

## Практическое занятие № 2

### Тема: «Монтаж волоконно-оптического кабеля»

Цель: Получить первичные знания о монтаже оптического кросса

#### Теоретическая часть

#### Потери в оптических коннекторах

Опишем проблемы, возникающие при переходе сигнала из одного световода в другой. Потеря мощности или затухание оптической волны возникает при неточной центровке световодов. В этом случае часть лучей просто не переходит в следующий световод, или входит под углом более критического. При неполном физическом контакте волокон образуется воздушный зазор. В связи с чем возникает эффект возвратных потерь. Часть лучей при прохождении прозрачных сред с разной плотностью отражается в обратном направлении. Достигая резонатора, они усиливаются и вызывают искажения сигналов.

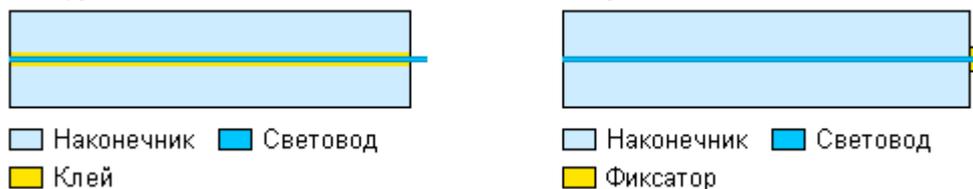


Неидеальная геометрическая форма волокон также вносит вклад в потери мощности. Это может быть и эллиптичность световода и нецентричность его сердцевины. Торцы самого световода могут содержать деформации: сколы и шероховатости, что в свою очередь уменьшает рабочую поверхность соприкосновения волокон.

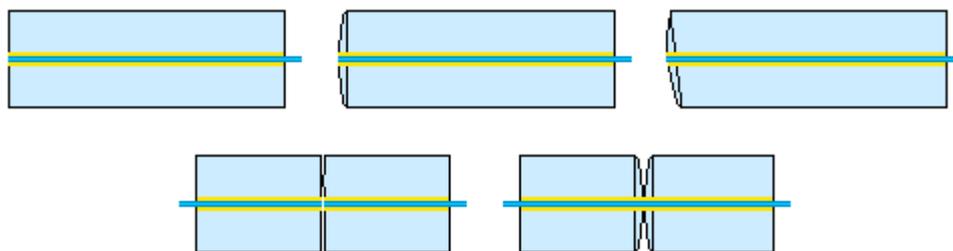


#### Наконечники оптических коннекторов

Таким образом необходимо точно и плотно совместить оба световода. Чтобы обеспечить сохранность хрупкого волокна при многократном совмещении, их оконечные отрезки помещают в керамические, пластмассовые или стальные наконечники. Большинство наконечников имеют цилиндрическую форму с диаметром 2,5 мм. Встречаются конические конструкции, а коннекторы LC имеют наконечник диаметром 1,25 мм. Внутри наконечников существует канал, в который вводится и фиксируется химическим или механическим способом очищенный от оболочки световод. При удалении защитного покрытия могут использоваться как специальные механические инструменты, так и химически активные растворы. Внутри наконечника световод может фиксироваться как по всей длине канала (чаще это методы на основе клея), так и в точке ввода волокна в наконечник (механические методы). Процесс механической фиксации занимает гораздо меньше времени (до нескольких минут) и основан на "придавливании" волокна с помощью полимерных материалов. Но он является менее надежным и недолговечным. Химический способ говорит сам за себя. Чаще всего фиксирующим составом в данной технологии выступают эпоксидные растворы, как наиболее надежные. Однако период полного застывания такого состава весьма продолжителен - до суток. Поэтому при необходимости более быстрого монтажа коннекторов могут применяться другие компоненты или специальные печи для сушки.



После установки световода в коннектор необходимо отшлифовать торец наконечника. Выступающий излишек волокна удаляется специальными инструментами. Основной принцип заключается в надрезе и обламывании световода, после чего можно приступать к непосредственной полировке поверхности. Особый интерес вызывает форма торцов наконечников. Их обработка представляет собой целое искусство. Простейший вариант торца - плоская форма. Ей присущи большие возвратные потери, поскольку вероятность возникновения воздушного зазора в окрестности световодов велика. Достаточно неровностей даже в нерабочей части поверхности торца. Поэтому чаще применяются выпуклые торцы (радиус скругления составляет порядка 10-15 мм). При хорошем центрировании плотное соприкосновение световодов гарантируется, а значит более вероятно отсутствие воздушного зазора. Еще более продвинутым решением является применение скругления торца под углом в несколько градусов. Скругленные торцы меньше зависят от деформаций, образуемых при соединении коннекторов, поэтому подобные наконечники выдерживают большее количество подключений (от 100 до 1000).



Также важен материал наконечника. Подавляющее число коннекторов строятся на основе керамических наконечников, как более стойких.

Согласно стандарту ТТ/ЕІА 568А величина возвратных потерь для многомодового волокна в оптических коннекторах не должна превышать -20 Дб, а для одномодового -26 Дб. По величине возвратных потерь коннекторы делятся на классы

Тип	Потери	Тип	Потери
PC	менее 30 дБ	Ultra PC	менее 50 дБ
Super PC	менее 40 дБ	Angled PC	менее 60 дБ

PC представляет собой абривиатуру от английского Physical Contact.

### Соединение оптических коннекторов

Принципиально соединение двух оптических коннекторов кроссового оборудования строится по следующей схеме: Платформой для установки коннекторов служит розетка. Входящие в нее коннекторы фиксируются таким образом, чтобы оси их наконечников были отцентрированы, параллельны и плотно прижаты. Подобные розетки обычно устанавливают в патч-панели или вставки монтажных коробов.

Тип коннектора	Наконечник	Потери (Дб) при 1300 нм	
		Многомодовый	Одномодовый
ST	Керамика	0.25	0.3
SC	Керамика	0.2	0.25
LC	Керамика	0.1	0.1
FC	Керамика	0.2	0.6
FDDI	Керамика	0.3	0.4

### ST-коннектор

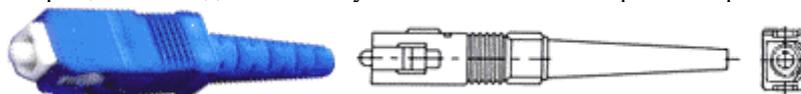
Коннекторы различаются не только применяемыми наконечниками, но и типом фиксации конструкции в розетке. Самым распространенным представителем в локальных оптических сетях является ST-тип коннектора (от англ. Straight Tip). Керамический наконечник имеет цилиндрическую форму диаметром 2.5 мм со скругленным 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. Оно требует большого жизненного пространства для одного линка, что важно в многопортовых кабельных системах. Более того, 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.

### SC-коннектор

Слабые стороны ST-коннекторов в настоящее время решают за счет применения SC-технологии (от англ. Subscriber Connector). Сечение корпуса имеет прямоугольную форму. 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 нежели в ST-конструкции. Отсутствие вращательных движений обуславливает более осторожное прижатие наконечников.

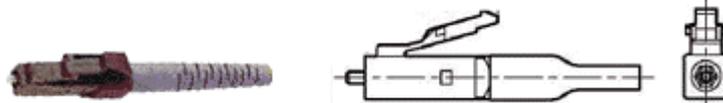


В некоторых случаях SC-коннекторы применяются в дуплексном варианте. На конструкции могут быть предусмотрены фиксаторы для спаривания коннекторов, или применяться специальные скобы для группировки корпусов. Коннекторы с одномодовым волокном обычно имеют голубой цвет, а с многомодовым серый.

### LC-коннектор

Коннекторы типа LC - это малогабаритный вариант SC-коннекторов . 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. Ниша этих изделий - многопортовые оптические системы.

### FC-коннектор

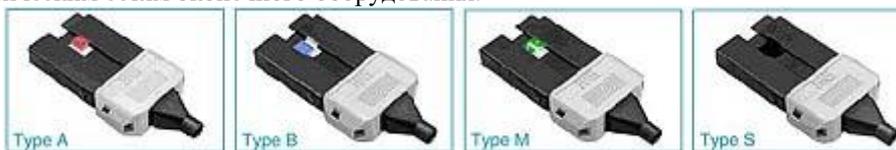
В одномодовых системах встречается еще одна разновидность коннекторов - FC. Они характеризуются отличными геометрическими характеристиками и высокой защитой наконечника.



### FDDI-коннектор

Для подключения дуплексного кабеля могут использоваться не только спаренные SC-коннекторы. Часто в этих целях применяют FDDI-коннекторы. Конструкция выполняется из пластмассы и содержит два керамических наконечника. Для исключения неправильного подключения линка коннектор имеет несимметричный профиль.

Технология FDDI предусматривает четыре типа используемых портов: А, В, S и М. Проблема идентификации соответствующих линков решается за счет снабжения коннекторов специальными вставками, которые могут различаться по цветовой гамме или содержать буквенные индексы. В основном данный тип используется для подключения к оптическим сетям оконечного оборудования.



Материалы предоставлены компаний AESP ([www.aesp.ru](http://www.aesp.ru))

Работа с оптоволоконном: не так страшно, как кажется

На самом деле, работа с оптоволоконном хоть и требует определенного опыта и навыков, но их наработать – не такая сложная задача. Тем более что сейчас рынок предлагает большое количество инструментов и оборудования для разделки и монтажа кабеля. Этому вопросу и посвящена данная статья.

### 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 оптоволоконна, рекомендуется приобрести готовый комплект основных инструментов и материалов, необходимых для проведения работ: тара, дозаторы, распределители, расходные материалы и защитные средства. Спустя некоторое время, когда вы получите начальные навыки в работе с оптоволоконным кабелем и сформируете предпочтения в разнообразии используемых инструментов и материалов, мы можете комбинировать набор «под себя».

### 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 агрессивных 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 покрытий, выполняется теми же инструментами, что и разделка обычных кабелей. Полимерная изоляция и фольга вскрываются резаками, а стальная проволока выкусывается бокорезами. Рекомендуется применять кабельные ножи: они позволяют снимать полимерное покрытие с кабеля диаметром от 4 до 35 мм, и при этом кабельный нож имеет специальную насадку, ограничивающую глубину разреза оболочки, что исключает повреждение оптоволоконных жил.

Но в дальнейшей работе без специальных инструментов все равно не обойтись:

- ножницы или кусачки с керамическими лезвиями используются для удаления армирующих нитей из кевлара. Обычные ножницы эти тонкие, гибкие и прочные волокна не режут, а выдавливают или гнут;
- стрипперы предназначены для снятия буферного слоя. Их применение снижает риск повреждения оптического волокна: в первую очередь, из-за того, что его рабочие поверхности имеют фиксированную настройку;
- скальватель оптических волокон применяется для отсекаания лишнего отрезка волокна под углом 90 град. Скальватели бывают ручные и автоматические. При подготовке оптоволоконна для последующей сварки или

соединения волокон при помощи сплайса рекомендуется использовать автоматические скальватели, которые позволяют получить чистый и ровный скол без дефектов под углом  $90 \pm 0,5$  град. Например, скол с углом более 2 град. может привести к увеличению потерь в соединении до 1 дБ, что при оптическом общем бюджете системы в 15–25 дБ – зачастую неоправданная роскошь;

- микроскопы позволяют диагностировать разъемы оптических волокон на качество полировки жилы, наличие трещин, царапин;
- кримперы предназначены для обжимки наконечников, разъемов и контактов.

#### **Соединение волоконно-оптического кабеля.**

Широко применяется три способа монтажа оптоволокон:

- \* сварка оптических волокон;
- \* соединение при помощи механических разъемов;
- \* соединение при помощи сплайса.

#### **Сварка оптических волокон.**

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

- \* подготовка и зачистка кабеля, получение качественного торца;
- \* сваривание сварочным аппаратом;
- \* тестирование и оценка качества соединения.

Сварочный аппарат осуществляет соединение оптоволокон 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 оптоволокон, расплавляет концы оптоволокон, сваривает их. Наиболее функциональные (но и, к сожалению, более дорогие) модели так же проверяют качество соединения. После чего место сварки защищают, обычно при помощи термоусаживающей трубки.

#### **Соединение при помощи механических разъемов.**

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

#### **Соединение при помощи сплайса.**

Сплайс – устройство для сращивания волоконно-оптического кабеля без применения сварки. В сплайс через специальные направляющие навстречу друг другу вводятся подготовленные концы оптических волокон и фиксируются в нем. Для уменьшения вносимых потерь стык между волокнами помещают в специальный (иммерсионный) гель, который зачастую находится внутри сплайса. Технология соединения при помощи сплайса включает в себя несколько этапов:

- \* разделка волоконно-оптического кабеля;
- \* обработка торцов;
- \* выполнение соединения;
- \* тестирование и оценка качества соединения;
- \* нанесение защитных покрытий, восстановление защитной оболочки и брони.

Применение сплайсов облегчает процесс сращивания оптоволокон, но работа с ними требует практических навыков. Вносимые потери при этом методе соединения волокон меньше, чем при использовании пары волоконно-оптических вилок и адаптера, но все же могут составлять 0,1 дБ и выше. Согласно требованиям стандартов на СКС ISO 11801, TIA EIA 568B вносимые потери в сплайсе не должны превышать 0,3 дБ. Для этого в ходе монтажа проводится корректировка положения волокон относительно друг друга, в процессе работ также необходимо проводить постоянный замер потерь на месте соединения.

Кроме того, следует принимать во внимание тот факт, что со временем потери в месте соединения при помощи сплайса могут увеличиться из-за смещения волокон в пространстве или высыхания иммерсионного геля.

*Автор статьи — Карачунский С.А., Директор по маркетингу компании «В1 электроникс».*

#### **Контрольные вопросы:**

1. Почему возникают потери в оптических коннекторах?
2. Какие способы можно использовать при удалении защитного покрытия оптического кабеля? Опишите их.
3. Какая процедура следует после установки световода в коннектор?
4. Какая должна быть форма торца? Почему?
5. Из какого материала выполняют наконечники?
6. Назовите все известные коннекторы для оптоволоконного кабеля. Опишите конструкцию ST-коннектора.
7. Каким способом выполняется подключение/отключение SC-коннектор?
8. В каких случаях применяются FDDI-коннекторы?
9. Назовите этапы монтажа кабельной системы.

10. Почему для разделки волоконно-оптического кабеля необходим инструмент, лезвия которого рассчитаны на резку стали?
11. Опишите инструменты для разделки волоконно-оптического кабеля.
12. Назовите и опишите три способа монтажа оптоволоконна.

### Задание на лабораторную работу:

#### Проанализировать и законспектировать основные этапы монтажа оптического кросса. Порядок выполнения работы

Процесс сварки оптического кабеля (на примере монтажа оптического кросса)

1. Весь процесс сварки начинается с процедуры разделки оптического кабеля.. Мы будем работать с оптическим кабелем марки ИК/Т компании ИНТЕГРА Кабель.



Подвесной оптический кабель с внешним металлическим силовым элементом на основе модульной конструкции. Оптические кабели марки ИК/Т предназначены для подвески на опорах линий связи, между зданиями и сооружениями.

2. Прежде чем приступить непосредственно к монтажу отмеряем и оставляем запас кабеля. Порядка 4-5 метров для кросса (для муфты кстати не менее 10-15 метров). Запас нужен для того чтобы была возможность например перенести кросс вместе со стойкой на некоторое расстояние, по запасу.
3. Разделяем кабель. Для начала отмеряем с помощью рулетки длину разделки, она составляет около двух метров. Делаем на кабеле отметку. С помощью специального кабельного ножа или с помощью усиленного канцелярского ножа с большими лезвиями
4. Отделяем силовой элемент-трос от кабеля. Удобнее это делать вдвоем, один держит нож, другой тянет за конец троса и кабеля.
5. Снятие изоляции с помощью специального стриппера. Мы используем стриппер кабельный МК02 RCJS.



С помощью этого стриппера делаем поперечные надрезы на кабеле через равные промежутки (предварительно откусив силовой элемент специальными тросокусами).



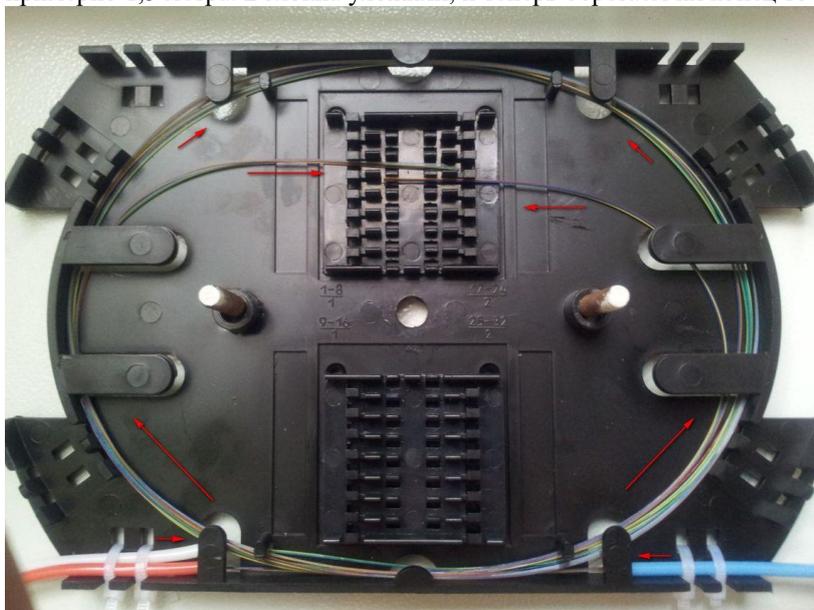
оставив примерно 30 см для дальнейшего крепления в кроссе). Потом стягиваем изоляцию с кабеля.

6. Отрезаем и снимаем нити и полиэтиленовую оболочку. (Процесс зачистки бронированного кабеля другой)
7. Кабель зачищен. Ветошью, смоченной в специальной жидкости для снятия гидрофобного геля (D-GEL) протираем расправленные модули. Потом протираем сухой чистой ветошью. Заводим кабель в кросс, отмеряем длину троса, сколько нам нужно для крепления, лишнее отрезаем. Кабель должен быть заведен в кросс вместе с оболочкой. Снаружи не должны оставаться голые модули. Место выхода модулей из-под оболочки можно примотать лентой 88T производства компании 3М или простой изолентой.
8. В сплайс-кассету заводим модули и перманентным маркером делаем отметки в месте последующего надреза и снятия модулей. Отметки делаются чуть дальше места крепления модулей в сплайс-кассете нейловыми стяжками. Теперь пришел черед удалить лишние части модулей. Для надрезки модуля в месте отметки мы используем специальный стриппер-прищепку



Есть и другие инструменты для этой операции. Надевая стриппер-прищепку на модуль в месте отметки, делаем 1-2 оборота по часовой стрелке. По правилам срезать модуль нужно частями, приблизительно по 30-40 см и это будет правильно. Волокна освобождены от модулей, протерты и сияют чистотой.

9. Аккуратно заводим волокна и кабель в кросс. Крепим силовой элемент кабеля в специальном зажиме кросса. Помечаем если необходимо модули и волокна маркерами. Предварительно подмотав место крепления модулей к сплайс-кассете изолентой или лентой 88T, притягиваем модули к кассете стяжками. Длина волокон должна быть примерно 1,5 метра. Волокна уложили, и теперь обрезаем их конец точно над серединой ложемент

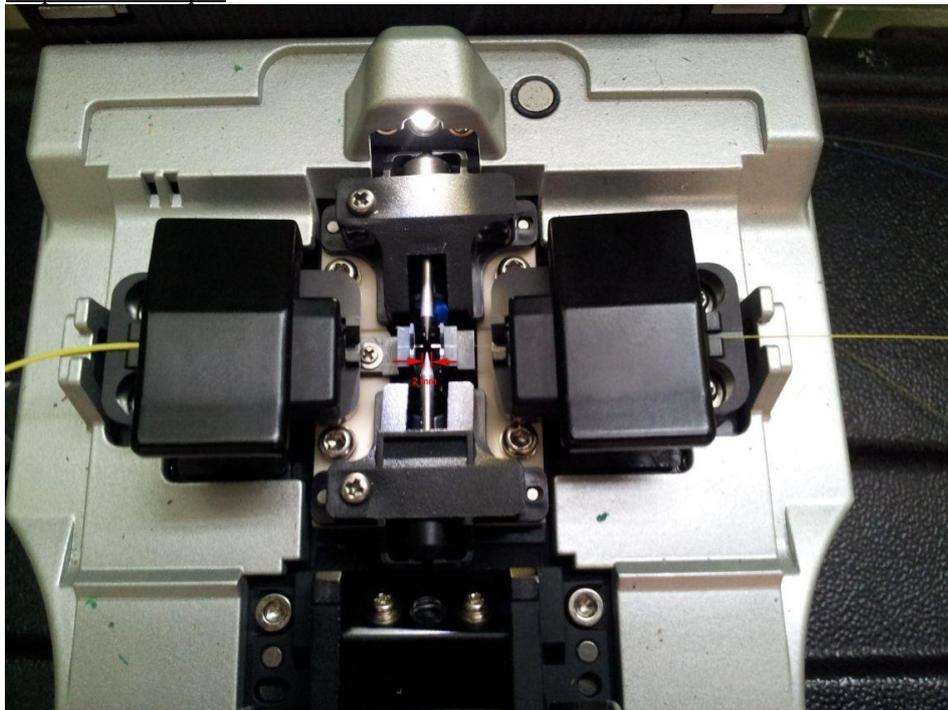


(это место, куда потом вставляются усаженные гильзы КДЗС). Делается это для легкой и грамотной последующей укладки волокна, чтобы нигде не торчало, не было петель и прочих нехороших вещей.

10. С волокном закончили, займемся подготовкой пигтейлов.
11. Вставляем пигтейлы в оптические розетки кросса, собираем их в пучек (см. в галерее фото кроссов, там показано как нужно делать), подматываем изолентой, маркируем. Также как и волокна в п.3 пигтейлы укладываем в кассету для

того чтобы отрезать их концы посередине ложемента. Чтобы все получилось правильно необходимо, чтобы пигтейлы «заходили» в кассету со стороны противоположной стороне захода волокон. Т.е. волокна в ложементе должны «встречаться» с пигтейлами. Надеваем на каждый пигтейл гильзу КДЗС чтобы потом не забыть.

12. Сварка. Теперь у нас все готово, можно приступать к сварке оптики. Включаем сварочный аппарат, обязательно калибруем. Достаем скальватель, безворсовую салфетку, дозатор с изопропиловым спиртом, стриппер Miller для зачистки 125 мкм покрытия волокна. Берем первое волокно (варим мы конечно же согласно схемы выданной заказчиком), зачищаем стриппером примерно 3 см. Безворсовой салфеткой смоченной в спирте тщательно протираем очищенное волокно поворачивая его на 90 градусов во время протирки чтобы волокно было очищено со всех сторон. Ок. Кладем волокно в скальватель, производим скол. Теперь сколотое волокно аккуратно устанавливаем в сварочный аппарат



и прижимаем лапкой. Далее ту же процедуру проделываем с пигтейлом. Теперь все готово для окончательной сварки. Жмем зеленую (а может красную, у нас - зеленая) кнопку старта. Аппарат юстирует волокна, смещая их по осям пока не выровняет их по сердцевине. Наш аппарат настроен так, что после юстировки он оценивает угол скола каждого волокна. Если угол превышает допустимый – аппарат даст знать, придется перекальвать. Если все ОК – варим. В месте соединения волокон происходит электрический разряд. Все готово. Аппарат проверяет место сварки на растяжение («тест на растяжение») чтобы убедиться, что сварка выполнена качественно и оценивает потери в сварном соединении, конечно приблизительно.

Сделать вывод по работе.