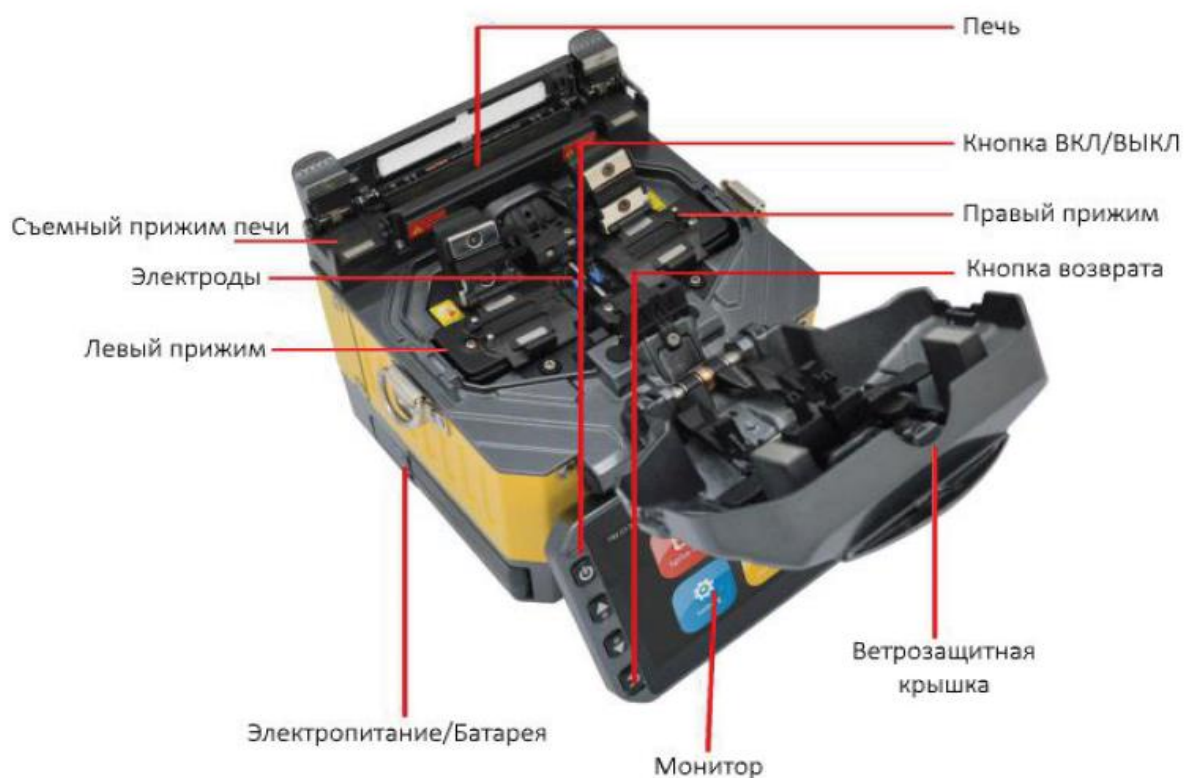


Рисунок 3.2.3 – Внешний вид сварочного аппарата *FiberFox Mini-4S* (вид сверху)

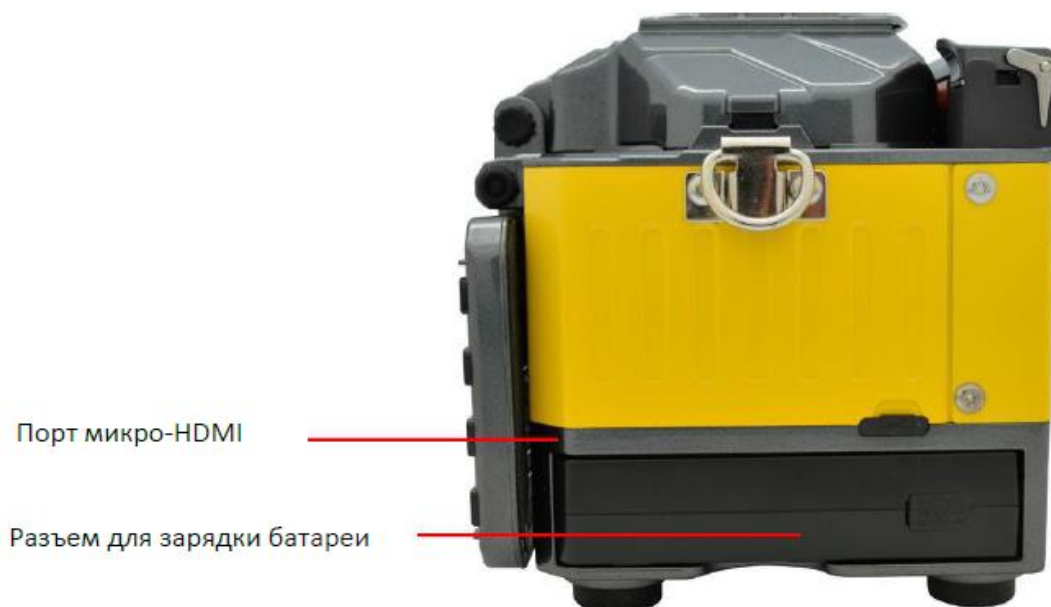


Рисунок 3.2.3 – Внешний вид сварочного аппарата *FiberFox Mini-4S* (вид сбоку)

3.3 Порядок выполнения работы

Подготовка оптического кабеля:

1) Если кабель длительный промежуток времени находился в условиях сырости либо его торец не был гидроизолирован, то, если позволяет запас, с помощью ножовки нужно отрезать приблизительно 1 м данного кабеля. Это обусловлено тем, что продолжительное воздействие влаги оказывает отрицательное влияние на оптические волокна (могут помутнеть), а также на иные элементы кабеля.

2) Если в конструкцию кабеля входит трос для подвески (такой кабель в поперечном сечении выглядит в форме цифры «8»: нижняя часть – кабель, верхняя – трос), то его выкусывают кусачками-бокорежами и срезают ножом.

Важно! В момент срезания троса не повредите кабель!

3) Внешнюю оболочку кабеля снимают соответствующим стриппером. С его помощью делается круговой разрез на оптическом кабеле, а от него затем – параллельно два разреза с противоположных сторон кабеля в сторону его конца, чтобы внешняя кабельная оболочка распалась на две половинки (рисунок 3.3.1).

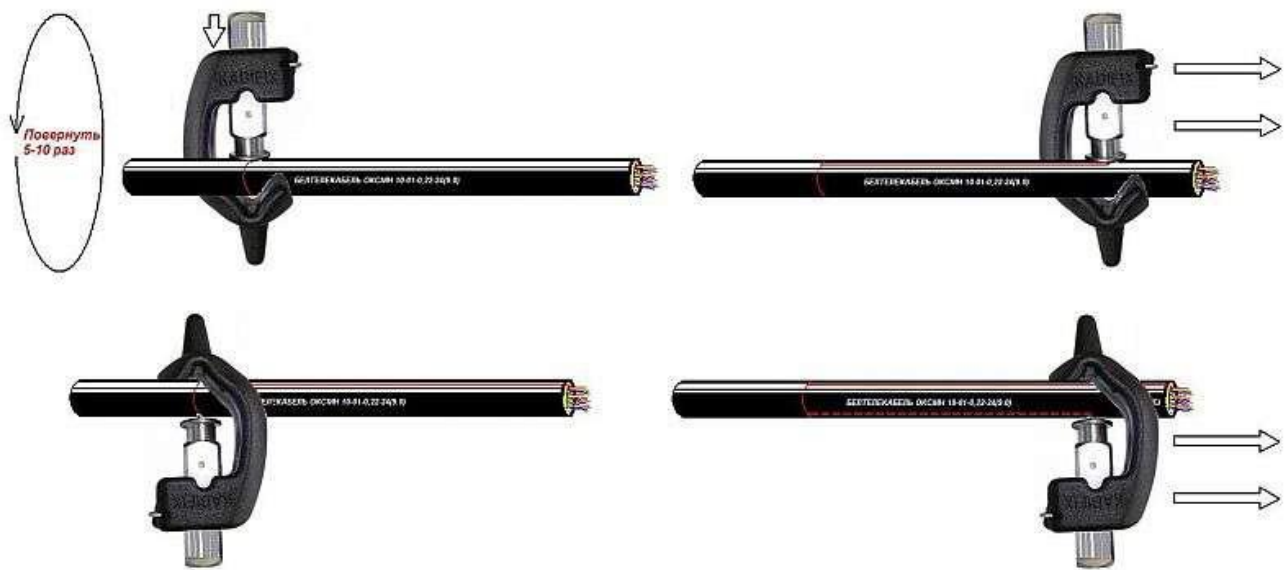


Рисунок 3.3.1 – Снятие внешней оболочки кабеля ножом-стриппером

Важно! Перед разделкой кабелей важна правильная регулировка длины лезвия стриппера. Если лезвие будет слишком коротким, то внешняя оболочка кабеля на две половинки легко не распадётся. Если же лезвие будет слишком длинным, то есть опасность повреждения модулей в кабеле или затупления лезвия о металлическую броню.

4) В случае разделки самонесущего кабеля с кевларом, последний срезают кусачками-бокорезами или специальными ножницами с керамическими лезвиями. Это обусловлено тем, что кевлар довольно быстро затупляет металлические лезвия.

Кабель для прокладки в телефонной канализации, имеющий в качестве брони только металлическую гофру, можно продольно разрезать с помощью специального инструмента – ножа, но делать это нужно очень аккуратно. В случае если кабельная броня состоит из круглых проволок, их целесообразно откусывать с помощью кусачек небольшими партиями от 2 до 4 проволок.

5) Для снятия внутренней тонкой оболочки, которая есть в некоторых кабелях, используется отдельный стриппер с правильно выставленной длиной лезвия. Эта длина будет меньше, чем в ноже для снятия внешней кабельной оболочки, так как данная внутренняя оболочка значительно тоньше и, кроме того, под ней расположены уже сами модули с оптическими волокнами.

6) С помощью салфеток и жидкости для удаления гидрофобного заполнителя удаляются нитки, пластмассовая пленка, другие вспомогательные элементы. Гидрофоб удаляется растворителем (Д-гель). Это токсичная жидкость, которая при отсутствии перчаток и попадании на руки тяжело с них смывается. Для последующей операции по сварке волокон требуется чистота рук и рабочего места. Поэтому пользоваться растворителем рекомендуется в перчатках. Удалив нитки и разделив жгут модулей на отдельные модули, нужно каждый из них протереть салфеткой либо ветошью, а затем также спиртом до чистого состояния.

7) Стриппером для модулей каждый модуль на нужной длине надкусывается, после чего он легко стягивается с волокон. Модули-пустышки выкусываются под корень, главное быть точно уверенным, что в них нет волокон.

Важно! Важным является правильный выбор диаметра выемки для надкусывания модуля: при выемке большего диаметра модуль не надкусится до состояния, в котором его будет легко снять; при выемке меньшего диаметра существует риск повреждения находящихся в модуле волокон. Также в момент надкусывания одного из модулей активной помехой будут другие модули, которые нужно придерживать рукой. В связи с этим

рекомендуется, при наличии возможности, разделку производить вдвоем. Если кабель имеет один модуль в виде жесткой пластиковой трубки, то для нормального снятия такого модуля нужно надрезать его по кругу с помощью маленького трубореза (если входит в комплект поставки), а после этого с осторожностью надломить в месте круговой риски. В момент стягивания модулей нужно оценить целостность волокон и то, что из стянутого модуля не торчит ни одно из волокон. В отдельных случаях (низкая температура, мало гидрофоба, большая длина модуля) стягивание модуля может осуществляться с усилием. Но тянуть сильно ни в коем случае нельзя, так как даже если волокна не порвутся, то растяжение может оказать влияние на их затухание в данном месте. В этом случае рекомендуется модуль надкусывать и снимать в несколько приемов и медленно.

Также следует обращать внимание на длину волокон при разделке кабеля. Она не должна быть меньше, чем указана в инструкции (в основном от 1,5 до 2 м). Меньшая длина волокон нежелательна, так как при укладке не будет возможности маневра, чтобы красиво уложить волокна в кассету.

8) Волокна нужно тщательно протереть. Сначала они протираются с помощью сухой безворсовой салфетки, а затем салфетками, смоченными в спирте (изопропиловом или этиловом). Именно данный порядок является верным, так как при первом протирании на салфетке остается большая капля гидрофоба, и спирт тут не нужен, а далее на последующих салфетках используется спирт для растворения остатков гидрофоба. Сам спирт быстро испаряется с волокон.

Важно! Для качественной последующей сварки чистота и целостность волокон имеют огромное значение. Нужно посмотреть, не повреждено ли их лаковое покрытие, нет ли грязи и сломанных частей. В противном случае можно создать себе в последующем дополнительную работу по разварке и переразделке.

9) Далее на разделанные кабели необходимо надеть специальные клеевые термоусадки, зачастую входящие в комплект оптической муфты. В случае если муфтой предусматривается зажим кабеля в сырой резине с герметиком, термоусадка не требуется.

Важно! Не забывайте надеть термоусадку. Когда оптическая муфта сварена, данная термоусадка надвигается на патрубок данной муфты и усаживается с помощью газовой горелки (паяльной лампы, промышленного фена). Этим обеспечивается герметичность ввода кабеля и его дополнительная фиксация.

Подготовка сварочного аппарата:

- 1) Включить сварочный аппарат *Mini-4S*;
- 2) После загрузки программного обеспечения на дисплее отобразится меню управления (рисунок 3.3.2);



Рисунок 3.3.2 – Меню управления сварочного аппарата *FiberFox Mini-4S*

- 3) В меню сварки (*Splice Menu*) необходимо выбрать (*Select Splice Mode*) необходимый режим сварки волокна и режим печи;
- 4) Выйти из главного меню;
- 5) Установить ОВ в держатели на рабочем столе сварочного аппарата (открыть фиксаторы волокна, уложить волокна в V-образные канавки);
- 6) Опустить фиксаторы волокна, закрыть защитную крышку;
- 7) Запустить программу сварки. Аппарат самостоятельно производит сведение оптических волокон, а затем их сваривает при помощи разряда электрической дуги;
- 8) Вынуть ОВ из держателей и выполнить операцию термоусадки;

Для термоусадки применяются полиэтиленовые (ПЭТ) гильзы КДЗС, изготовленные из термоусаживаемого ПЭТ.

Гильза КДЗС при нагреве в специальной печи термоусаживается, при этом герметизируется сварной шов, находящийся внутри. Внутри гильзы КДЗС установлен металлический стержень, который защищает сварной шов от механических нагрузок и сгибов.

Нагрев осуществляется в специализированном нагревателе (печке) с тефлоновым покрытием, чтобы ПЭТ КДЗС "не пригорали".

Снимаем только что сваренное ОВ с рабочего стола аппарата. Но, буквально сразу же, открывая ветрозащитную крышку, слышим срабатывание системы механической проверки прочности сварного шва. ОВ подвергаются дозированному натяжению для проверки прочности выполненной сварки.

Укладываем сварной шов в печь для термоусадки. Закрываем крышку печи, слегка надавливая на концы ОВ у границ сварного шва. Операция термоусадки начинается.

Во всех аппаратах *FiberFox Mini 4S* используется высокопроизводительная печь, позволяющая монтировать КДЗС за минимальные 18 секунд.

По окончании процесса термоусаживания, мы слышим характерный сигнал. Этим наш сварочный аппарат *Fiber Fox* дает понять, что термоусадка закончена.

Лабораторное задание:

1. Получить у преподавателя оптический кабель для разделки;
2. Разделить оптический кабель;
3. Провести сварку ОВ в оптическом кроссе;
4. Провести измерение затухания сваренных ОВ;
5. Оформить отчет.

3.4 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы, краткие сведения о методах сращивания ОВ;
2. Описание принципа работы автоматического сварочного аппарата и методики сварки ОВ;
3. Результаты измерений затухания сваренных ОВ;
4. Ответы на контрольные вопросы.

3.5 Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы соединения оптического волокна?
2. Какой способ используется в настоящее время? Почему?
3. Какие типы оптических волокон вы знаете?
4. Опишите последовательность действий при сварке ОВ.
5. Что может повлиять на качество сварки ОВ?

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 Монтаж оптической муфты

4.1 Введение

Цель работы: получение практических навыков при монтаже оптической муфты серии *SNR-FOSC X* [6] и выполнении сварных соединений оптических волокон с помощью автоматического сварочного аппарата *FiberFox Mini-4S* [5].

Волоконно-оптической муфтой называется пассивное устройство, предназначенное для обеспечения защиты мест сварных соединений оптических волокон (ОВ) при монтаже волоконно-оптической линии связи (ВОЛС). Сконструирована муфта так, что не затрудняет доступ к волокну при осуществлении его обслуживания. Благодаря тому, что корпус муфты герметичный, ее можно применять почти в любых средах. Главное – правильно подобрать тип муфты при обустройстве сети.

Типы оптических муфт и их классификация.

В рядах оптических муфт эталонами могут и должны служить только те муфты, которые полностью соответствуют предъявляемым к ним требованиям [7].

Оптический кабель любой конструкции можно смонтировать в любой оптической муфте. Точнее, в любой муфте можно срастить волокна сваркой и уложить сварные соединения и запасы волокон в кассетах внутри муфты. Но загерметизировать вводы кабелей разных диаметров, обеспечить их продольную герметизацию, соединить или изолировать броню, соединить экраны алюмополиэтиленовых оболочек, вывести провода КИП можно только в специализированных муфтах, имеющих для этого особые элементы внутри корпуса и комплекты дополнительных внутренних и внешних деталей, устройств и приспособлений.

При этом нужно иметь в виду и то, что задача муфты не только позволить разместить в ней сросток волокон двух или нескольких кабелей, но и обеспечивать безопасность этого сростка в течение около 25-ти лет. А также обеспечивать возможность быстро находить и устранять повреждения через пять, десять и более лет после первоначального монтажа муфты. Поэтому оптические муфты являются специализированными устройствами, оснащёнными элементами, выполняющими определённые функции при первоначальном монтаже и при последующей многолетней эксплуатации муфты в колодце, в котловане или на опоре ЛЭП.

Специализация предполагает чёткую классификацию муфт и присвоение им квалификационных характеристик, отражающих их оснащение и возможности. Необходим и признаваемый всеми классификатор, позволяющий оценивать возможности муфт и выбирать их при проектировании и строительстве волоконно-оптических линий связи.

Муфты классифицируются по месту установки, по температуре эксплуатации и по разрывному усилию, которое должны выдерживать кабельные вводы. Муфты при этом делятся на шесть типов. Для каждого типа муфт определены места, в которых муфты могут устанавливаться. А также указано, какими свойствами должна обладать муфта определённого типа, и какие условия эксплуатации она должна выдерживать.

Муфты должны быть устойчивы к воздействию температур:

- а) типы 1, 2, 4, 5 – от минус 40 °С до 50 °С (муфты для подводных и подземных кабелей);
- б) тип 3 – от минус 60 °С до 70 °С (муфты, устанавливаемые на открытом воздухе);
- в) тип 6 – от 5 °С до 50 °С (муфты, предназначенные для аварийно-восстановительных работ – от минус 30 °С).

Муфта может использоваться в качестве муфты сразу нескольких типов. Например, для сращивания самонесущих кабелей с установкой муфты на опоре (муфта 3-го типа) можно использовать муфты МТОК-В3 и МТОК-К6.

Но можно и самые простые и дешёвые – МОГ-Т-3 и МТОК-Л17. Ту или иную муфту выбирают с учётом количества вводимых в неё кабелей (от трёх до шести) и количества сварных соединений, которые необходимо разместить на кассетах муфты (от 16-ти сростков до 480-ти).

Существует ряд определений, классифицирующих оптические муфты по способу монтажа. Например, на магистральных и внутризоновых кабелях с металлическими жилами по способу монтажа различались муфты прямые, разветвительные, симметрирующие, конденсаторные, пупиновские, стыковые, изолирующие, газонепроницаемые.

На железнодорожных кабелях связи дополнительно к этому списку различались тройниковые разветвительные и врезные разветвительные муфты.

На городских кабелях различались прямые, линейные разветвительные и станционные разветвительные муфты.

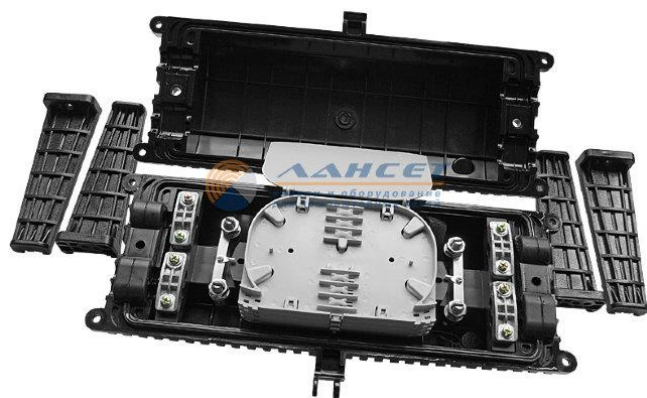
Вот какие определения можно присвоить оптическим муфтам, различая их по способу монтажа и по оснащению (рисунок 4.1.1):

Прямая муфта – муфта, в которой сращиваются две строительные длины ОК одной марки.

Разветвительная муфта – муфта, в которую вводятся несколько отдельных ОК, один – основной и несколько ответвляющихся ОК, от двух до двадцати и более.

Разветвительная муфта с транзитом – муфта, в которую основной ОК вводится «транзитом», то есть без разрезания в овальный патрубок, а в остальные патрубки вводятся ответвляющиеся кабели, от одного до 8-ми.

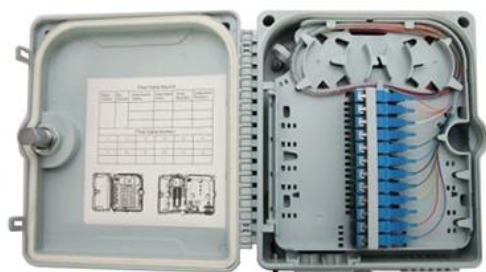
Кроссовая муфта – муфта, которая устанавливается в помещении ввода кабеля на оконечном пункте ВОЛС при необходимости заземления металлических элементов ОК – брони, упрочняющих проволок, экранов алюмополиэтиленовых оболочек, оплётки и т.д. Из изолирующей муфты можно вывести провода заземления, от брони линейного ОК.



Прямая муфта



Разветвительная муфта



Кроссовая муфта



Транзитная муфта

Рисунок 4.1.1 – Виды оптических муфт

4.2 Руководство по монтажу муфты серии *SNR-FOSC-X*

Проходная горизонтальная муфта для волоконно-оптического кабеля серии *SNR-FOSC-X* применяется для защиты мест сварки оптического кабеля в местах повышенных нагрузок и возможных внешних воздействий (рисунок 4.2.1). Эту муфту можно использовать для воздушных линий, для закладки в землю, для крепления к стене, для крепления к стене в вентиляционной системе.

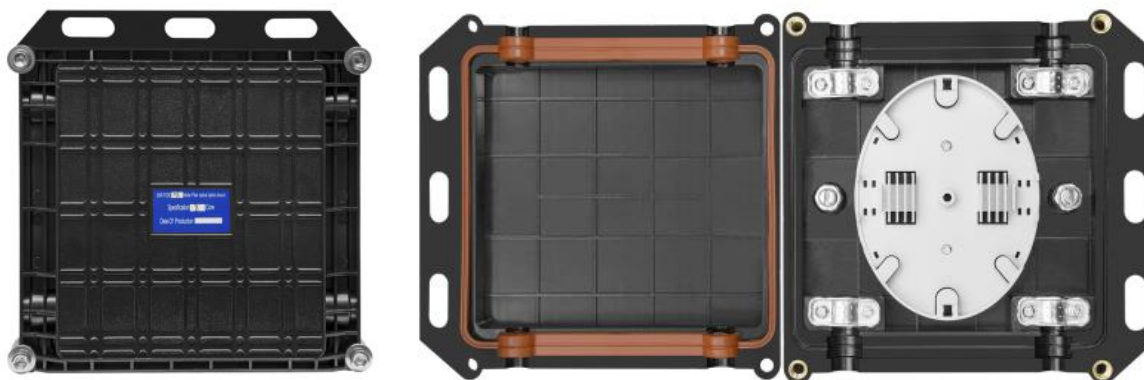


Рисунок 4.2.1 – Проходная горизонтальная муфта для волоконно-оптического кабеля серии *SNR-FOSC-X*: общий вид (слева) и внутренний конструктив (справа)

Муфта серии *SNR-FOSC-X* предназначена для сращивания и разветвления оптического кабеля при воздушной, настенной или подземной инсталляции (колодцы кабельной канализации). Плоская малогабаритная конструкция позволяет размещать муфту в ограниченном пространстве. Пазы с одной стороны корпуса позволяют удобно подвешивать муфту на несущем тросе. Муфта позволяет осуществлять ввод до 4 кабелей. Муфта укомплектована кассетой, которая позволяет размещать 8 гильз КДЗС (16 в два яруса), герметизация ввода осуществляется резиновыми уплотнителями и герметизирующей лентой. Рабочий диапазон температур от -40 до 65 °С.

Основные технические характеристики муфты серии *SNR-FOSC-X* приведены в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1 – Технические характеристики муфты серии *SNR-FOSC-X2*

Параметр	Значение
Диаметр кабельных вводов, мм	2 – Ø12, 2 – Ø15
Габаритные размеры, мм	205 x 210 x 45
Вес, кг	1,0

Процесс монтажа состоит из нескольких операций, выполняемых в определенной последовательности. Этапы монтажа наглядно отражены в блок-схеме (рисунок 4.2.2).



Рисунок 4.2.2 – Блок-схема по монтажу оптической муфты

4.3 Порядок выполнения работы

Шаг 1. Открытие муфты

- Определите место установки муфты, подготовьте рабочее место и необходимый запас кабеля.
- Проверьте комплект поставки муфты, а также техническое состояние комплектующих (таблица 4.3.1).

Таблица 4.3.1 – Комплект поставки муфты серии *SNR-FOSC-X*

Наименование	Количество
Корпус	1 шт.
Герметизирующая прокладка	1 шт.
Механизм фиксации кабеля	1 комплект
Сплайс-кассета	1 шт.
Установочный инструмент	1 комплект
Расходные материалы: изолента, стяжки, кабельные маркеры, КДЗС	1 комплект

- При помощи шестигранного ключа поочередно извлеките болты из запорных вставок. Удалите запорные вставки.
- После этого открутите все болты, находящиеся на корпусе муфты. После того как все болты сняты, можно открыть муфту (рисунок 4.3.1).

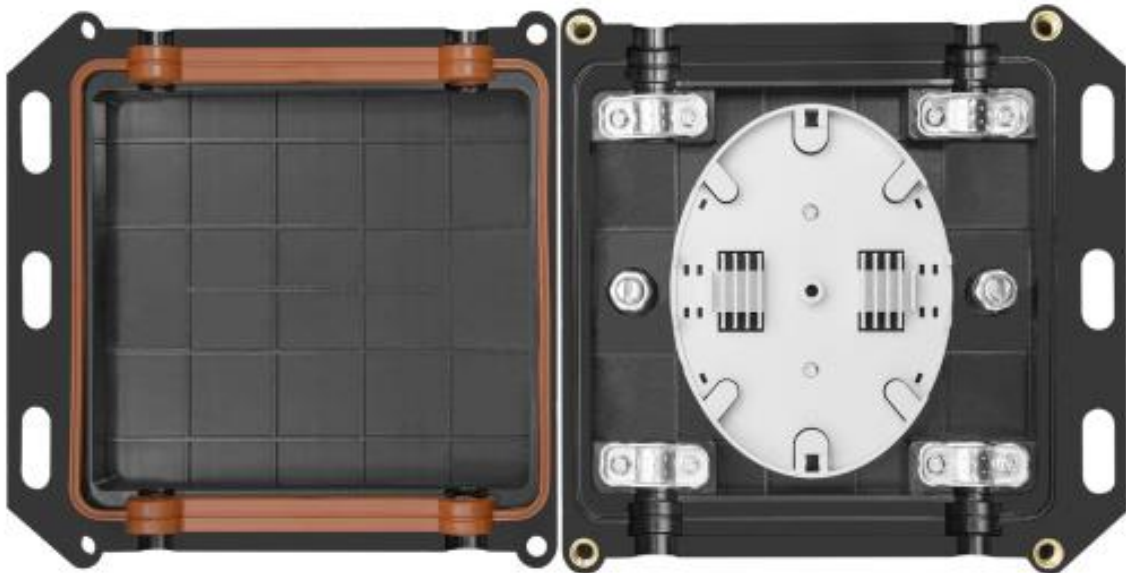


Рисунок 4.3.1 – Открытие муфты

Шаг 2. Определение длины волоконного кабеля.

- Отмерить участок кабеля в 1950 мм: этот запас используется для зачистки кабеля от защитных оболочек, ввода модулей в муфту, выделения волокон из модулей и последующей сварки.
- Отмерить участок кабеля в 60 мм: расстояние от герметизирующей прокладки до прижимной планки, закрепляющей кабель.
- Отмерить участок волокон в защитных модулях длиной 350 мм: расстояние от точки крепления кабеля в муфте до точки крепления модулей к сварочной кассете.
- Отмерить участок волокон длиной 1600 мм: после выделения волокон из защитных модулей данный запас укладывается внутри кассеты после сварки (рисунок 4.3.2).

Внимание! Делайте достаточный запас длины волокна для сварки на случай дефектов в ее процессе. Длина зачищенных от оболочек кабеля волокон также может быть определена согласно дополнительным требованиям по монтажу.

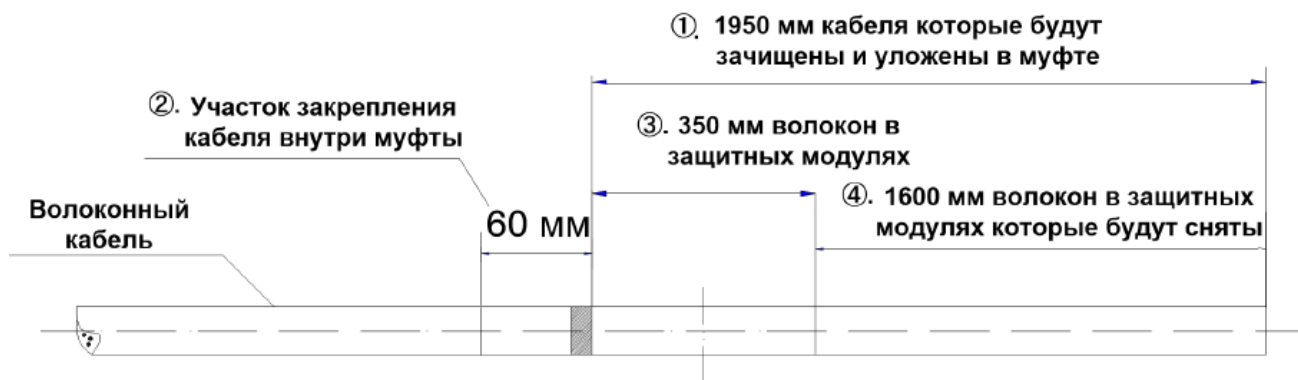


Рисунок 4.3.2 – Определение длины волоконного кабеля

Шаг 3. Зачистка защитных оболочек кабеля и волокон.

Удалите защитные оболочки волоконного кабеля до отмерянной метки с помощью специального кабельного ножа. Вскрытие защитных модулей с оптическим волокном производится стриппером. Для определения длины зачищаемых участков следуйте указаниям рисунка 4.3.2. В некоторых ситуациях, длина, на которую производится зачистка, может быть самостоятельно определена согласно дополнительным требованиям по монтажу (рисунок 4.3.3).

Внимание! Иногда бывает сложно снять всю оболочку кабеля целиком за один подход (например, в случае протяжки кабеля с металлическими силовыми элементами – прутками или гофрированной лентой). В этом случае рекомендуется удалять оболочки шаг за шагом небольшими участками по несколько сантиметров. Это позволит избежать повреждения оптических модулей и волокон.

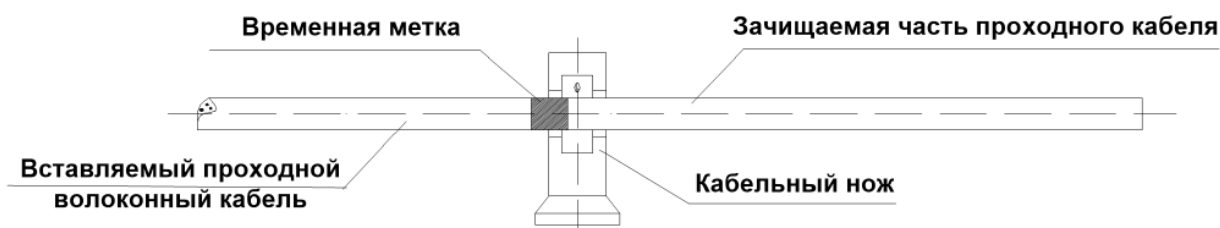


Рисунок 4.3.3 – Зачистка защитных оболочек кабеля

Шаг 4. Разделение оптических волокон и подготовка к работе по закреплению волоконного кабеля.

– Намотайте 2 слоя изоляционной ленты на оболочку кабеля. Удалите защитный модуль, каждое волокно отделите и очистите от гидрофобного заполнителя при помощи салфетки и специальной жидкости (Д-гель). Очищенные волокна смотайте в кольцо диаметром около 100 мм и закрепите изолентой.

– Данная муфта имеет 4 кабельных ввода. Количество используемых волоконных кабелей определяется преподавателем. Максимальное количество кабелей, которые можно установить в муфту равно четырем.

– Данная муфта подходит для следующих диаметров волоконных кабелей соответственно:

Port A: подходит для волоконных кабелей диаметром до 18 мм;

Port B: подходит для волоконных кабелей диаметром до 6 мм.

– Соответствующие входные/выходные порты выбираются в зависимости от диаметра используемых кабелей. Если диаметр волоконного кабеля меньше, чем диаметр отверстия порта, используйте герметизирующую ленту для его увеличения. При использовании герметизирующей ленты для увеличения диаметра контролируйте периметр кабеля с помощью специальных маркеров, которые поставляются в комплекте с муфтой.

– Оставьте около 35 мм длины центрального силового элемента от точки, где заканчиваются оболочки кабеля, излишки обрежьте (рисунок 4.3.4).

Внимание!

Прежде чем увеличивать диаметр кабеля герметизирующей лентой, кабель необходимо обтереть и зашлифовать абразивной тканью и очистить спиртом. Для отрезания силовых элементов кабеля пользуйтесь кусачками или тросокусами, если силовые элементы металлические; либо специальными ножницами, если кабель защищен кевларовыми нитями.

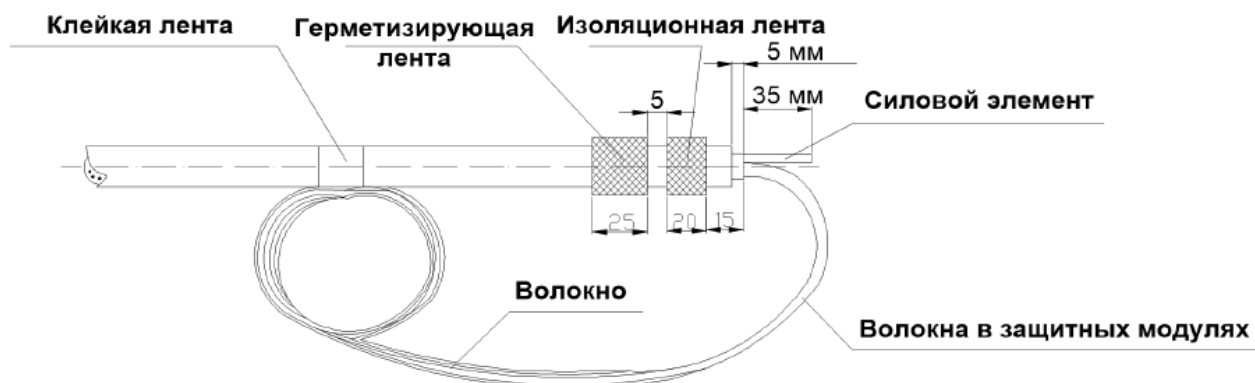


Рисунок 4.3.4 – Разделение оптических волокон

Шаг 5. Закрепление силовых элементов и волоконного кабеля.

– После завершения всех предыдущих операций снимите заглушки используемых портов, прижимную планку и гайку крепления силовых элементов. Еще раз внимательно проверьте и убедитесь в том, что подготовленный зачищенный волоконный кабель подходит для закрепления в выбранном месте. Если это не так, необходимо произвести дополнительную подгонку диаметра кабеля.

– Затяните прижимную планку, чтобы накрепко зафиксировать вставленный в порт волоконный кабель. Если диаметр кабеля слишком мал, нужно увеличить его с помощью изоляционной ленты.

– Затяните гайку крепления силовых элементов, прижав ею закрепляемые силовые элементы кабеля с помощью специального гаечного ключа (есть в комплекте), затем

подтяните ее накрепко с помощью металлического гаечного ключа (должен быть выдан преподавателем).

– Оставив некоторый запас в пространстве основания муфты под соединительной кассетой, заведите в нее модули с оптическим волокном и закрепите их нейлоновыми стяжками. Модули закрепляются в кассете в специальных желобах, расположенных по углам. Нейлоновые стяжки крепятся через отверстия в желобах (рисунок 4.3.5).

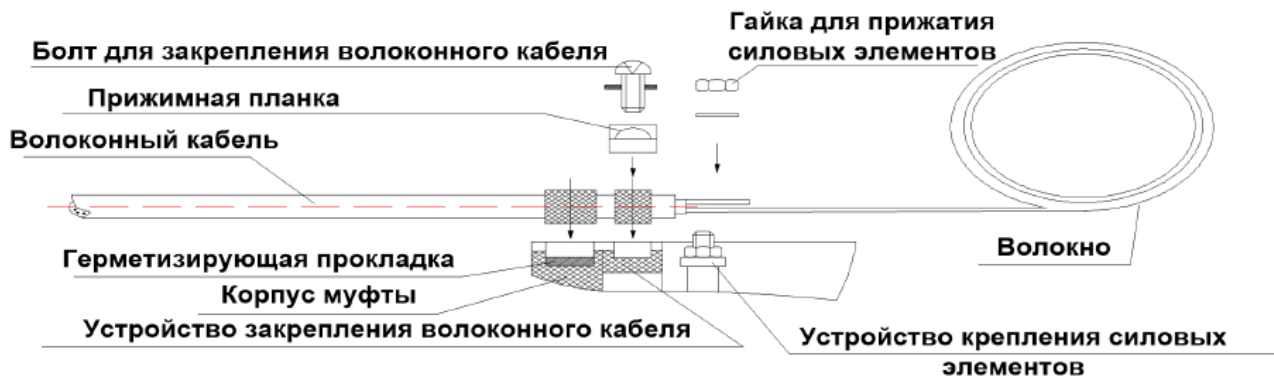


Рисунок 4.3.5 – Закрепление силовых элементов и волоконного кабеля

Шаг 6 и шаг 7. Сварка оптических волокон, термоусадка гильз КДЗС и размещение сростков в ячейки кассеты.

– Следуйте указаниям руководства пользователя используемого сварочного аппарата (*FiberFox Mini-4S* [5]) для того, чтобы сварить оптические волокна.

– Произведите термоусадку гильз КДЗС и разместите сростки в ячейки кассеты

– После окончания сварки всех волокон, первое сформированное волоконное кольцо должно быть помещено в дальнюю часть соединительной кассеты. Оставшиеся волокна должны быть скручены в форме колец с диаметром не менее 80 мм.

– Кольца помещаются в соединительную кассету вместе с усаженными в печи сварочного аппарата гильз КДЗС. При этом сначала закрепите КДЗС в одной из ячеек кассеты, затем укладывайте волоконные кольца, увеличивая их диаметр для оптимальной укладки (рисунок 4.3.6).

Внимание! В процессе сварки не допускайте спутывания и критичных изгибов оптического волокна.

Шаг 8. Детальная проверка результата.

Для того чтобы убедиться в соблюдении всех технических требований, должны быть выполнены следующие указания:

– Волокна в сплайс-кассете сварены и уложены аккуратно.

– Гильзы надежно зафиксированы в пазах сплайс-кассеты.

– Диаметр запасов оптических волокон соответствует техническим требованиям.

– Внутренние зажимы и стяжки затянуты накрепко.

– Недействующие входные/выходные порты муфты закрыты заглушками.

– Герметизирующая прокладка уложена аккуратно и равномерно. Если нет, исправьте дефектные места с помощью герметизирующей ленты.

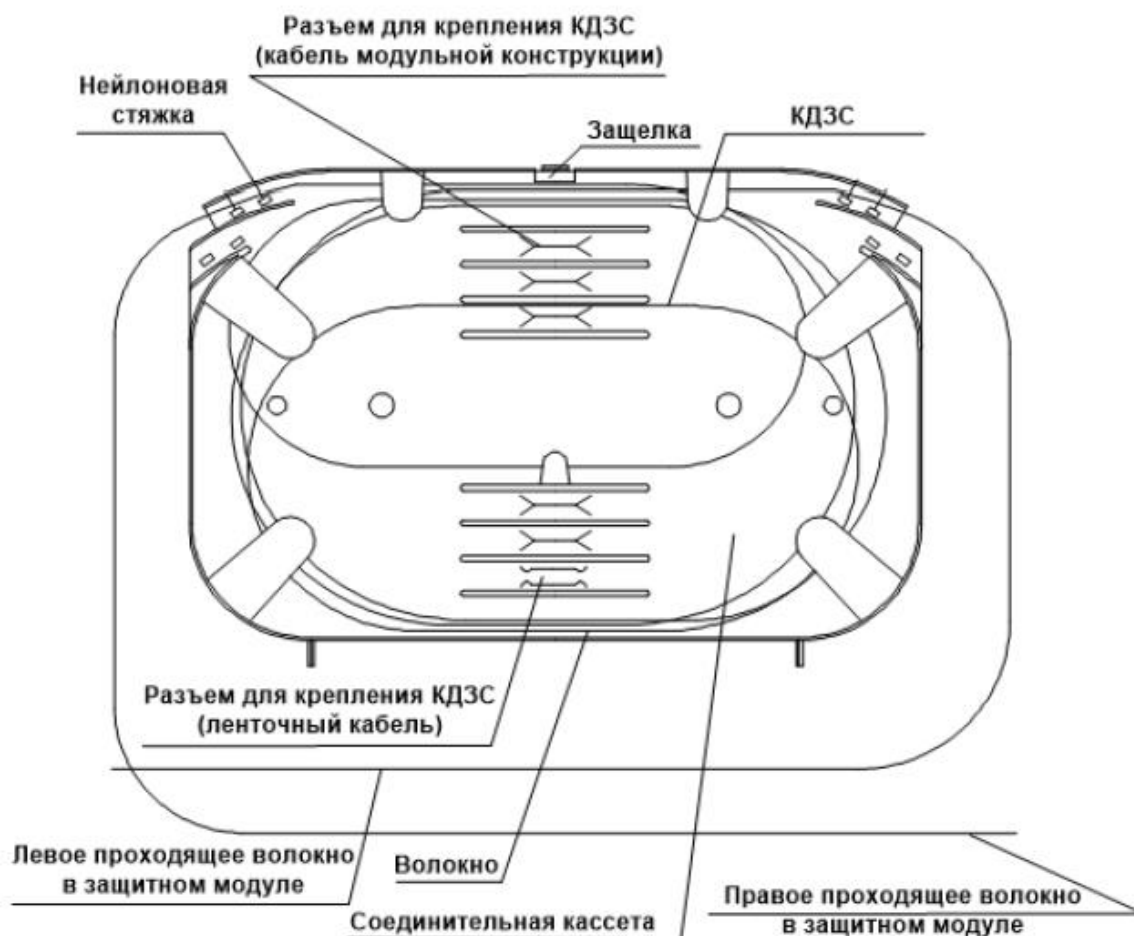


Рисунок 4.3.6 – Размещение сростков в ячейки кассеты

Внимание! В случае обнаружения каких-либо дефектов или проблем при установке, они должны быть решены немедленно, иначе это существенно скажется на качестве монтажа.

Шаг 9. Сборка корпуса муфты.

- Соедините крышку муфты с ее основанием точно и аккуратно.
- Вставьте закрепляющие болты в предназначенные для них отверстия и затяните их накрепко с помощью специального ключа.
- Установите на муфте запорные вставки в специальные разъемы. Вставки располагаются на муфте по паре с каждой стороны. Одна вставка в паре имеет отверстие с резьбой в середине, другая – с отверстием без резьбы. Затяните накрепко болты запорных вставок специальным ключом.
- Затяните 4 крепежных болта по одному на каждом угле муфты соответственно.

Внимание! Очистите корпус муфты и уделяйте большое внимание строгому соблюдению последовательности вышеуказанных действий.

4.4 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы;
2. Порядок работы;
3. Результаты измерений затухания сварных соединений;
4. Выводы по проделанной работе.
5. Ответы на контрольные вопросы.

4.5 Контрольные вопросы

1. Какие виды оптических муфт вы знаете?
2. Почему радиус колес в оптической муфте необходимо делать более 80 мм?
3. Какие функции выполняют гильзы КЗДС?
4. Какие инструменты необходимы для монтажа оптической муфты?
5. Каков алгоритм действий при сварке оптического волокна?

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 26814-86 Кабели оптические. Методы измерения параметров. — Москва: Изд-во стандартов, 1986. — 33 с.
2. ГОСТ 8.207-76 Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений. — Москва: Изд-во стандартов, 1976. — 7 с.
3. Тестер-рефлектометр оптический «Топаз-7315-AR». Руководство пользователя [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.topfibertester.ru/downloads/manual/ТОПА3-7000-AR_ARX_v1.2.pdf
4. Тестер оптический серии «ТОПА3-7315-AL». Руководство пользователя [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.topfibertester.ru/downloads/manual/Тораз-7000-А-АL_UM.pdf
5. Автоматический сварочный аппарат *FiberFox Mini-4S*. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fiberfox.co.kr/pds/4Smanual.pdf>
6. Адамович В.В. и др. Монтаж муфт оптического кабеля: технологии и конструкции // Фотон-экспресс. — 2005. — №. 2. — С. 42-44.
7. Горизонтальная проходная волоконно-оптическая соединительная муфта. Руководство по монтажу Модель: SNR-FOSC-X [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://snr.systems/site/data-files/SNR%20Optical%20components/FOSC/SNR-FOSC-X.pdf>

Приложение А

(справочное)

Статистическая обработка результатов измерения

Когда физическая величина определяется непосредственно с помощью того или иного измерительного прибора (прямые измерения), оценка истинного значения измеряемой величины и погрешности может быть осуществлена в следующем порядке:

1. Составляется таблица результатов измерений.
2. Вычисляется среднеарифметическое значение из n измерений:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i$$

3. Вычисляются квадраты погрешностей отдельных измерений:

$$\Delta^2 x_i = (\bar{X} - X_i)^2$$

4. Вычисляется средняя квадратичная погрешность результата серии измерений:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^2 x_i}{n(n-1)}}$$

5. Задаются значением доверительной вероятности α (в лабораторных работах физического практикума обычно принимают α в пределах от 0,8 до 0,9).

6. Определяют по таблице А.1 коэффициент Стьюдента t (α , n) для заданной надежности α и числа проведенных измерений n .

Таблица А.1 – Коэффициенты Стьюдента при различных значениях доверительной вероятности α и различном количестве опытов n

α	Количество измерений, n														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	23	31	41
0,9	6,3	2,9	2,4	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7
0,95	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
0,99	63,7	9,9	5,8	4,6	4,0	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	2,9	2,8	2,8	2,7

7. Определяют границы доверительного интервала ($\delta = 0,3$ Дб – погрешность прибора):

$$\Delta X = \sqrt{t^2(\alpha, n) \cdot S_x^2 + \delta^2}$$

8. Рассчитывают относительную погрешность результата серии измерений:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

9. Окончательный результат записывается в виде:

$$(\bar{X} \pm \Delta X) \text{ ед. измер, } \alpha = \dots$$
$$\varepsilon = \dots\%$$