

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ



Директор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2016 г.

**СОЕДИНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН МЕТОДОМ
СВАРКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Методическое указание по выполнению лабораторной
работы для студентов по направлениям подготовки
11.03.02 и 11.04.02. инфокоммуникационные технологии
и системы связи

Курск 2016

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ О.Г. Локтионова

«__» _____ 2016 г.

**СОЕДИНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН МЕТОДОМ
СВАРКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Методическое указание по выполнению лабораторной
работы для студентов по направлениям подготовки
11.03.02 и 11.04.02 инфокоммуникационные технологии
и системы связи

Курск 2016

УДК 681.7.069

Составители А.А. Гуламов, И.А. Пастухов

Рецензент

Кандидат технических наук, профессор *А.М. Потапенко*

Соединение оптических волокон методом сварки и определение потерь излучения: методическое указание по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.А. Гуламов, И.А. Пастухов. Курск, 2016. 18 с.: ил. 7, табл.1. Библиогр.: с.18.

Содержит сведения по методике стыковки оптических волокон, устройству сварочного аппарата для оптических волокон, порядку проведения сварки оптического волокна.

Методическое указание соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлениям подготовки 11.03.02 и 11.04.02 инфокоммуникационные технологии и системы связи, рабочим учебным планам по направлениям подготовки 11.03.02 и 11.04.02.

Предназначено для студентов по направлениям подготовки 11.03.02 и 11.04.02.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 28.04.16 . Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. 1,04. Уч.-изд.л. 0,96. Тираж 100 экз. Заказ 379 . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Оглавление

1. Сварочный аппарат Fujikura FSM-18S	- 4
1.1. Назначение	- 4
1.2. Технические характеристики Fujikura FSM-18S	- 4
1.3. Состав комплекта Fujikura FSM-18S	- 5
1.4. Устройство и принцип работы	- 7
1.5. Подключение аппарата Fujikura FSM-18S к ПК	- 9
2. Теоретическое введение	- 10
2.1. Вводная информация	- 10
2.2. Этапы сварки ОВ	- 10
2.3. Разделка волоконно-оптического кабеля	- 11
2.4. Сварка оптических волокон	- 13
3. Лабораторная работа	- 16
Библиографический список	- 18

1. Сварочный аппарат Fujikura FSM-18S

1.1. Назначение

Предназначен для соединения оптических волокон (ОВ) термическим способом (сварки) с юстировкой при помощи V-образных канавок, используемых для укладки ОВ.

1.2. Технические характеристики Fujikura FSM-18S

Типы свариваемых волокон	Одиночные кварцевые оптические волокна: одномодовые (SM, ITU-T G.652), многомодовые (MM, ITU-T G.651), со смешенной областью дисперсии (DS, ITU-T G.653), и смешенной ненулевой дисперсией NZDS (G.655)
Диаметр свариваемого волокна	125 мкм
Диаметр покрытия свариваемого волокна	От 250 мкм до 1000 мкм
Длина зачищаемых волокон	– От 8 до 16 мм для внешнего покрытия, не более 250 мм; – 16 мм для внешнего покрытия более 250 мкм; – 10 мм при наличии дополнительной ограничительной пластины.
Реальные средние потери на сварном соединении	0,05 дБ для SM; 0,02 дБ для MM; 0,08 дБ для DS; 0,08 дБ для NZDS
Типичное время сварки	11 секунд для SM волокна
Коэффициент отражения от сварного соединения, дБ	Не более -60 дБ
Программы сварки	40 настраиваемых пользователем, до 60 установленных заводских режимов сварки
Оценка потерь сварки	есть
Функция внесения потерь в месте сварки	нет
Сохранение результатов сварки	Внутренняя память позволяет сохранять до 2000 результатов сварки
Просмотр места сварки	Оси X и Y одновременно или отдельно с помощью двух CMOS телекамер на 4,1" цветном ЖК дисплее

Увеличение места сварки	В 300 раз для отдельного просмотра; В 187 раз для одновременного просмотра по осям X и Y.
Условия эксплуатации	От 0 до 3660 м над уровнем моря; Относительная влажность от 0 до 95%; Температура от - 10°C до +50°C; Допустимая скорость ветра 15 м/с.
Проверка механической прочности места сварки	1,96 ~ 2,25 Н
Термоусадка	Встроенный нагреватель с 30 режимами нагрева
Время термоусаживания	Около 30 сек. Для КДЗС производства Fujikura
Типы применяемых термоусадочных трубок	Стандартные, длиной 60 мм или 40 мм, а также меньшего размера
Количество сварок с термоусадкой при питании от аккумуляторной батареи	150 сварок от полностью заряженной батареи BTR-08
Интерфейсы	USB 1.1 (тип USB-B), видео разъем RCA/NTSC
Размер	136x161x143 мм
Вес	2,1 кг (с сетевым адаптером); 2,5 кг (с аккумуляторной батареей)

1.3. Состав комплекта Fujikura FSM-18S

Сварочный аппарат с русифицированным меню FSM-18S	- 1 шт
Съемный блок питания 200В/12В с зарядным устройством	ADC-13
	- 1 шт
Аккумуляторная батарея (BTR-08)	- 1 шт
Шнур для зарядки (DCC-14)	- 1 шт
Шнур питания сетевой АСС-15	- 1 шт
Запасные электроды ELCT2-20A	- 1 пара
Приемный лоток для термоусаживаемых КДЗС	JP-04
	- 1 шт
Жесткий кейс для переноски СС-24	- 1 шт
Прецизионный скалыватель оптоволокна СТ-30А	- 1 шт
Руководство по эксплуатации на русском языке	- 1 шт
USB кабель USB-01	- 1 шт

В комплекте со сварочным аппаратом поставляется прецизионный скалыватель оптических волокон СТ-30 с описанием и инструкцией по эксплуатации.

Общий вид аппарата показан на рис.1.

Аппарат FSM-18S может работать самостоятельно или подключаться к персональному компьютеру (ПК). В первом случае управление аппаратом и проведение сварки осуществляется с помощью собственного монитора во втором с помощью ПК.

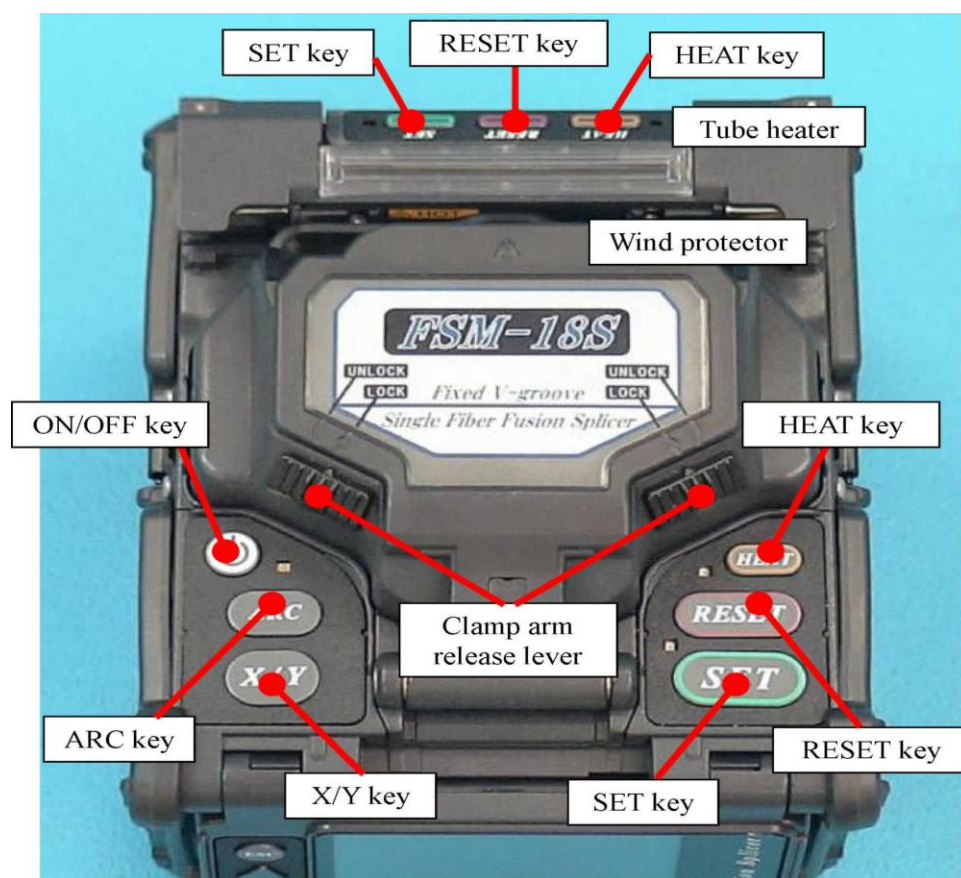


Рис.1. Сварочный аппарат Fujikura FSM-18S

1.4. Устройство и принцип работы

Сварочный аппарат Fujikura FSM-18S предназначен для сварки оптических волокон с применением юстировки при помощи V-образных канавок. Волокна совмещаются друг с другом за счет укладки их в V-образные калиброванные канавки. Перемещение волокон осуществляется только по оси Z . На Рис.2. представлен принцип работы аппарата.

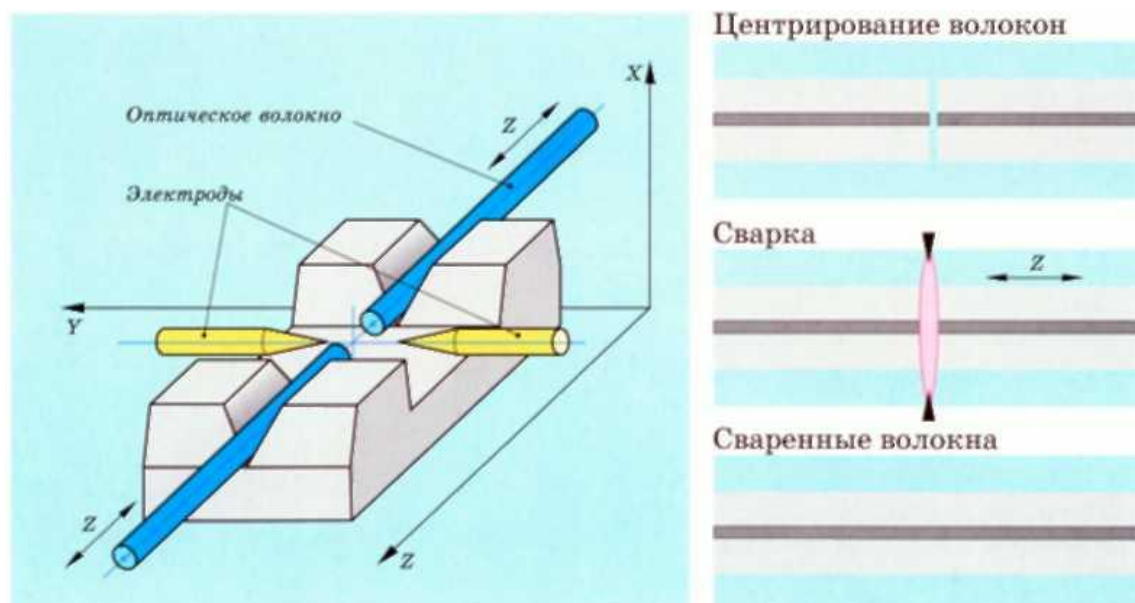


Рис.2. Принцип работы сварочного аппарата Fujikura FSM-18S

Принцип действия аппарата Fujikura FSM-18S основан на расплавлении предварительно отъюстированных концов сращиваемых ОВ с их последующим сведением и слиянием. Положительным дополнительным эффектом от использования такой схемы сращивания оптических волокон является эффект самоцентрирования, то есть возникающие при сведении световодов силы поверхностного натяжения уменьшают смещение осей сращиваемых волокон и потери в области соединения.

Для нагрева сращиваемых ОВ применяются электрическая дуга (точнее тлеющий разряд) тока высокой частоты, плазменная или кислородная горелка, а также луч CO_2 -лазера. В настоящее время из-за ряда эксплуатационных и технических преимуществ

практическое применение находит исключительно сварка электрической дугой. Принцип сварки электрической дугой показан на Рис.3.

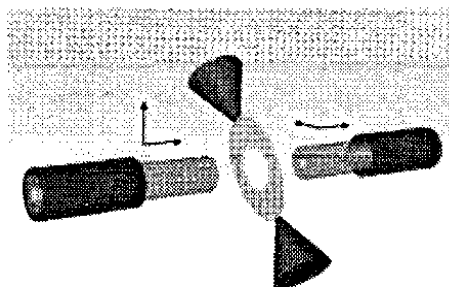


Рис.3. Принцип сварки электрической дугой

Собственно процедура сварки в общем случае реализуется в три этапа.

1. Очистка волокна. В процессе выполнения этой операции в область торцевой части очищенных участков ОВ подается кратковременная электрическая дуга, которая выжигает оставшиеся на поверхности загрязнения. Расстояние между торцевыми поверхностями в этом режиме близко к диаметру ОВ, то есть выбирается примерно равным 100 мкм. Одновременно на этапе очистки осуществляется удаление возможных трещин на боковой поверхности световодов, что увеличивает прочность и долговременную стабильность сварного сростка. В случае необходимости процедура очистки повторяется несколько раз.
2. Так называемое оплавление, или предсварка (prefusion). В процессе выполнения данной процедуры ОВ сближаются на расстояние 10 - 15 мкм, при этом ток дуги и продолжительность ее подачи увеличиваются. В результате выполнения предсварки торцы волокон оплавляются и приобретают немного выпуклую форму.
3. Основная сварка. Эта процедура начинается сразу же после завершения этапа предсварки без перерыва. Ток дуги и время ее подачи возрастают еще больше и регулируются по специальному алгоритму. При расплавлении стекла ОВ сводятся

вплотную и начинается процесс их слияния и формирование неразъемного соединения.

1.5. Подключение аппарата Fujikura FSM-18S к ПК

Аппарат Fujikura FSM-18S укомплектован USB кабелем для подключения к ПК. Для этого необходимо установить программное обеспечение «FSM Data Connection Software» из прилагаемого CD диска на ПК, и соединить его с аппаратом USB кабелем. На Рис.4. представлена иллюстрация такого подключения.



Рис.4. Подключение сварочного аппарата Fujikura FSM-18S к ПК

Это позволяет отслеживать и управлять всем циклом сварки непосредственно с ПК, сохранять и анализировать результаты сварок, составлять отчеты.

2. Теоретическое введение

2.1. Вводная информация

Одно из главных требований при работе с оптоволоконными кабелями – внимательное отношение ко всем этапам процесса монтажа кабельной системы: укладке, разделке, соединению и оконцовке. Ошибка дорогого стоит – это затраты на поиск места повреждения и замена участка кабеля. Замена поврежденного участка не только увеличивает трудозатраты, но и снижает качество всей системы: каждый соединительный элемент, каждая спайка вносит свои искажения в передаваемый сигнал, уменьшает расстояние передачи сигнала, требует увеличения оптического бюджета системы.

Для специалистов, которые только начинают свою работу по монтажу оптоволоконной системы, рекомендуется приобрести готовый комплект основных инструментов и материалов, необходимых для проведения работ: дозаторы, распределители, расходные материалы и защитные средства. Спустя некоторое время, когда будут получены начальные навыки в работе с оптоволоконным кабелем и сформируются предпочтения в разнообразии используемых инструментов и материалов, можно комбинировать набор "под себя".

2.2. Этапы сварки ОВ

Одной из важнейших операций, определяющих параметры и качество ВОЛС, является сварка оптических волокон, поэтому наиболее важно выполнение данного вида работ на профессиональном уровне.

Соединение оптических волокон с помощью сварки является наиболее распространенным методом получения неразъемных соединений. Этот метод позволяет получать качественные соединения с низкими показателями вносимых потерь.

Процесс сращивания оптического волокна содержит следующие основные этапы:

1. Разделка оптического кабеля на определенную длину и удаление ненужных элементов, очистка волокон сал-

- фетками, смоченными специальной жидкостью, от гидрофобного материала.
2. На волокна одного из кабелей надеваются специальные гильзы — КДЗС (комплект для защиты стыка), состоящие из двух термоусадочных трубок и силового стержня.
 3. С концов волокон (2-3 см) снимается цветной лак и защитный слой, волокна протираются спиртом.
 4. Зачищенное волокно скалывается специальным прецизионным скалывателем. Плоскость скола волокон должна быть перпендикулярна оси волокна. Допустимое отклонение - до $1,5^\circ$ на каждый скол.
 5. Волокна, предназначенные для сварки, укладываются в зажимы сварочного аппарата (V-образные канавки).
 6. Под микроскопом с помощью манипуляторов происходит их совмещение (юстировка). В современных сварочных аппаратах юстировка происходит автоматически.
 7. Электрическая дуга разогревает до установленной температуры концы волокон с микроскопом между ними, торцы волокон совмещаются микропроводкой держателя одного из волокон.
 8. Аппарат осуществляет проверку прочности соединения посредством механической деформации и оценивает затухание, вносимое стыком.
 9. КДЗС сдвигается на место сварки, и этот участок помещается в тепловую камеру, где происходит термоусадка КДЗС.
 10. Сваренные волокна укладываются в сплайс-пластину, кассету оптической муфты или кросса.

2.3. Разделка волоконно-оптического кабеля

Волоконно-оптический кабель представляет собой несколько оптических волокон, которые вместе с армирующими нитями заключены в защитную полимерную оболочку. Для защиты от агрес-

сивных внешних воздействий кабель помещают в броневую защиту из гофрированной алюминиевой или стальной защитной ленты либо из стальной проволоки. Из-за того, что оптическое волокно в достаточной степени чувствительно к осевым и радиальным деформациям, для его разреза непригодны недорогие кабелерезы, которые используются для работы с медными кабелями. Рекомендуется использовать инструмент, лезвия которого рассчитаны на резку стали.

Начальный этап разделки волоконно-оптических кабелей – удаление верхнего слоя защитных и броневых покровов, выполняется теми же инструментами, что и разделка обычных кабелей. Полимерная изоляция и фольга вскрываются резаками, а стальная проволока выкусывается бокорезами.

Но в дальнейшей работе без специальных инструментов все равно не обойтись. Для разделки оптического кабеля (ОК) и ОВ необходим специальный набор инструментов, представленный на Рис.5.



Рис.5. Типовой набор инструментов для разделки ОК и ОВ.

В набор такого инструмента входят:

- кусачки для обреза силовых элементов (тросокусы);
- стриппер для удаления 250 мкм покрытия ОВ;
- триппер для удаления 900 мкм буферного покрытия ОВ;

- роликовый нож для резки оптических модулей;
- плужковый нож для разделки оболочки ОК;
- ножницы для резки арамидных нитей;
- дозатор для спирта;
- пинцеты, отвертки, рулетка, маркеры;
- пассатижи, нож, гаечные ключи, кусачки, ножовка по металлу;
- расходные материалы и др.

2.4. Сварка оптических волокон

Сварка оптоволоконна осуществляется с помощью специальных сварочных аппаратов и обычно выполняется в три этапа:

1. подготовка и зачистка кабеля, получение качественного торца;
2. сваривание сварочным аппаратом;
3. тестирование и оценка качества соединения.

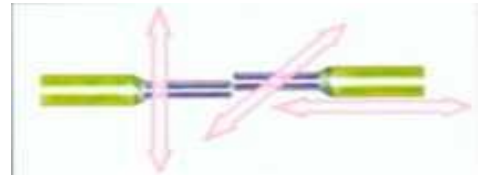
Сварочный аппарат осуществляет соединение оптоволоконна с хорошими параметрами места соединения просто и быстро. Современные сварочные аппараты позволяют снизить потери в месте соединения до 0,04 дБ и менее. Аппарат автоматически выполняет все необходимые операции: юстирует оптоволоконна, расплавляет концы оптоволоконна, сваривает их. Наиболее функциональные (но и, к сожалению, более дорогие) модели так же проверяют качество соединения. После чего место сварки защищают, обычно при помощи термоусадочной гильзы.

Сварка оптического волокна также используется при оконцовке волокна коннекторами. Для этих целей используются готовые волоконно-оптические перемычки – пигтейлы (англ. Pigtail – гибкий проводник). Пигтейл обычно изготавливается в заводских условиях, он представляет собой отрезок оптоволоконного кабеля, который имеет с одной стороны оптический коннектор. Волоконно-оптический кабель сваривается с волокном пигтейла, а уже при помощи коннектора его подключают к оборудованию.

На Рис.6. последовательно показаны операции подготовки и сварки ОВ.



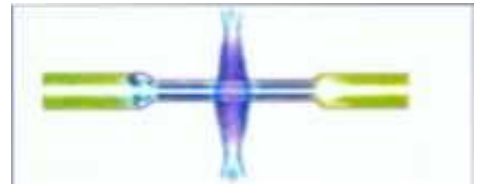
1. Подготовка волокна



4. Юстировка волокон



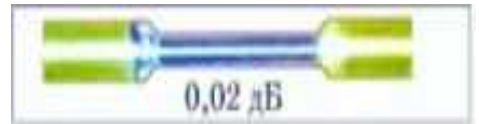
2. Снятие оболочки



5. Сварка волокон



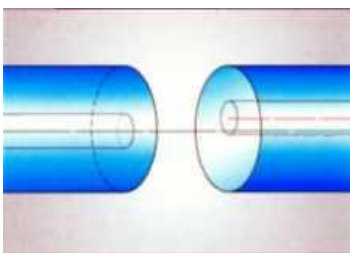
3. Скалывание волокна



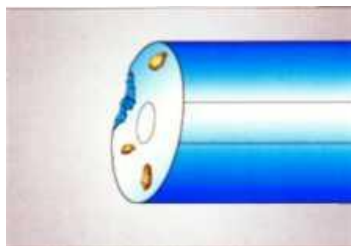
6. Оценка результата

Рис.6. Операции подготовки и сварки оптического волокна

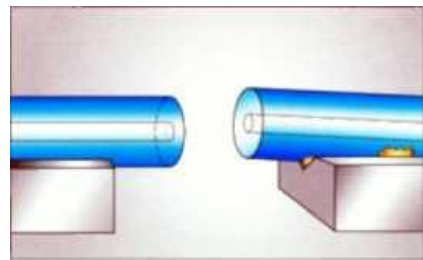
На Рис.7. представлены иллюстрации основных причин некачественной сварки ОВ.



1



2



3

Рис.7. Причины некачественного соединения ОВ

- 1 - эксцентриситет сердцевины и оболочки волокна
- 2 - загрязнение и раковины на поверхности скола
- 3 - наличие загрязнения в V-образной канавке

Таким образом качество сварного соединения напрямую зависит от подготовки торцевой поверхности ОВ и чистоты V-образных канавок.

3. Лабораторная работа «Сварка оптического волокна».

Цель работы: -получение навыков работы по разделке волоконно-оптического кабеля, скалывания оптического волокна, сварке оптических волокон и их термоусадке.

Порядок выполнения работы

3.1. Подготовка и зачистка ОВ.

1. Удалить верхний слой защитных и броневых покровов оптического кабеля с помощью резака Кабификс на расстоянии 40см.
2. Откусить стальную проволоку бокорезами.
3. Отрезать кевларовую нить у основания среза ОК специальными ножницами.
4. Очистить оптические модули от гидрофобного материала салфеткой, смоченной специальной жидкостью.
5. Снять внешнюю оболочку оптического модуля с помощью стриппера на расстоянии 100мм.
6. Очистить ОВ от гидрофобного материала салфеткой, смоченной специальной жидкостью.
7. На волокно одного из кабелей надеть специальную термоусадочную гильзу, состоящую из термоусадочной трубки и силового стержня.
8. С помощью стриппера буферного слоя сделать надрез на расстоянии 30мм от края ОВ, и аккуратно снять цветной лак и защитный слой.
9. После обнажения концов волокон их нужно обезжирить с помощью специальной безворсовой салфетки, смоченной в спирте.

3.2. Скалывание ОВ.

1. Открыть крышку скалывателя.
2. Открыть зажим, удерживающий ОВ.
3. Нажать на подвижную слазку, пока она не закроется.
4. Установить зачищенный конец ОВ в скалыватель, чтобы край оболочки совпадал с риской 12мм.
5. Закрыть зажим, удерживающий ОВ.

6. Надавить на крышку скальвателя.
7. Извлечь ОВ из скальвателя.
8. Повторить процедуру 1-7 для второго ОВ.

3.3. Включение сварочного аппарата.

1. Нажать клавишу ON/OFF и удерживать ее до тех пор, пока не загорится зеленый индикатор.
2. Выбрать подходящий режим сварки и режим термоусадки (для большинства типов одномодовых и многомодовых ОВ подходит режим «АУТО»).
3. Удостовериться, что режим сварки соответствует типу свариваемого волокна.

3.4. Сварка ОВ.

1. Открыть ветрозащитную крышку и фиксаторы ОВ.
2. Поместите заготовленные ОВ в V-образные канавки.
3. Удостоверьтесь, что края ОВ расположены по середине между краем V-образной канавки и центром оси электродов.
4. Закрыть ветрозащитную крышку и фиксаторы ОВ.
5. Нажать клавишу “SET” для начала сварки.
6. Провести наблюдение сварки.
7. Занести сведения о потерях в сварочном соединении в отчет

3.5. Термоусадка.

1. Открыть ветрозащитную крышку и фиксаторы ОВ.
2. Переместить термоусадочную гильзу так, чтобы центр гильзы совпадал с местом сварного соединения.
3. Установить ОВ с термоусадочной гильзой в печку.
4. Включить нагрев, закрыв крышку печки.
5. После завершения термоусадки и охлаждения гильзы вынуть ее из печки.

Контрольные вопросы

1. Назначение и принцип действия сварочного аппарата Fujikura FSM-18S?
2. Основные этапы процедуры сварки ОВ?
3. Причины некачественной сварки ОВ?
4. Метод юстировки оптического волокна перед сваркой?
5. Метод упрочнения соединения оптических волокон после сварки?

Библиографический список

1. А. В. Листвин Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛЕСАРпт, 2005.-208 с.: ил.
2. Дэвид Бейли, Эдвин Райт Волоконная оптика. Теория и практика: Учебно-справочное издание. – М.: Кудиц-Образ. – Москва, 2006. – 320с.: ил.
3. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. – М.: Академия АйТи; ДМК Пресс, 2007. – 632с.: ил.
4. Пронин М.П. Монтаж, восстановление и измерение волоконно-оптических кабелей ВОЛП ЖТ: Учебное иллюстрированное пособие. – М.: Маршрут, 2003. – 69с.: ил.
5. Родина О.В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство – М.: Горячая линия - Телеком, 2009. – 400с.: ил.