

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 25.09.2024 10:17:15  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»**

**Кафедра космического приборостроения и систем связи**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

*«20» 08*



**ПОДГОТОВКА ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ ДЛЯ  
СОЕДИНЕНИЯ И МОНТАЖ В МУФТУ**

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»

УДК 681.7.069

Составители: А.А. Гуламов, Д.В. Александров

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,  
Зав. кафедры КПиСС *В.Г. Андронов*

**Подготовка оптического кабеля для соединения и монтаж в муфту:** методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов, Д.В. Александров. – Курск, 2024. – 26 с.

Методические указания содержат сведения о технике безопасности на рабочем месте, порядке выполнения лабораторных работ, рекомендации по подготовке, оформлению и защите лабораторных работ, а также критерии оценивания защиты отчета.

Предназначены для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *20.08.24*. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,51. Уч.- изд. л. 1,37. Тираж 100 экз. Заказ *248*.  
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

Инструкция по технике безопасности	- 4
1. Лабораторная работа	
Подготовка оптического кабеля к соединению	- 9
1.1. Подготовка основания муфты	- 9
1.2. Разделка оптического кабеля	- 11
1.3. Выполнение скола оптического волокна	- 13
2. Монтаж кабеля в муфту	-16
2.1 Укладка волокна в сплайс-пластину	- 16
2.2. Заделка кабельного ввода с помощью термоусаживаемой манжеты	- 16
2.3. Окончание монтажа муфты	- 19
Контрольные вопросы	- 21
Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной лабораторной работы	- 22
Заключение	- 23
Приложение А Форма титульного листа отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе	- 26

## ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

### *Общие положения*

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводить открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;

- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;
- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей, выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

### ***Требования охраны труда перед началом работы***

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;
- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
- привести рабочее место в безопасное состояние;
- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евростандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

### *Требования охраны труда во время работы*

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее  $6 \text{ м}^2$  при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения –  $4 \text{ м}^2$ . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место  $5 \text{ м}^2$ ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК, должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинителей, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

### ***Требования охраны труда по окончании работы***

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;
- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

### ***Действие при аварии, пожаре, травме***

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

### ***Ответственность за нарушение инструкции***

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависимости

от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.



## 1. Лабораторная работа

Тема «Подготовка оптического кабеля к соединению».

Цель работы: -получение навыков работы по разделке волоконно-оптического кабеля, скалывания оптического волокна и монтажу оптического кабеля в оптическую муфту.

Порядок выполнения работы

### 1.1 Подготовка основания муфты

Перед началом работ необходимо открыть замок хомута, Снять хомут, корпус и уплотнительное кольцо с основания муфты. Далее снять сплайс-пластину. Для жёсткого крепления муфты применяется держатель. Зафиксировать основание муфты в держателе.



Рисунок 1 - Крепление основания муфты

Монтаж кабеля будет осуществляться в овальный ввод. С помощью ножовки срезаем наконечник овального ввода.



Рисунок 2 - Срез наконечника овального ввода

Надеть на кабели термоусаживаемую манжету. Стрелка на трубке должна быть направлена к основанию муфты.



Рисунок 3 - Термоусаживаемая манжета

## 1.2 Разделка оптического кабеля

Первым этапом подготовки является разделка кабеля. Для разделки кабеля используется кабельный зажим.

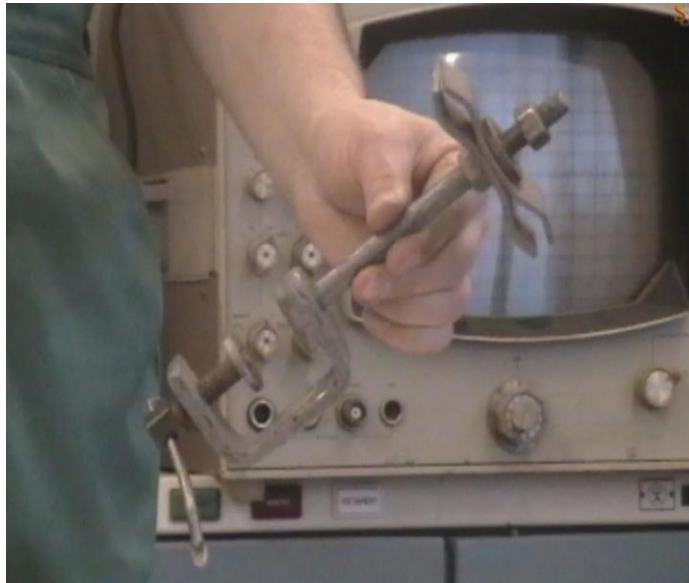


Рисунок 4 – Кабельный зажим

С помощью кабельного зажима осуществить крепление волоконно-оптического кабеля. Рулеткой отмерить расстояние 120 сантиметров от конца кабеля и нанести метку. По метке установить кабельный нож, сделать круговой разрез и затем продольный.

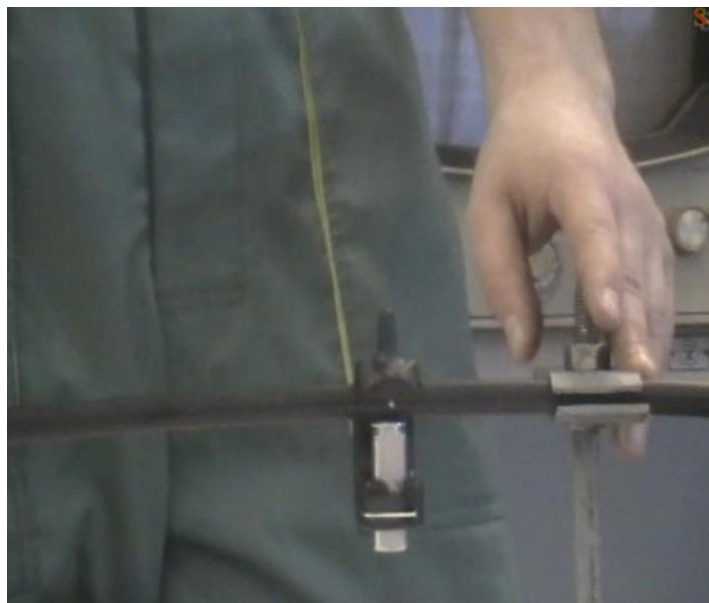


Рисунок 5 – Установка кабельного ножа

Разрезанная наружная оболочка снимается.

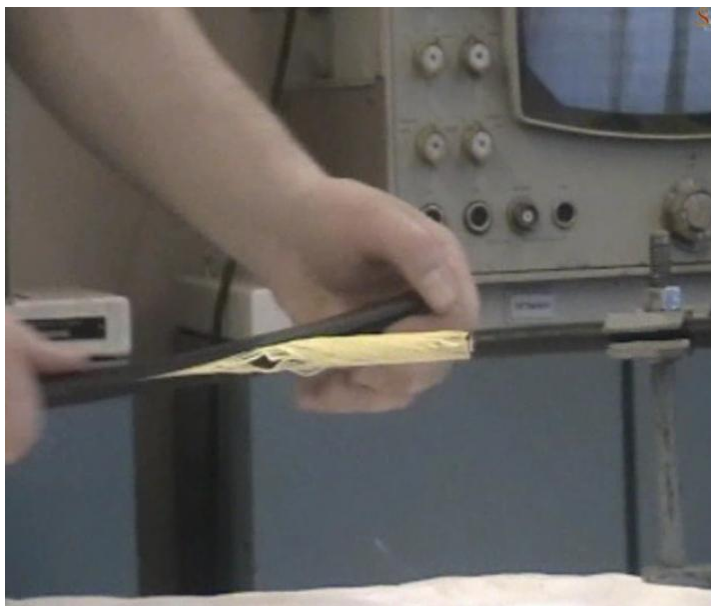


Рисунок 6 – Съем наружной оболочки

Кевларовые нити расплести и отрезать ножом. От среза наружной оболочки на расстоянии 1 сантиметра нанести метку. Кабельным ножом сделать круговой разрез и продольный разрез. Срезанная внутренняя оболочка снимается.



Рисунок 7 – Съем внутренней оболочки

Далее снять полиэтиленовую изоляцию и протереть оптические модули жидкостью для удаления гидрофобной жидкости. Расплести модули, обвитые вокруг центрального силового элемента.

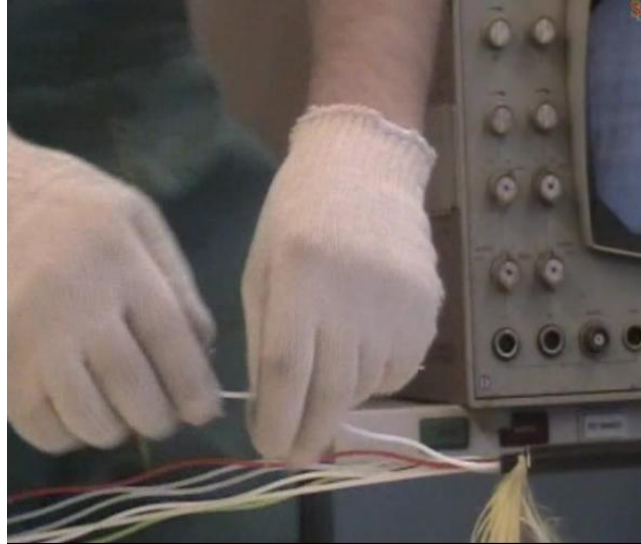


Рисунок 8 – Расплетение модулей

Отрезать модули, в которых нет оптических волокон. На расстоянии 7,5 сантиметров от среза внешней оболочки кабеля отрезать силовой элемент.

### 1.3 Выполнение скола оптического волокна

Разблокируйте рычаг скалывателя:

Нажмите мягко на рычаг скалывателя (1) (рисунок 9), сдвиньте стопор (2).

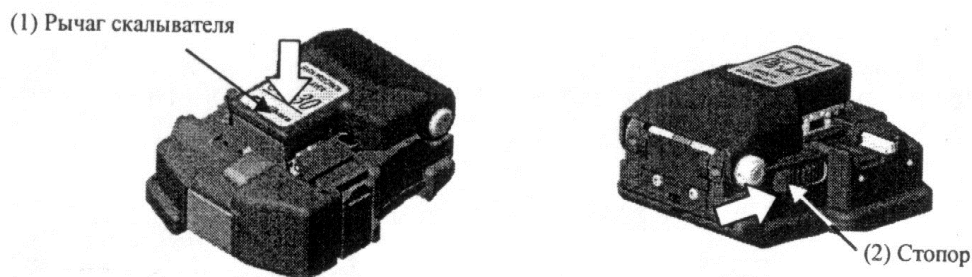


Рисунок 9 - Разблокировка скалывателя

С помощью стриппера снимите защитную оболочку волокна на длину 24-35 мм. Протрите волокно безворсовой салфеткой, смоченной в спирте. Нажмите на кнопку (3) до момента ее фиксации. Установите волокно в скальватель, совместив край защитного покрытия волокна с риской 12 мм.

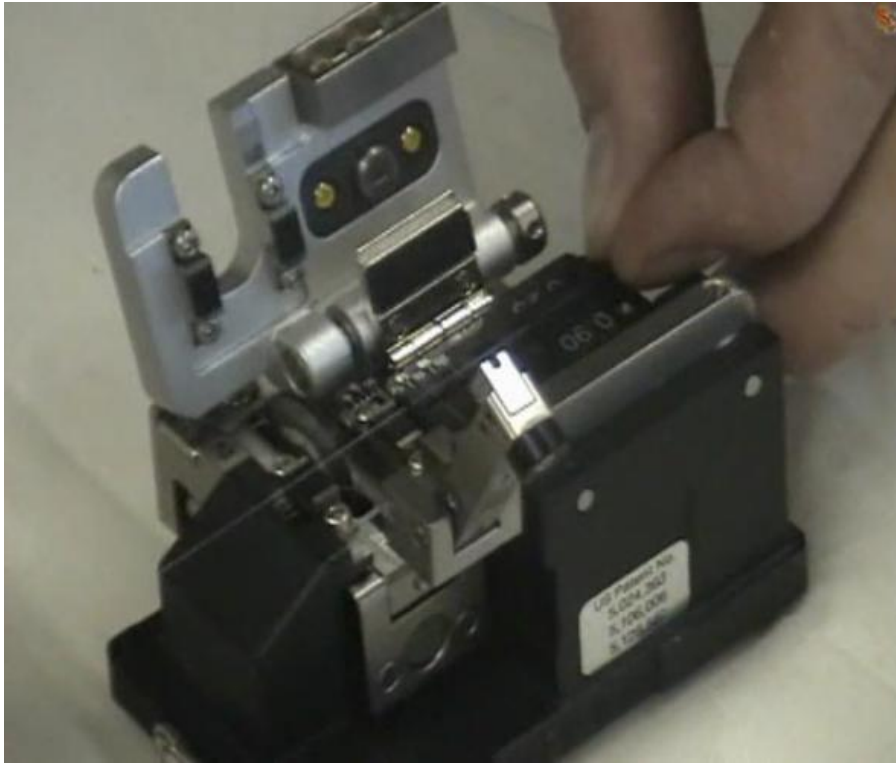


Рисунок 10 – Установка волокна в скальватель

При использовании скальвателя СТ-30А для отрезания желаемого участка оптического волокна необходимо выровнять окончание оболочки по градуированной шкале. При использовании держателя для ленточного волокна, проверьте параллельность волокон и отсутствие их перехлестывания.

Нажмите на рычаг скальвателя (1). Отпустите рычаг скальвателя (1). Силовая пружина вернет его в исходное положение. Обрезанная часть оптического волокна подается в контейнер для сбора сколотого волокна (5) автоматически.

Не удерживайте кнопку (3) при выполнении скальвирования и не препятствуйте ее движению, так как это может привести к нежелательным последствиям.

Если вернуть рычаг скалывателя (1) в исходное положение, не доведя его до упора, скол волокна может оказаться некачественным

Чаще освобождайте контейнер для сколотого волокна (5) от содержимого.

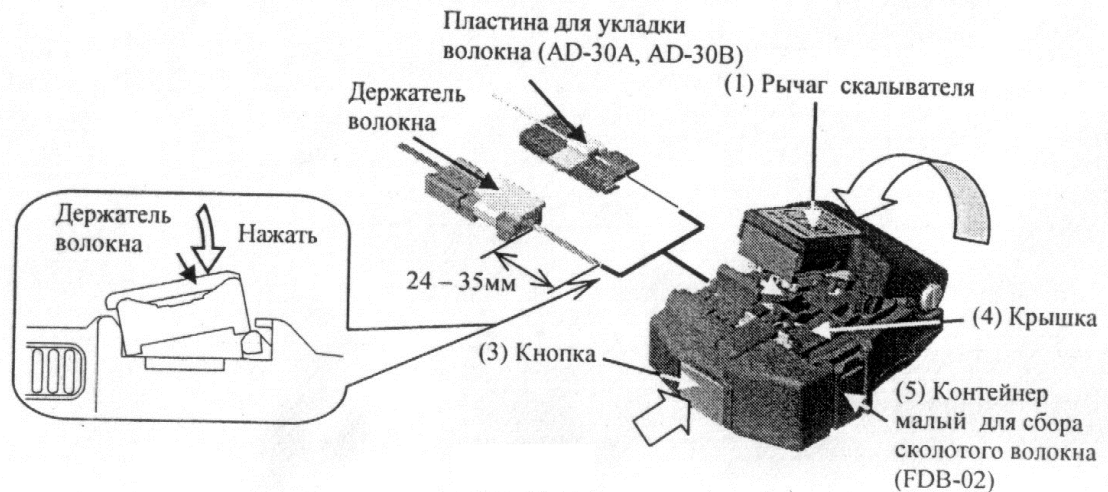


Рисунок 11 - Скалывание волокна

Повторить для второго соединяемого волокна и выполняем сварку сколотых оптических волокон в соответствии с методическими указаниями "Соединение оптических волокон методом сварки и определение потерь излучения".

## 2. Монтаж кабеля в муфту

### 2.1 Укладка волокна в сплайс-пластину

Готовое соединение следует уложить в сплайс-пластину(оптическую касету).

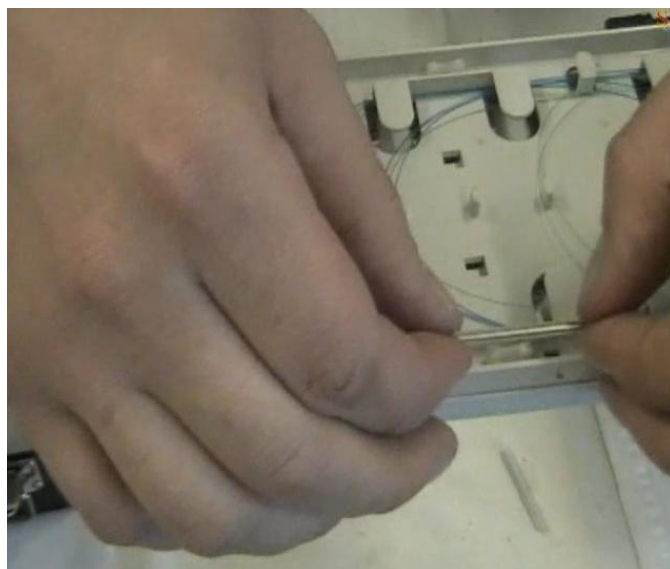


Рисунок 12 - Укладка соединения в оптическую касету

После этого выполнить укладку оптического волокна. Радиус изгиба волокна должен быть не менее 3 сантиметров.



Рисунок 13 - Укладка волокна в сплайс-пластину



2.2 Заделка кабельного ввода с помощью термоусаживаемой манжеты.

Круглый ввод обработать по окружности наждачной полоской.



Рисунок 14 - Обработка кабельного ввода

Чистящей салфеткой протереть ввод и кабель. Отметить длину трубки на внешней оболочке кабеля.



Рисунок 15 - Отметка длины трубки на внешней оболочке кабеля

Совместить метку на кабеле с полоской на защитной алюминиевой фольге и обернуть ей кабель.



Рисунок 16 - Защита кабеля алюминиевой фольгой

Надвинуть герметизирующую трубку на круглый ввод до основания муфты. С помощью фена нагревать трубку со стороны основания муфты. Температура фена должна быть не менее 350 градусов.



Рисунок 17 - Усаживание термотрубки

Усаживать трубку необходимо до тех пор, пока термоиндикаторная зелёная краска не изменит свой цвет на чёрный. После усадки трубки у основания муфты необходимо дать ей остыть 5 минут, за-

тем продолжить усадку в сторону кабеля. Кольцо красного клея должно быть видимым на кабеле и на крае трубки.



Рисунок 18 - Красный клей на кабеле и крае трубки

### 2.3 Окончание монтажа муфты

Не трогать кабели, пока трубка не остынет. После того, как трубка остыла, сверху сплайс-пластины уложить силикагель и закрепить с помощью изоленты.

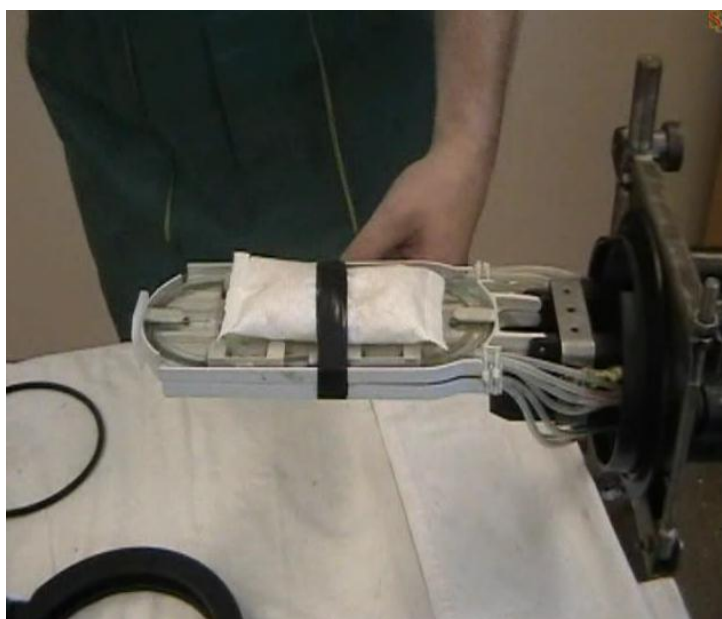


Рисунок 19 - Укладка силикагеля

Муфту освободить из кронштейна и надеть уплотнительное кольцо.



Рисунок 20 - Уплотнительное кольцо

Надвинуть корпус муфты на основание и установить хомут на фланце основания и корпуса муфты и зафиксировать его при помощи замка.



Рисунок 21 - Хомут

Монтаж муфты выполнен.

## Контрольные вопросы

1. Порядок разделки оптического кабеля?
2. На каком расстоянии от конца кабеля снимается внешняя оболочка?
3. На каком расстоянии от среза внешней оболочки кабеля отрезается силовой элемент?
4. На каком расстоянии снимется защитное покрытие волокна?
5. Каким должен быть минимальный радиус изгиба волокна в сплайс-пластине?

## **ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом студентом выбран наиболее эффективный способ выполнения задания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом и допущено наличие несущественных недочетов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при выполнении лабораторной работы допущены ошибки некритического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если лабораторная работа не выполнена или при его выполнении допущены грубые ошибки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студент формирует следующие компетенции:

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
ПК-1/ основной, завершающий.	<p>ПК-1.1. Формулирует тезисы из анализируемой научнотехнической литературы.</p> <p>ПК-1.2. Разрабатывает формальные модели обработки и передачи данных в телекоммуникационных системах.</p> <p>ПК-1.3. Формулирует целевые критерии для оценивания эффективности исследуемых систем.</p> <p>ПК-1.4. Проводит экспериментальные и теоретические исследования</p>	<p><b>Знать:</b> Основные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять основные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками применения</p>	<p><b>Знать:</b> Применяемые методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p>	<p><b>Знать:</b> Современные эффективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять современные эффективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	защищённости телекоммуникационных систем и сетей	основных методов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.	<b>Владеть:</b> Навыками применения методов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.	муникационных систем и сетей. <b>Владеть</b> Навыками применения современных эффективных методов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.
ПК-5/ завершающий.	ПК-5.1. Разрабатывает методику оценки уровня защищённости телекоммуникационной систем. ПК-5.3. Разрабатывает систему мероприятий по оценке уровня	<b>Знать:</b> Основные методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Уметь:</b> Применять основные методы контроля за-	<b>Знать:</b> Применяемые методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.. <b>Уметь:</b> Применять методы кон-	<b>Знать:</b> Современные эффективные методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Уметь:</b> Применять



Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	защищённости телекоммуникационной системы.	щищённости информационно-телекоммуникационных систем.. <b>Владеть:</b> Навыками применения основных методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.	троля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.. <b>Владеть:</b> Навыками применения методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.	современные эффективные методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Владеть</b> Навыками применения современных эффективных методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

**Форма титульного листа отчета, обучающегося о выполненной лабораторной работе****МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Кафедра космического приборостроения и систем связи

**ОТЧЕТ**

о выполненной лабораторной работе

по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»

на тему «\_\_\_\_\_»

Выполнил

\_\_\_\_\_

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

\_\_\_\_\_

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20\_\_\_\_

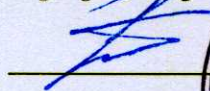
**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



«20» 08

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

Методические указания по выполнению лабораторной работы для  
студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность  
телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оп-  
тическая электроника»

Курск 2024

УДК 681.7.069

Составители: А.А. Гуламов, Д.В. Александров

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,  
Зав. кафедры КПиСС *В.Г. Андронов*

**Соединение оптических волокон методом сварки и определение потерь излучения:** методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов, Д.В. Александров. – Курск, 2024. – 27 с.

Методические указания содержат сведения о технике безопасности на рабочем месте, порядке выполнения лабораторных работ, рекомендации по подготовке, оформлению и защите лабораторных работ, а также критерии оценивания защиты отчета.

Предназначены для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *20.08.24* Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,57. Уч.- изд. л. 1,42. Тираж 100 экз. Заказ *449*  
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

Инструкция по технике безопасности	- 4
1. Сварочный аппарат Fujikura FSM-18S	- 9
1.1. Назначение	- 9
1.2. Технические характеристики Fujikura FSM-18S	- 9
1.3. Состав комплекта Fujikura FSM-18S	- 10
1.4. Устройство и принцип работы	- 12
1.5. Подключение аппарата Fujikura FSM-18S к ПК	- 14
2. Теоретическое введение	- 15
2.1. Вводная информация	- 15
2.2. Этапы сварки ОВ	- 15
2.3. Разделка волоконно-оптического кабеля	- 16
2.4. Сварка оптических волокон	- 18
3. Лабораторная работа	- 20
3.1 Подготовка и зачистка ОВ	- 20
3.2 Скалывание ОВ	- 20
3.3 Включение сварочного аппарата	- 21
3.4 Сварка ОВ	- 21
3.5 Термоусадка	- 21
Контрольные вопросы	- 22
Библиографический список	- 22
Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной лабораторной работы	- 23
Заключение	- 24
Приложение А Форма титульного листа отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе	- 27

## ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

### *Общие положения*

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводите открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;

- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;
- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей, выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

### ***Требования охраны труда перед началом работы***

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;
- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
- привести рабочее место в безопасное состояние;
- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евро-стандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

### *Требования охраны труда во время работы*

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее  $6 \text{ м}^2$  при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения –  $4 \text{ м}^2$ . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место  $5 \text{ м}^2$ ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК, должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинителей, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.



### ***Требования охраны труда по окончании работы***

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;
- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

### ***Действие при аварии, пожаре, травме***

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

### ***Ответственность за нарушение инструкции***

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих

подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависимости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

## 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 ACC-15	- 1 шт
Запасные электроды ELCT2-20A	- 1 пара
Приемный лоток для термоусаживаемых КДЗС	JP-04
	- 1 шт
Жесткий кейс для переноски CC-24	- 1 шт
Прецизионный скалыватель оптоволокон ST-30A	- 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 ST-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.

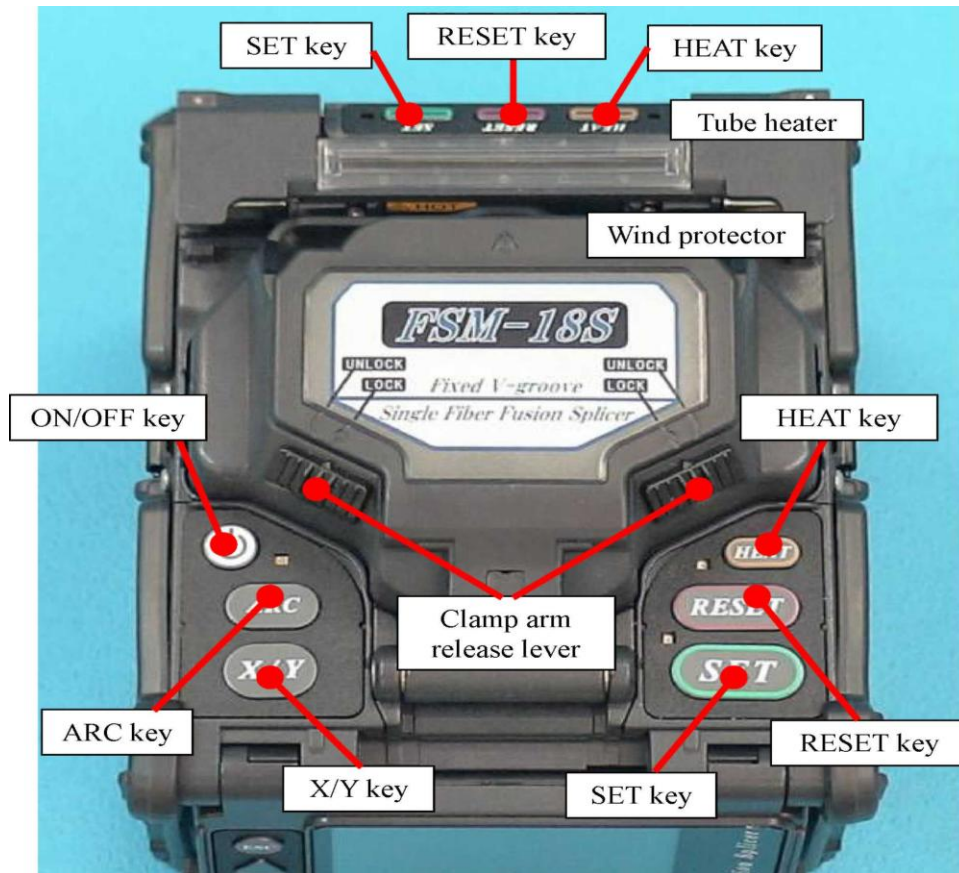


Рис.1. Сварочный аппарат Fujikura FSM-18S

#### 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.

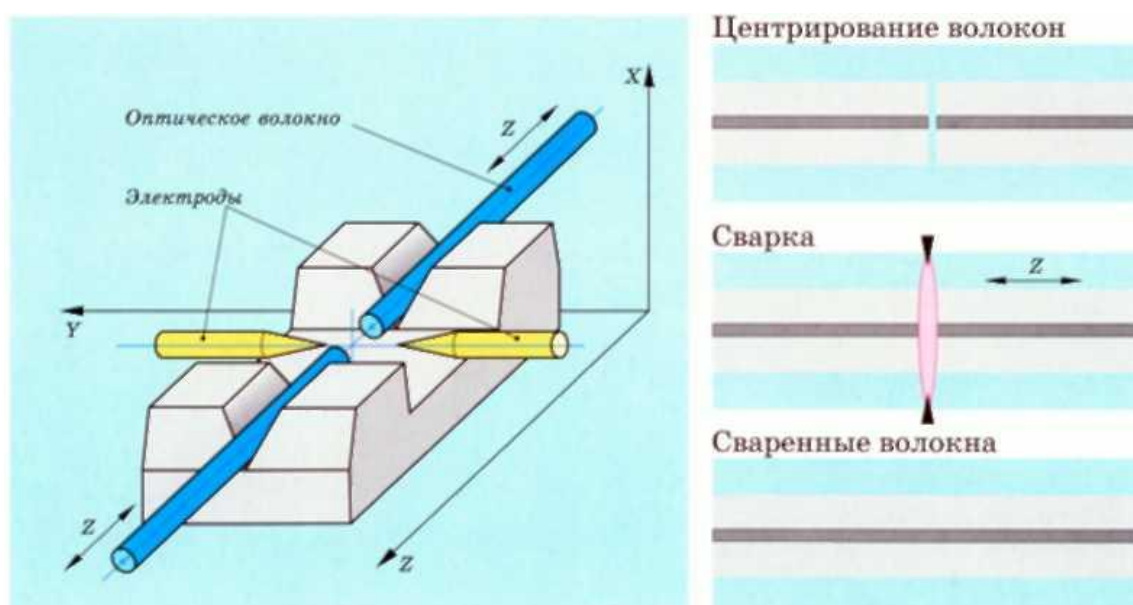


Рис.2. Принцип работы сварочного аппарата Fujikura FSM-18S

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  $\text{CO}_2$ -лазера. В настоящее время из-за ряда эксплуатационных и технических преимуществ практическое применение находит исключительно сварка электри-

ческой дугой. Принцип сварки электрической дугой показан на Рис.3.

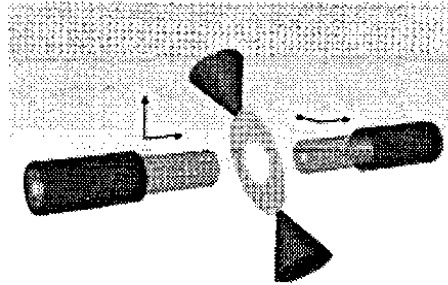


Рис.3. Принцип сварки электрической дугой

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 сращения. 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 салфетками, 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 микрозазором 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 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. Рекоменду-

ется 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.

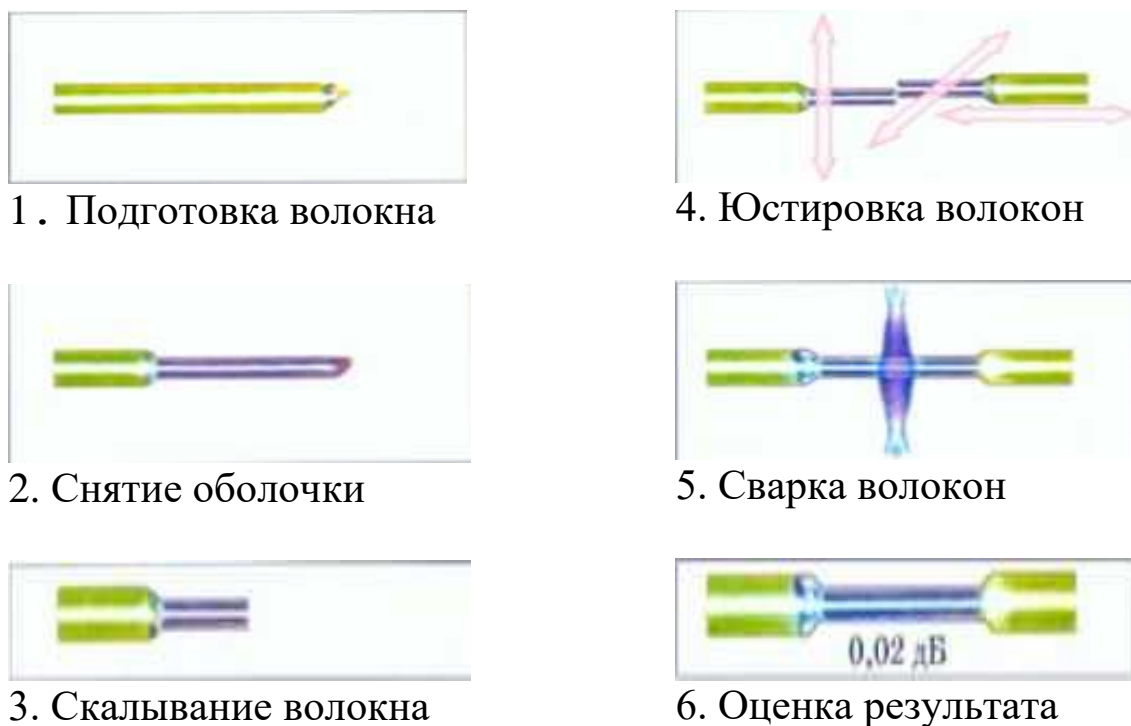


Рис.6. Операции подготовки и сварки оптического волокна

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

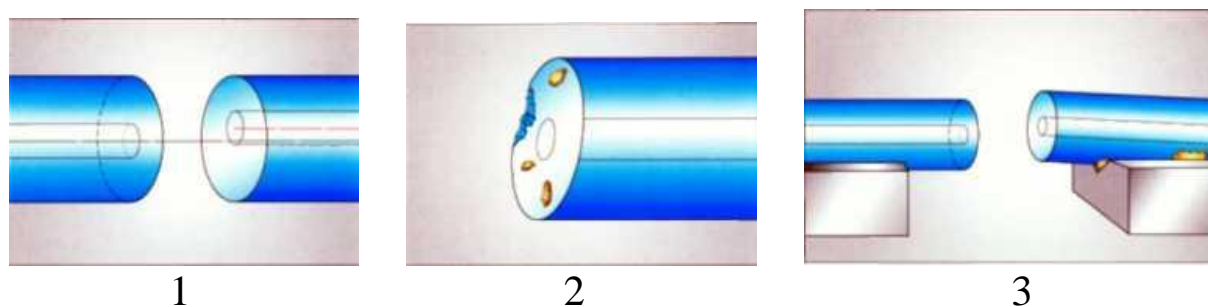


Рис.7. Причины некачественного соединения ОВ

- 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

Тема «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 скалывателя.

7. Извлечь ОВ из скалывателя.
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 «AUTO»).
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.: ЛЕСАРарт, 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.



## **ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом студентом выбран наиболее эффективный способ выполнения задания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом и допущено наличие несущественных недочетов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при выполнении лабораторной работы допущены ошибки не критического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если лабораторная работа не выполнена или при его выполнении допущены грубые ошибки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студент формирует следующие компетенции:

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
	2	3	4	5
ПК-1/ основной, завершающий.	<p>ПК-1.1. Формулирует тезисы из анализируемой научно-технической литературы.</p> <p>ПК-1.2. Разрабатывает формальные модели обработки и передачи данных в телекоммуникационных системах.</p> <p>ПК-1.3. Формулирует целевые критерии для оценивания эффективности исследуемых систем.</p> <p>ПК-1.4. Проводит экспе-</p>	<p><b>Знать:</b> Основные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять основные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками применения</p>	<p><b>Знать:</b> Применяемые методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p>	<p><b>Знать:</b> Современные эффективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять современные эффективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
	2	3	4	5
	риментальные и теоретические исследования защищённости телекоммуникационных систем и сетей	основных методов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.	<b>Владеть:</b> Навыками применения методов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.	тем и сетей. <b>Владеть</b> Навыками применения современных эффективных методов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.
ПК-5/ завершающий.	ПК-5.1. Разрабатывает методику оценки уровня защищённости телекоммуникационной систем. ПК-5.3. Разрабатывает систему мероприятий по оценке уровня защищённости телекоммуникационной	<b>Знать:</b> Основные методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Уметь:</b> Применять основные методы контроля защищённости информационно-	<b>Знать:</b> Применяемые методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.. <b>Уметь:</b> Применять методы контроля защищённости информационно-телекоммуни-	<b>Знать:</b> Современные эффективные методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Уметь:</b> Применять современные эффективные методы контроля защи-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
	2	3	4	5
	системы.	телекоммуникационных систем.. <b>Владеть:</b> Навыками применения основных методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.	кационных систем.. <b>Владеть:</b> Навыками применения методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.	щённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Владеть</b> Навыками применения современных эффективных методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

**Форма титульного листа отчета, обучающегося о выполненной лабораторной работе****МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Кафедра космического приборостроения и систем связи

**ОТЧЕТ**

о выполненной лабораторной работе

по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»

на тему «\_\_\_\_\_»

Выполнил

\_\_\_\_\_  
(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

\_\_\_\_\_  
(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20\_\_

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
Ю.Г. Мокитилова  
« 20 » 08 2024 г.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОПТИЧЕСКОГО ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»

Курск 2024

УДК 681.7.069

Составители: А.А. Гуламов, И.Г. Бабанин

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,  
Зав. кафедры КПиСС *В.Г. Андронов*

**Исследование пассивных элементов оптического линейного тракта: методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов, И.Г. Бабанин. – Курск, 2024. – 49 с.**

Методические указания содержат сведения о технике безопасности на рабочем месте, порядке выполнения лабораторных работ, рекомендации по подготовке, оформлению и защите лабораторных работ, а также критерии оценивания защиты отчета.

Предназначены для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *20.08.24* Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 2,84. Уч.- изд. л. 2,58. Тираж 100 экз. Заказ *480*.  
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

Инструкция по технике безопасности	- 4
1. Учебная лабораторная установка «Исследование пассивных элементов оптического линейного тракта»	- 9
1.1. Общая характеристика установки	- 9
1.2 Описание функциональной схемы лабораторной установки	- 9
1.3. Общие замечания	-16
2. Лабораторная работа №1	- 26
Контрольные вопросы	- 30
Библиографический список	- 30
3. Лабораторная работа №2	- 31
Контрольные вопросы	- 37
Библиографический список	- 37
4. Лабораторная работа №3	- 38
Контрольные вопросы	- 41
Библиографический список	- 41
5. Лабораторная работа №4	-42
Контрольные вопросы	- 44
Библиографический список	- 44
Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной лабораторной работы	- 45
Заключение	- 46
Приложение А Форма титульного листа отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе	- 49



## ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

### *Общие положения*

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводите открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;

- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;
- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей, выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

### ***Требования охраны труда перед началом работы***

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;
- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
- привести рабочее место в безопасное состояние;
- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евро-стандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

### *Требования охраны труда во время работы*

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее  $6 \text{ м}^2$  при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения –  $4 \text{ м}^2$ . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место  $5 \text{ м}^2$ ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК, должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинителей, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

### ***Требования охраны труда по окончании работы***

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;
- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

### ***Действие при аварии, пожаре, травме***

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

### ***Ответственность за нарушение инструкции***

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и

травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависимости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

## **1. Учебная лабораторная установка «Исследование пассивных элементов оптического линейного тракта».**

### **1.1. Общая характеристика установки.**

На базе данной установки могут быть выполнены следующие лабораторные работы.

1. Изучение работы оптического тестера и использование его для поиска неисправностей в оптической линии.

2. Исследование характеристик оптических соединителей оптического линейного тракта.

3. Исследование характеристик оптических аттенуаторов.

4. Исследование характеристик оптического делителя мощности.

Выполнение перечисленных выше лабораторных работ позволяет:

- получить практические навыки по использованию измерителя оптической мощности и произвести с его помощью измерение затухания, вносимого оптическими элементами, градуировку переменного аттенуатора, осуществить требуемые коммутации в модели оптической линии связи;

- произвести исследования характеристик пассивных элементов оптического тракта: оптических соединителей различного типа (розеток, коннекторов, постоянных и переменных аттенуаторов) и влияния на величину затухания, вносимого соединением в оптическую линию значения числовой апертуры стыкуемых световодов;

### **1.2. Описание функциональной схемы лабораторной установки**

Блок-схема лабораторной установки изображена на рис.1. В ее состав входят следующие элементы.

1. Универсальная кассета (сплайс-пластина), которая служит для фиксации мест термического соединения (сварки) волоконных световодов.

2. Два отрезка четырехволоконного одномодового кабеля (желтый цвет защитной оболочки), оконцованный с одной стороны коннекторами типа SC/SPC (четырёхволоконная полувилка SC/SPC-4, SC/SPC-4, DST/4/SM 9/125). Неоконцованные стороны трех (из четырех) световодов этих отрезков попарно соединены между собой с помощью сварки. Термоусадочные трубки, защищающие места сварки зафиксированы в кассете 1.

3. Два отрезка четырехволоконного многомодового кабеля (оранжевый цвет защитной оболочки), оконцованный с одной стороны коннекторами типа SC/PC (четырёхволоконная полувилка SC/PC-4, SC/PC-4, DST/4/MM 50/125). Неоконцованные стороны трех (из четырех) световодов этих отрезков попарно соединены между собой с помощью сварки. Термоусадочные трубки, защищающие места сварки зафиксированы в кассете 1.

4. Две коммутационные коробки серии W902 (настенный кросс), рассчитанные на 8 розеточных портов. В коробках установлены:

- четыре соединительных розетки типа SC-SC/UPC в верхнем ряду (для соединения одномодовых световодов, оконцованных коннекторами типа FC) ;

- четыре соединительных розетки типа SC-SC/PC в нижнем ряду (для соединения многомодовых световодов, оконцованных коннекторами типа FC).

Оконцованные стороны четырехволоконных кабелей закреплены в коробках и коннекторы их световодов соединены с соответствующими розетками с внутренней стороны коробок.

5. Плата с оптическими пассивными элементами, на которой установлены:

- переходная одномодовая розетка FC-SC/UPC с керамическим центратором;

- переходная многомодовая розетка FC-SC/PC с бронзовым центратором;

- соединительная одномодовая розетка FC-D/UPC с керамическим центратором;

- соединительная многомодовая розетка FC-D/PC с керамическим центратором.

6. Плата с оптическими пассивными элементами, на которой установлены:

- фиксированный аттенюатор-розетка для одномодового волокна FC/SM. Вносимое затухание – 20 дБ;
- фиксированный аттенюатор-розетка для многомодового волокна FC/MM. Вносимое затухание – 20 дБ;
- переменный аттенюатор – розетка для одномодового и многомодового волокна FC/SM. Вносимое затухание 0 – 20 дБ.

7. Плата с оптическими пассивными элементами, на которой установлены:

- одномодовый (SM) делитель 50/50, 1x2. Световоды делителя оконцованы коннекторами типа FC/SPC;
- три соединительных розетки FC-D/UPC с керамическим центратором.

Все розетки и аттенюаторы закреплены в стойках, которые крепятся к соответствующим платам. Сами платы установлены на две общие П-образные направляющие. На противоположных концах направляющих размещены крышки, с помощью которых они соединяются с боковыми стенками экрана. На центральной части экрана укреплены кассета (1) и четыре отрезка кабеля (2,3). Вся конструкция размещается на верхней полке лабораторного стола.



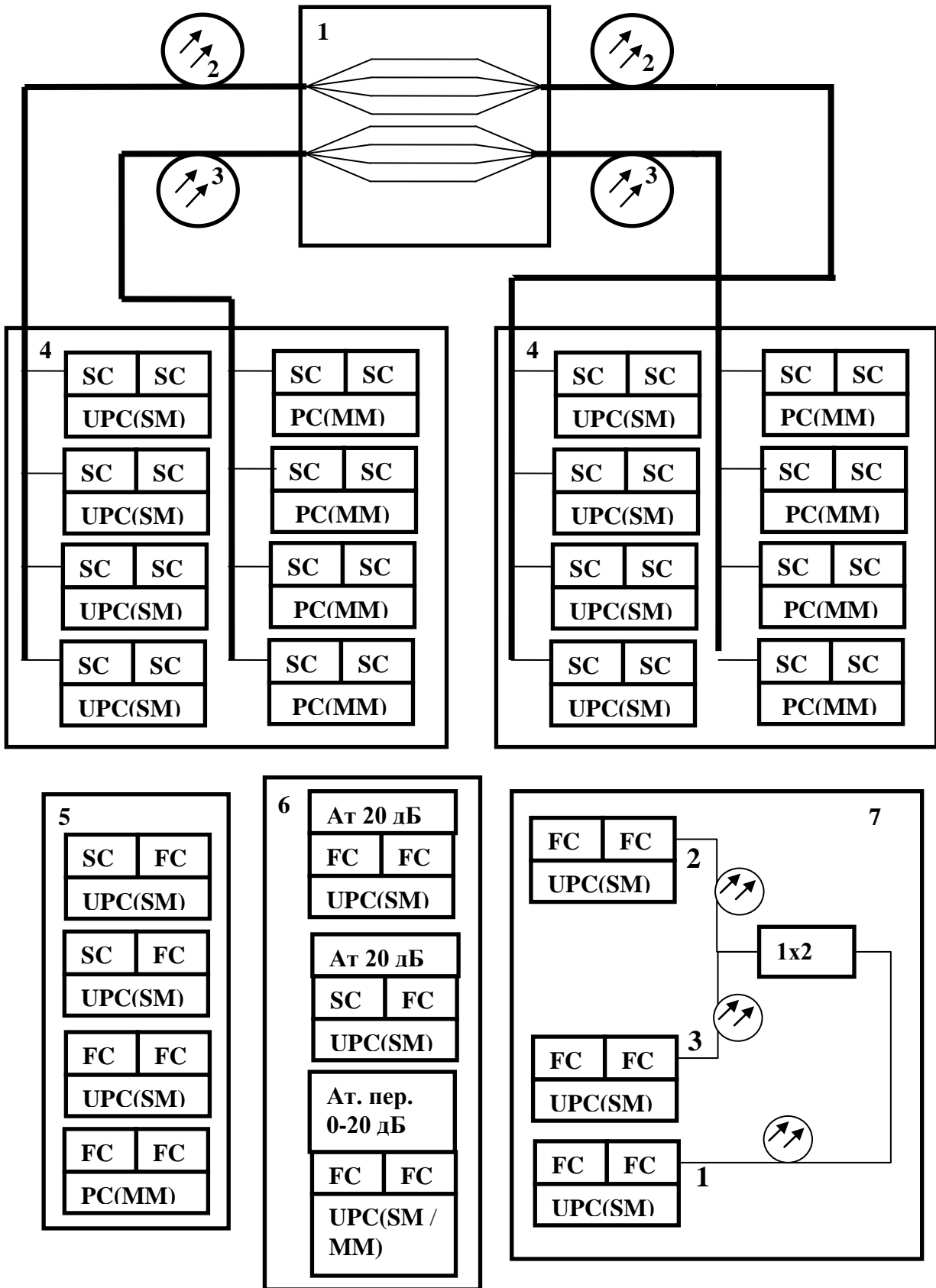


Рис. 1

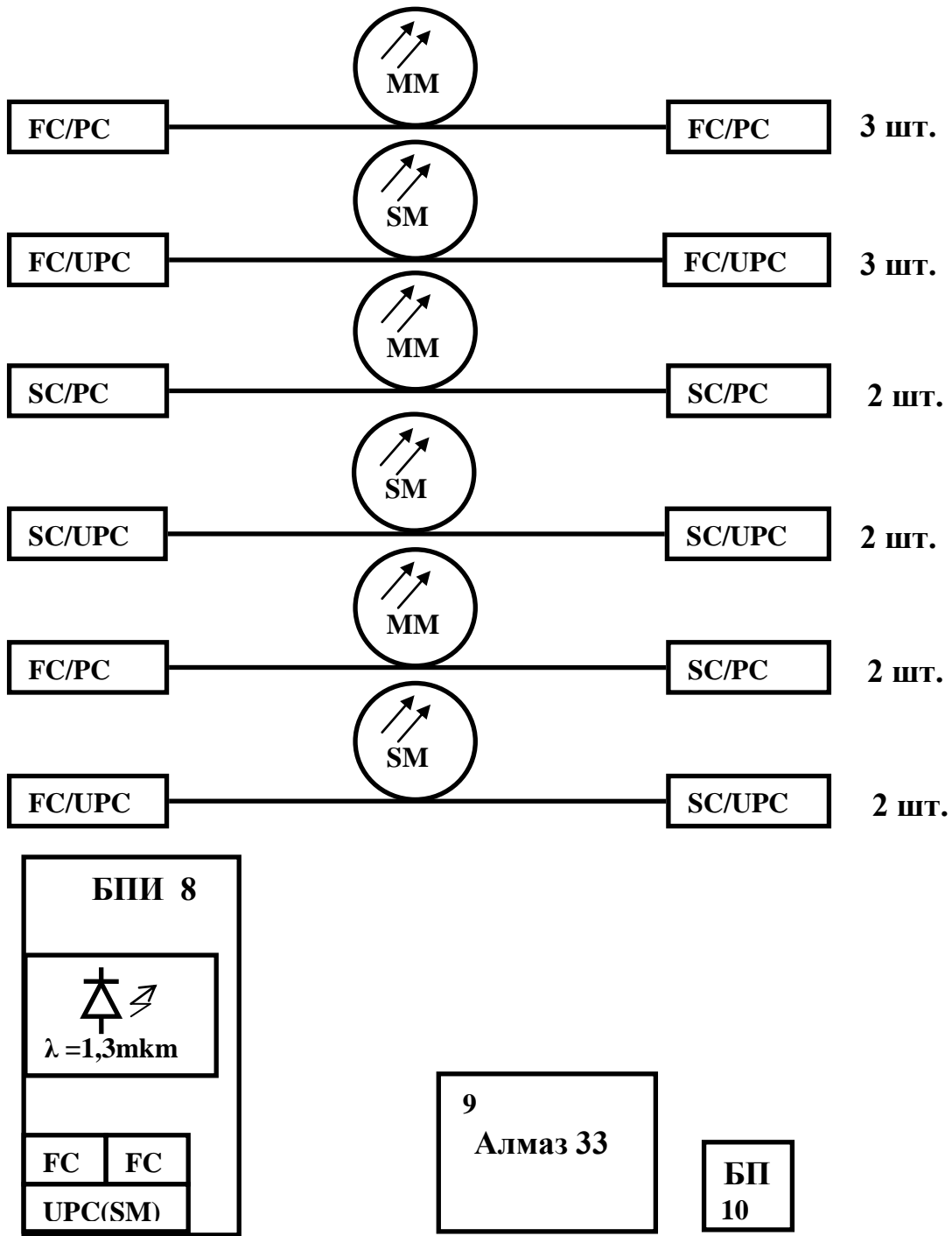


Рис.1 (продолжение)

8. Блок питания излучателя (БПИ). Его лицевая панель изображена на рис.2.



Рис. 2

Он обеспечивает генерацию оптического излучения в диапазоне длин волн  $\lambda=1,33$  мкм с помощью лазерного диода (полупроводникового лазера) типа LFO-14-ip с выходной мощностью 1 мВт. Диод состыкован с отрезком одномодового волокна, которое оконцовано коннектором типа FC/SPC. Подключение его к внешним оптическим цепям осуществляется с помощью оптической розетки типа FC «ОПТИЧЕСКИЙ ВЫХОД», выведенной на лицевую панель (рис.2).

На лицевую панель выведена ручка потенциометра «РЕГУЛИРОВКА», с помощью которого изменяется ток, протекающий через лазерный диод (ток накачки) и, соответственно, его мощность.

Для контроля тока накачки и мощности излучения на лицевой панели БПИ имеется цифровой индикатор «ТОК ИЗЛУЧАТЕЛЯ, ОПТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ». Переключение режимов измерения производится кнопочным переключателем «РЕЖИМ». Нажатие кнопок «ТОК» или «МОЩНОСТЬ» на лицевой панели приводит к тому, что значение соответствующего параметра отображается на цифровом индикаторе.

Измерение мощности производится с помощью встроенного в корпус лазера фотодиода, ток которого и отображается на цифровом табло в режиме «МОЩНОСТЬ». Следует помнить, что показания индикатора в этом режиме имеют относительный характер. Данный режим используется для контроля работоспособности лазерного диода.

Питание БПИ осуществляется от сети 220v / 50Hz. Включение блока осуществляется тумблером с подсветкой «СЕТЬ» на лицевой панели.

9. Измеритель оптической мощности «Алмаз 33», который используется в качестве эталонного измерителя оптической мощности. Оптическая мощность подается на его вход с помощью волоконного шнура. Прибор имеет автономный источник питания и сетевой адаптер (10). Работа с прибором производится на основании его технического описания, входящего в комплектацию лабораторной установки.

Кроме того, в состав лабораторной установки входят волоконные соединительные и переходные шнуры (BC), служащие для соединения элементов установки между собой. В комплект установки входят:

- 3 соединительных многомодовых шнура (оранжевый или оранжевый цвет защитной оболочки) с коннекторами FC/PC;

- 3 соединительных одномодовых (желтый цвет защитной оболочки) шнура с коннекторами FC/SPC;

- 2 соединительных многомодовых шнура (оранжевый цвет защитной оболочки) с коннекторами SC/PC;

- 2 соединительных одномодовых шнура (желтый цвет защитной оболочки) с коннекторами SC/SPC;

- 2 переходных многомодовых шнура (оранжевый цвет защитной оболочки) с коннекторами FC/ PC-SC/PC;

- 2 переходных одномодовых шнура (оранжевый цвет защитной оболочки) с коннекторами FC/ SPC-SC/SPC.

### 1.3. Общие замечания

При прокладке волоконно-оптических линий возникает техническая задача соединения волоконных световодов, образующих линию связи, между собой. Различают разъемные и неразъемные соединения. Последние выполняются с помощью сварки (термического соединения волоконных световодов).

Обычно длина оптической линии составляет десятки километров и превышает строительную длину отрезка волоконно-оптического кабеля, составляющую, как правило, 10 км. Поэтому при прокладке кабеля приходится соединять между собой световоды отрезков кабелей, относящихся к различным строительным длинам. Это соединение производится с помощью сварки [1, 2]. После сваривания двух световодов место сварки защищается от механических воздействий и проникновения влаги с помощью термоусадочных трубок. Последние закрепляются в специальной cassette (сплайс-пластине), фиксирующей трубки в специальных канавках. Сплайс-пластина совместно с разделанными световодами соединяемых кабелей размещается в соединительной муфте. Именно она и обеспечивает на длительный срок основную защиту сваренных световодов от механических и климатических воздействий. В зависимости от способа прокладки кабеля (в грунт, на дне водоемов, путем подвески на опоры линии электропередач), используются различные типы муфт. Общими для всех них является наличие сплайс-пластины и требование наличия запаса по длине разделанных участков соединяемых световодов. Последнее необходимо для обеспечения возможности повторной сварки отдельных световодов при ее неудовлетворительном качестве.

На каждом узле оптической сети связи должна обеспечиваться возможность подключения световодов оптического кабеля к элементам оптической схемы. Обычно для этого используют разъемные соединения. Удобство подключения световодов к элементам оптической схемы достигается использованием коммутационных коробок, панелей, распределительных шкафов и кроссов. В них размещаются оптические розетки и элементы крепления оптических кабелей. Световоды волоконного кабеля снабжаются оптиче-

скими разъемами (коннекторами), с помощью которых и производятся необходимые коммутации.

Для обеспечения соединений между отдельными пассивными элементами оптической линии связи также используют разъемные соединения. Осуществляются они, как правило, с помощью волоконных шнуров – пигтейлов – (pigtail). С обоих концов каждый шнур снабжен оптическим коннектором (разъемом), который и обеспечивает качественное соединение.

Принцип организации разъемных соединений двух различных световодов между собой заключается следующем. Во первых, торцы стыкуемых световодов оголяются до защитной оболочки 1 (рис.3), диаметр которой как для одномодового, так и для многомодового волокна составляет 125 мкм. Затем этот отрезок волокна помещается в наконечник волокна 2 (рис.3), диаметр которого для всех типов волокон также одинаков и составляет 2,5мм. Фиксируется волокно в наконечнике либо с помощью эпоксидного наполнителя, либо механически путем обжима.

Для одномодовых световодов наконечники изготавливают из специальных керамических материалов, достоинством которых является высокая температурная стабильность. Изменение температуры окружающей среды в этом случае вызывает минимальные деформации геометрии стыкуемых световодов и качество соединения остается практически неизменным. Недостатком их является хрупкость и сложность механической обработки. Для многомодовых световодов используются, как правило, пластиковые и металлические наконечники, обеспечивающие меньшую температурную стабильность, но более прочные и простые в изготовлении.

Поверхность наконечника с закрепленным в нем волокном специальным образом обрабатывается, полируется. После этого он закрепляется в корпусе 3. Эти элементы и составляют основу оптического коннектора. Конструкция корпуса предусматривает возможность крепления коннектора в узле, обеспечивающем стыковку световодов.

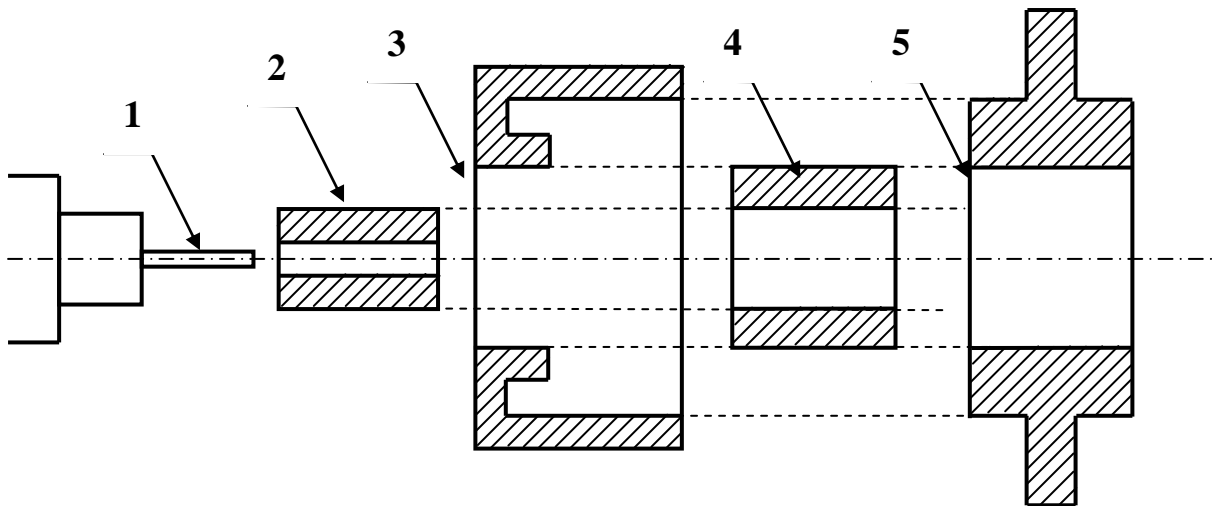


Рис.3

Разъемное соединение образуется путем помещения наконечников двух стыкуемых световодов в центрующий элемент 4 (второй коннектор световода на рисунке не показан). Сам центрующий элемент составляет основу оптической розетки или адаптера и размещается в корпусе 5 (рис.3). В конструкции корпуса предусмотрена возможность крепления коннекторов стыкуемых световодов.

Качество соединения оптических световодов определяется тщательностью обработки торцов световодов, точностью изготовления наконечников и направляющих элементов. Соединители оптических разъемов, расположенные на торцах стыкуемых волокон, фиксируются на поверхности розетки и обеспечивают герметичность и механическую прочность образованного стыка двух оптических волокон.

В настоящее время существует более десятка типов оптических коннекторов (разъемов), которые отличаются друг от друга типом соединителей и способом их фиксации. Наиболее распространенными являются коннекторы следующих типов (рис.4):

- **FC**, имеющий цилиндрическую форму и резьбовое крепление;
- **SC**, имеющий прямоугольную форму и крепление в виде защелки с фиксатором типа push – pull.

Волоконные шнуры, используемые для соединения элементов оптической схемы между собой, снабжаются такими коннекторами и имеют длину 1-3 метра. На концах соединительного шнура размещаются однотипные коннекторы (FC-FC, SC-SC). Если требуется

соединить между собой элементы с различными типами корпусов, в которые помещены центрующие элементы, используются переходные волоконные шнуры. На их концах устанавливаются коннекторы различных типов (FC-SC).

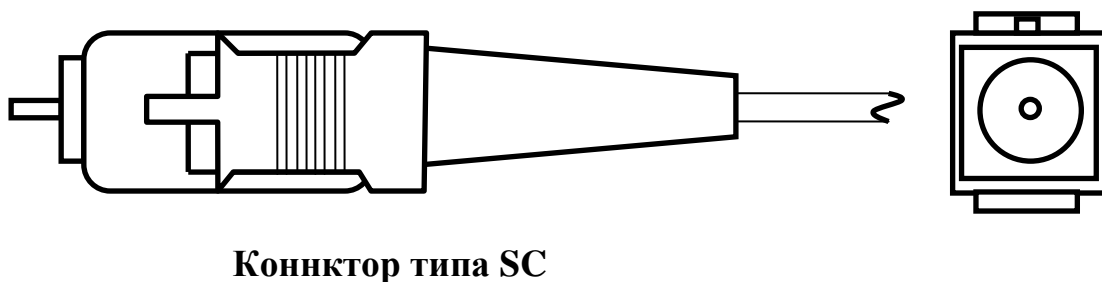
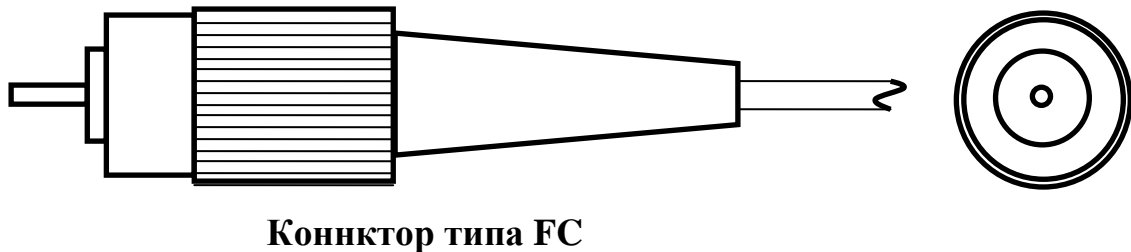


Рис.4

Для обеспечения соединений оконцованных волоконных шнуров с различными типами коннекторов разработаны соответствующие розетки. Их корпуса рассчитаны на крепление двух стыкуемых волоконных шнуров с определенным типом коннекторов. На рис. 5.показан внешний вид розеток типа FC-FC, SC-SC. Для соединения волоконных шнуров, снабженных коннекторами различных типов, используются переходные розетки типа SC- FC

Все оптические разъемные соединения характеризуются двумя параметрами – вносимыми потерями  $\alpha$  и коэффициентом отражения  $\Gamma$ . Они определяются отношением мощностей прошедшей разъемное соединение  $P_{\text{пр}}$  и отраженной от него  $P_{\text{от}}$  к мощности падающей  $P_{\text{пад}}$  (рис.6):

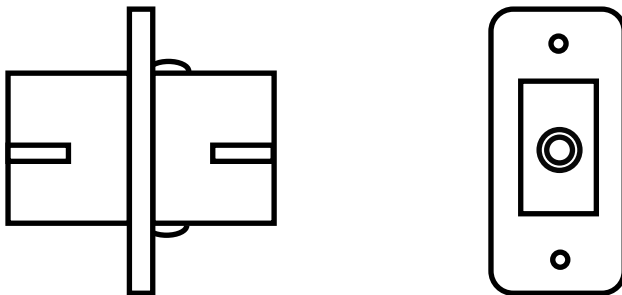
$$\alpha = P_{\text{пр}} / P_{\text{пад}}, \quad (1)$$



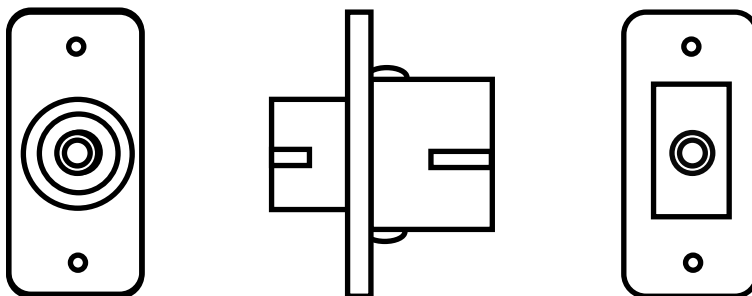
$$r = P_{от} / P_{пад} \quad . \quad (2)$$



Розетка FC



Розетка SC



Переходная розетка FC-SC

Рис.5

Основной характеристикой соединения является величина  $\alpha$ , значение которой в современных типах разъемов не превышают значений 0,999. Минимизация коэффициента отражения  $r$  важна в системах связи с большими скоростями передачи, которые используют в качестве источников оптического излучения лазеры с распределенной обратной связью. Особенно жесткие требования на

значение коэффициента отражения возникают в системах связи, использующих уплотнение по длине волны (WDW).

Значение параметров  $\alpha$  и  $r$  определяются в первую очередь величиной зазора между стыкуемыми торцами световодов  $S$  (рис. 6).

При плоской поверхности стыкуемых торцов (рис.6.а) не удастся обеспечить приемлемые значения параметров, поэтому в настоящее время они при полировке делаются сферическими (рис.6.б). Считается, что при этом обеспечивается их физический контакт (PC – physical contact) в непосредственной близости от световедущего слоя. Чем меньше радиус сферы, тем меньшее значение имеют вносимые потери и коэффициент отражения. Различают три градации физического контакта со следующими значениями параметров:

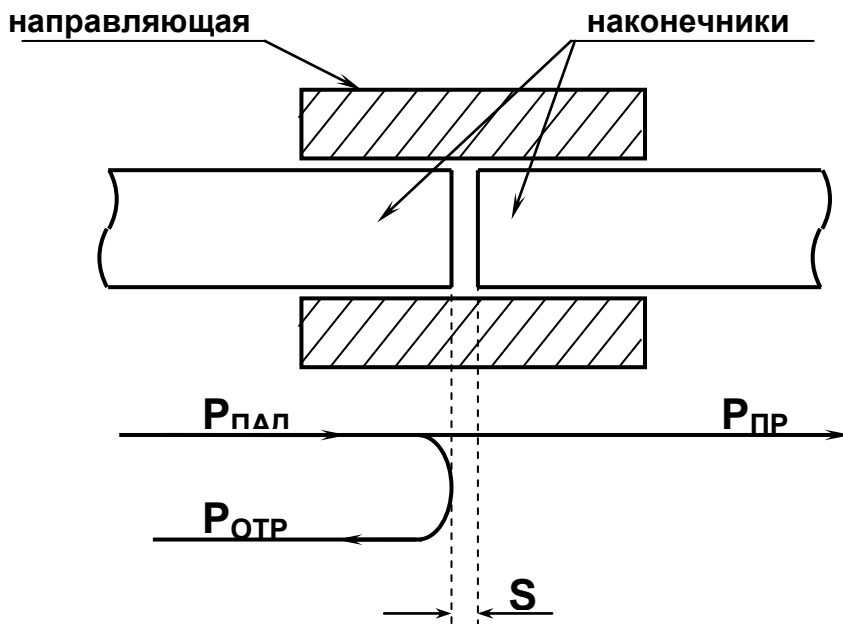
-PC –  $\alpha_{\text{дБ}} \leq -0,03$  дБ ;  $r_{\text{дБ}} \leq -30$  дБ ;

-SuperPC –  $\alpha_{\text{дБ}} \leq -0,001$  дБ ;  $r_{\text{дБ}} \leq -40$  дБ ;

-UltraPC –  $\alpha_{\text{дБ}} \leq -0,00003$  дБ ;  $r_{\text{дБ}} \leq -50$  дБ .

Специально для использования в системах оптической связи с уплотнением по длине волны (WDW) разработан оптический разъем, в котором типичные значения коэффициента отражения составляют величину порядка -75 дБ .В них сферические торцы стыкуемых световодов наклонены по отношению к сердечнику (angled PC – APC). Типичное значение угла между нормалью к области на сферическом торце, соответствующей торцу сердцевины волокна и его осью (рис. 6.в.) составляет 8 -12 градусов.

Большое влияние на величину затухания, вносимого соединением световодов, оказывает значение их числовой апертуры. Обозначим через  $NA_1$ ,  $NA_2$  величины числовых апертур стыкуемых световодов, причем индекс 1 соответствует световоду, из которого свет выводится, индекс 2 – световоду, в который он вводится.



а)



б)



в)

Рис .6

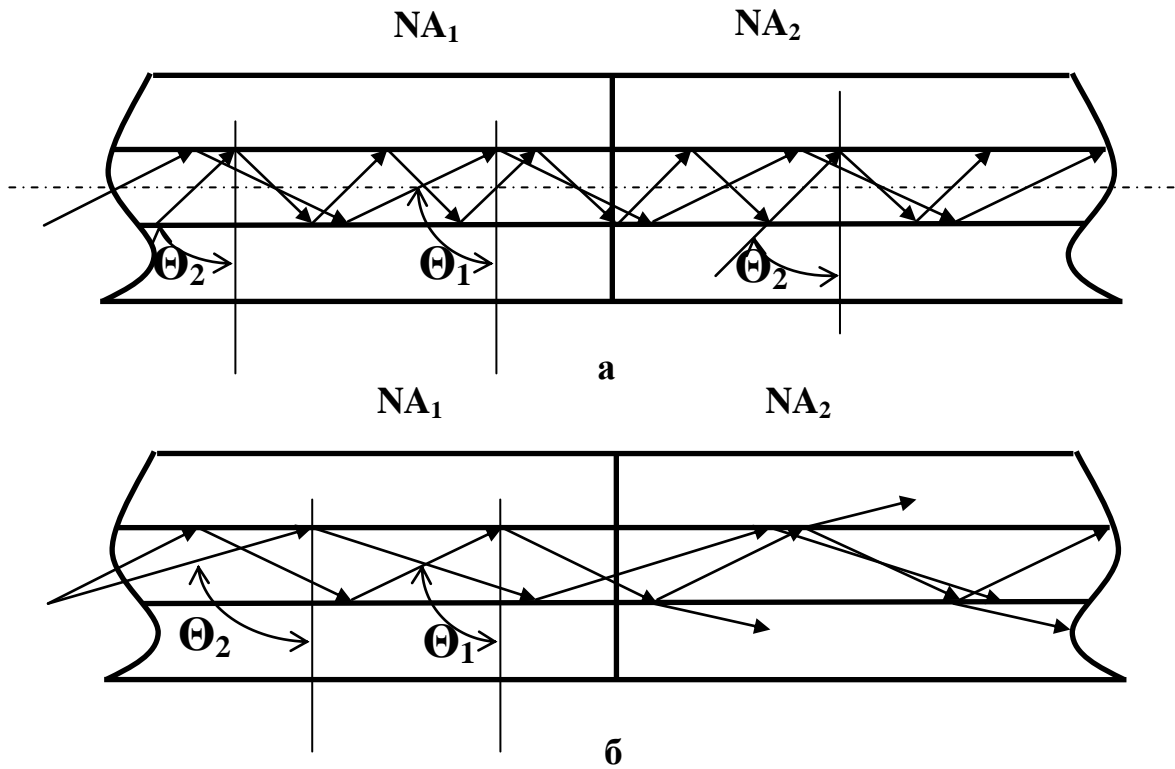


Рис. 7

На рис.7 показаны зигзагообразные траектории лучей, соответствующие предельным значениям углов  $\Theta_{1,2}$ , под которыми они падают на границу раздела сердцевина световода – оболочка и испытывают полное внутреннее отражение. Уменьшение этого угла приводит к тому, что на границе раздела не выполняется условие полного внутреннего отражения и часть энергии моды, соответствующей этому лучу, излучается в оболочку. Значение углов  $\Theta_{1,2}$  определено величинами  $NA_{1,2}$ , причем большему значению NA соответствует меньшее значение  $\Theta$ .

Если  $NA_1 \leq NA_2$ , то все лучи, для которых выполнено условие полного внутреннего отражения в первом световоде, перехватываются вторым и также полностью отражаются от границы раздела сердцевина – оболочка (рис. 7.а).

При  $NA_1 > NA_2$  только для части лучей первого световода, которые падают на границу раздела под углами  $\Theta < \Theta_2$ , во втором световоде выполняются условия полного внутреннего отражения. Лучи, соответствующие углам из промежутка  $\Theta_1 < \Theta < \Theta_2$ , во втором световоде частично проходят через границу раздела (рис.8.б).

Кроме рассмотренных выше разъемных соединений, наиболее часто в оптических системах связи с прямым детектированием оптического сигнала используются фиксированные и перестраиваемые аттенюаторы, которые применяются для согласования уровней сигналов от различных оптических источников перед объединением их в одном световоде для передачи по линии. Эти элементы могут изготавливаться на основе оптической розетки или оптического коннектора. Конструкция центрующего элемента такой розетки обеспечивает наличие фиксированного или регулируемого воздушного зазора  $S$  между наконечниками стыкуемых световодов (рис.4.а). Величина зазора и определяет вносимое аттенюатором затухание.

На рис. 8 приведен эскиз переменного аттенюатора на основе оптической розетки FC-FC. Регулировка вносимого затухания  $\alpha$  осуществляется с помощью вращения фигурной гайки 1 (рис. 8), а контроль – помощью оптического тестера.

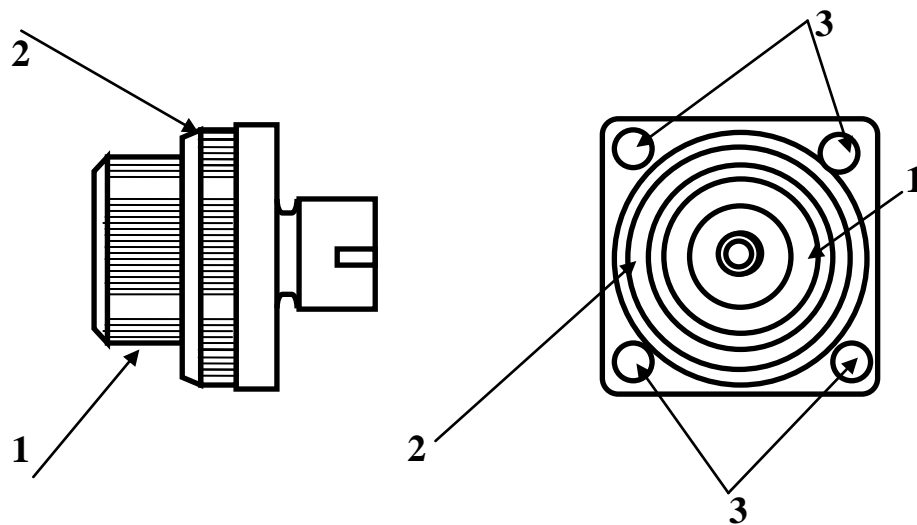


Рис.8

Контргайка 2 фиксирует положение регулировочной, что исключает возможность изменения выбранного затухания в результате случайных механических воздействий. Крепление аттенюатора осуществляется через отверстия 3.

В лабораторном макете контргайка 2 неподвижно закреплена, что позволяет без дополнительных приспособлений осуществлять вращение регулировочной гайки 1 и изменять вносимое затухание. Для исключения повреждения переменного аттенюатора не следует устанавливать значение затухания менее 1,5 дБ и более 14,5 дБ.

Широкое распространение имеет также оптический разветвитель – оптическое устройство на основе волоконных световодов, осуществляющее распределение оптической мощности от одного источника на два или более направлений (сплиттер - splitter). Обычно, такое устройство имеет один вход и два выхода (рис. 9).

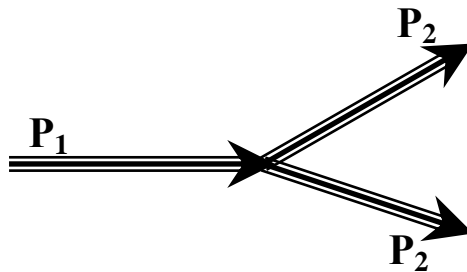


Рис.9

Применяется также устройство, имеющее два входа и один выход, на котором суммируется оптическая мощность, поступающая по двум световодам.

Основной характеристикой разветвителя являются коэффициенты разветвления, определяемые отношением мощности в одном из выходных световодов, к мощности во входном (рис. 9) :

$$a_{12} = P_2 / P_1 \quad (3),$$

$$a_{13} = P_3 / P_1 \quad (4).$$

Количественно оценивается также однородность разветвителя, показывающая в каком отношении мощность, поступившая на его вход, делится между выходными световодами:

$$a_{23} = P_3 / P_2$$

## 2. Лабораторная работа №1.

Тема: «Исследование характеристик разъемных соединителей».

Цель работы: - получение навыков работы с измерителем оптической мощности «Алмаз 33»;

-определение затухания, вносимого соединением торцов двух световодов в оптической розетке в зависимости от величины их числовой апертуры;

### Порядок выполнения работы

**Внимание! Перед каждым использованием в измерениях волоконных шнуров необходимо снять защитные колпачки с их торцов. После окончания работы с волоконным шнуром обязательно установить на его торцы снятые защитные колпачки. Перед каждым использованием в измерениях оптического тестера «Алмаз 33» необходимо отвернуть защитный колпачок с торца его коннектора и немедленно соединить его с коннектором волоконного шнура. После окончания измерения обязательно установить защитный колпачок на прежнее место.**

1. Установите органы управления электронного блока «Блок питания излучателя» в исходное положение:

-ручку потенциометра «регулировка»— в крайнее положение против часовой стрелки;

-кнопочный переключатель «режим» - в положение «мощность», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью;

-включите тумблер «сеть». При этом загорается его подсветка.

При данном положении органов управления электронный блок обеспечивает непрерывное немодулированное оптическое излучение на оптическом выходе. Его мощность регулируется потенциометром «регулировка». На цифровом табло отображаются показания, пропорциональные фототоку встроенного в лазерный модуль контрольного фотодиода.

2. Проверьте работоспособность лазера. Для этого поверните по часовой стрелке ручку потенциометра «регулировка». Показания на цифровом табло должны увеличиваться, что свидетельствует об исправности лазера.

3. Установите кнопочный переключатель «режим» в положение «ток», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью. При этом на цифровом табло отображается значение тока, протекающего через лазерный диод (ток накачки).

4. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с входом оптического тестера «Алмаз 33».

5. Включите оптический тестер «Алмаз 33» и переведите его в режим измерения абсолютных значений мощности нажимая кнопку *mvt*, *dbm*, *db* на его лицевой панели. Установите тестер в режим измерений на длине волны 1,3 мкм нажимая кнопку  $\lambda$  на его лицевой панели. При необходимости используйте описание прибора «Алмаз 33».

6. Установите с помощью потенциометра «регулировка» электронного блока «Блок питания излучателя» величину оптической мощности в районе 0,5 мВт по прибору «Алмаз 33». Зафиксируйте это значение в соответствующей графе таблицы 1. При дальнейших измерениях это значение не должно изменяться.

Таблица 1. Затухания в линии, вызванные стыковкой световодов различных типов.

$P_{аб}$ (мВт)	SM-SM (дБ)	SM-MM (дБ)	MM-MM (дБ)	MM-SM (дБ)

7. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению мощности в относительных единицах (измерение затухания), нажав необходимое количество раз кнопку *mvt*, *dbm*, *db*. После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности, поступающий на вход прибора, принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0дБ.



8. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с соединительной оптической розеткой FC-FC/UPC, расположенной на штативе на плате 5 (рис.1). Противоположную часть оптической розетки с помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините с входом оптического тестера «Алмаз 33». На его дисплее появляется значение затухания в линии, соответствующее соединению двух одномодовых световодов, имеющих одинаковое значение числовой апертуры, выраженное в дБ. Занесите это значение в таблицу 2 в графу SM-SM (стыковка двух одномодовых световодов).

9. Замените оптический шнур FC/UPC-FC/UPC, соединяющий вход прибора «Алмаз 33» и оптическую розетку на многомодовый (FC/PC-FC/PC, оранжевый цвет защитной оболочки). Отметьте по дисплею оптического тестера затухание, соответствующее соединению одномодового и многомодового световода.

***Внимание! В этом случае анализируется соединение двух световодов с различным значением числовой апертуры. В реальной линии соединение одномодовых и многомодовых световодов используется только в исключительных случаях.***

Потери в соединении обусловлены различием в величинах их числовых апертур. Занесите измеренное значение в графу SM-MM таблицы 1.

10. Отсоедините волоконный шнур FC/UPC-FC/UPC, соединяющий «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с оптической розеткой.

11. Отсоедините волоконный шнур FC/PC-FC/PC от входа оптического тестера «Алмаз 33».

12. С помощью многомодового шнура FC/PC-FC/PC (оранжевый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с входом оптического тестера «Алмаз 33». При этом уровень оптической мощности, поступающий по волоконному шнуру на его выходной коннектор, изменится из-за изменения условий соединения между одномодовым световодом лазерного диода (он находится внутри электронного блока) и многомодовым световодом.

13. Переведите оптический тестер в режим измерения абсолютных значений мощности нажимая кнопку *mvt, dbm, db* на его лицевой панели. Повторите действия, предусмотренные пунктами 6 и 7.

14. С помощью многомодового шнура FC/PC-FC/PC (оранжевый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с соединительной оптической розеткой FC-FC/UPC, расположенной на штативе на плате 5 (рис.1). Противоположную часть оптической розетки с помощью многомодового шнура (оранжевый цвет защитной оболочки) соедините с входом оптического тестера «Алмаз 33». На его дисплее появляется значение затухания в линии, соответствующее соединению двух одномодовых световодов, имеющих одинаковое значение числовой апертуры, выраженное в дБ. Занесите это значение в таблицу 2 в графу ММ-ММ (стыковка двух многомодовых световодов).

15. Замените оптический шнур, соединяющий вход прибора «Алмаз 33» и оптическую розетку на одномодовый (FC/UPC-FC/UPC, желтый цвет защитной оболочки). Отметьте по дисплею оптического тестера затухание, соответствующее соединению одномодового и многомодового световода.

***Внимание! В этом случае анализируется соединение двух световодов с различным значением числовой апертуры. В реальной линии соединение многомодовых и одномодовых световодов используется только в исключительных случаях.***

Потери в соединении обусловлены различием в величинах их числовых апертур. Занесите измеренное значение в графу ММ - SM таблицы 1.

16. Отсоедините волоконный шнур, соединяющий «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с оптической розеткой.

17. Отсоедините волоконный шнур соединяющий вход оптического тестера «Алмаз 33» с оптической розеткой.

18. Повторите все измерения для соединительных и переходных розеток других типов ( по указанию преподавателя). Для соединения элементов следует использовать соответствующие воло-

конные соединительные или переходные шнуры.( FC/UPC-FC/UPC, FC/PC-FC/PC, FC/UPC-SC/UPC, FC/PC-SC/PC).

#### Контрольные вопросы

1. Порядок измерения оптической мощности с помощью прибора «Алмаз 33»
2. Что такое NA?
3. Как устроены волоконные соединители?
4. Расскажите методику измерения затухания, вносимого соединением торцов двух световодов?

#### Библиографический список

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. Техносфера, 2006.
2. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – М: Солон-Пресс, 2004. – 272 с.
3. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика. – М.: КУДИС-ОБРАЗ, 2006. – 320 с.

### 3. Лабораторная работа №2.

Тема: «Исследование характеристик аттенюаторов».

Цель работы: -получение навыков работы с измерителем оптической мощности «Алмаз 33»;

-измерение затухания, вносимого постоянным аттенюатором на основе оптической розетки для многомодовых и одномодовых световодов;

-измерение затухания, вносимого переменным аттенюатором на основе оптической розетки для многомодовых и одномодовых световодов и градуировка аттенюатора.

#### Порядок выполнения работы

**Внимание! Перед каждым использованием в измерениях волоконных шнуров необходимо снять защитные колпачки с их торцов. После окончания работы с волоконным шнуром обязательно установить на его торцы снятые защитные колпачки. Перед каждым использованием в измерениях оптического тестера «Алмаз 33» необходимо отвернуть защитный колпачок с торца его коннектора и немедленно соединить его с коннектором волоконного шнура. После окончания измерения обязательно установить защитный колпачок на прежнее место.**

1. Установите органы управления электронного блока «Блок питания излучателя» в исходное положение:

-ручку потенциометра «регулировка»– в крайнее положение против часовой стрелки;

-кнопочный переключатель «режим» - в положение «мощность», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью;

-включите тумблер «сеть». При этом загорается его подсветка.

При данном положении органов управления электронный блок обеспечивает непрерывное немодулированное оптическое излучение на оптическом выходе. Его мощность регулируется

потенциометром «регулировка». На цифровом табло отображаются показания, пропорциональные фототоку встроенного в лазерный модуль контрольного фотодиода.

2. Проверьте работоспособность лазера. Для этого поверните по часовой стрелке ручку потенциометра «регулировка». Показания на цифровом табло должны увеличиваться, что свидетельствует об исправности лазера.

3. Установите кнопочный переключатель «режим» в положение «ток», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью. При этом на цифровом табло отображается значение тока, протекающего через лазерный диод (ток накачки).

4. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с входом оптического тестера «Алмаз 33».

5. Включите оптический тестер «Алмаз 33» и переведите его в режим измерения абсолютных значений мощности нажимая кнопку  $mvt, dbm, db$  на его лицевой панели. Установите тестер в режим измерений на длине волны 1,3 мкм, нажимая кнопку  $\lambda$  на его лицевой панели. При необходимости используйте описание прибора «Алмаз 33».

6. Установите с помощью потенциометра «регулировка» электронного блока «Блок питания излучателя» величину оптической мощности в районе 0,5 мВт по прибору «Алмаз 33». Зафиксируйте это значение в соответствующей графе таблицы 1. При дальнейших измерениях это значение не должно изменяться.

7. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению мощности в относительных единицах (измерение затухания), нажав необходимое количество раз кнопку  $mvt, dbm, db$ . После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности, поступающий на вход прибора, принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0дБ.

Таблица 1. Ослабление ступенчатого аттенюатора.

$P_{аб}$ (мВт)	SM-SM (дБ)	MM-MM (дБ)

8. Произведите измерение ослабления, вносимого в линию фиксированным аттенюатором - розеткой для одномодового волокна FC/SM. Аттенюатор расположен на плате 6 (рис.1). Для этого выполните следующие действия.

8.1. Отсоедините оптический разъем волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC от входа оптического тестера «Алмаз 33» и соедините его с аттенюатором - розеткой.

8.2. Второй выход аттенюатора - розетки соедините с помощью одномодового волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) со входом оптического тестера.

8.3. Занесите в графу SM-SM таблицы 2 значение ослабления, которое вносит аттенюатор в одномодовую линию. Величина этого ослабления считывается с дисплея оптического тестера.

8.4. Отсоедините оптические одномодовые шнуры от всех используемых элементов.

8.5. Соедините «оптический выход» электронного блока и вход оптического тестера с помощью многомодового шнура FC/PC-FC/PC. При этом уровень оптической мощности, поступающий по волоконному шнуру на его выходной коннектор, изменится из-за изменения условий соединения между одномодовым световодом лазерного диода (он находится внутри электронного блока) и многомодовым световодом.

Переключив режим измерений оптического тестера в положение мВт (измерение мощности в абсолютных единицах), с помощью потенциометра «регулировка» на лицевой панели «блока питания излучателя» установите величину оптической мощности в районе 0,5 мВт по прибору «Алмаз 33». При дальнейших измерениях это значение не должно изменяться.

8.6. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению затухания, нажав необходимое количество раз кнопку *mvt, dbm, db*. После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности поступающий на вход прибора принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0дБ.

8.7. Отсоедините оптический разъем волоконного шнура FC/PC-FC/PC от входа оптического тестера «Алмаз 33» и соедините его с аттенуатором - розеткой.

8.8. Второй выход аттенуатора - розетки соедините с помощью многомодового волоконного шнура FC/PC-FC/PC (оранжевый цвет защитной оболочки) со входом оптического тестера.

8.9. Занесите в графу MM-MM таблицы 2 значение ослабления, которое вносит аттенуатор в многомодовую линию. Величина этого ослабления считывается с дисплея оптического тестера.

9. Произведите измерение ослабления, вносимого в линию фиксированным аттенуатором - розеткой для многомодового волокна FC/MM. Аттенуатор расположен на плате 6 (рис.1). Для этого выполните следующие действия.

9.1. Переведите оптический тестер «Алмаз 33» в режим измерения абсолютных значений мощности нажимая кнопку *mvt, dbm, db* на его лицевой панели.

9.2. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с входом оптического тестера «Алмаз 33».

9.3. С помощью потенциометра «регулировка» на лицевой панели «блока питания излучателя» установите величину оптической мощности в районе 0,5 мвт по прибору «Алмаз 33». При дальнейших измерениях это значение не должно изменяться.

9.4. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению мощности в относительных единицах (измерение затухания), нажав необходимое количество раз кнопку *mvt, dbm, db*. После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности, поступающий на вход прибора, принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0дБ.

9.5. Повторите измерения, предусмотренные в пункте 8 для фиксированного аттенуатора - розетки для многомодового волокна FC/MM.

9.6. Отсоедините все волоконные шнуры от элементов оптической схемы.

10. Произвести измерение ослабления, вносимого в линию переменным аттенюатором. Значение этого ослабления также, как и в предыдущем случае, различно при использовании его в одномодовой и многомодовой волоконной линии. Аттенюатор расположен на плате 6 (рис.1). Выполните следующие действия.

10.1. Выполните действия, предусмотренные пунктами 4 – 7.

10.2. Отсоединение оптический разъем волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC от входа оптического тестера «Алмаз 33» и соедините его с переменным аттенюатором - розеткой.

10.3. Второй выход переменного аттенюатора - розетки соедините с помощью одномодового волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) со входом оптического тестера.

10.4. Переменный аттенюатор выполнен на базе оптической одномодовой розетки FC-FC. Изменение вносимого им затухания осуществляется за счет продольной расстыковки торцов световодов, подсоединенных к нему. Расстыковка осуществляется за счет вращения внешней гайки на его корпусе. Вращение по часовой стрелке увеличивает вносимое затухание, против – уменьшает. Для фиксации установленного затухания служит контргайка, расположенная ближе к корпусу. В данной лабораторной установке контргайка постоянно находится в положении, исключающем фиксацию регулировочной. Это сделано для удобства проведения измерений. Для изменения затухания следует производить вращение крайней гайки. Все регулировки следует производить с особой аккуратностью, чтобы исключить поломку механических узлов. Вращая регулировочную гайку против часовой стрелки, установить затухание вносимое аттенюатором,  $\alpha = 3\text{дБ}$ , фиксируя его по дисплею оптического тестера. Данное значение занести в первую графу таблицы 3.

10.5. Произвести градуировку аттенюатора, фиксируя вносимое им ослабление, соответствующее  $N$  полных оборотов вокруг оси регулировочной гайки. Величина этого ослабления считается с дисплея оптического тестера. Начало отсчета оборотов



соответствует затуханию 3 дБ ( $N=0$ ). Закончить измерения при достижении значения затухания 15 дБ. Данные измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3. Градуировка переменного аттенюатора. Величина оптической мощности на входе  $P_{аб} =$  мВт.

N (оборотов)	0			
$\alpha$ (дБ)	3дБ			

10.6. Отсоедините оптические одномодовые шнуры от всех используемых элементов. Соедините выход электронного блока и вход оптического тестера с помощью многомодового шнура. Переключив режим измерений оптического тестера в положение мВт, с помощью потенциометра «регулировка» установите величину оптической мощности, соответствующую предыдущим измерениям и зафиксированную в таблице 3.

10.7. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению затухания, нажав необходимое количество раз кнопку *mvt, dbm, db*. После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности поступающий на вход прибора принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0дБ.

10.8. Отсоедините оптический разъем многомодового световода FC/PC-FC/PC от входа оптического тестера и соедините его с аттенюатором.

10.9. С помощью второго многомодового шнура FC/PC-FC/PC соедините второй выход аттенюатора со входом оптического тестера.

10.10. Повторить градуировку переменного аттенюатора при использовании его в многомодовой линии. При проведении измерений руководствоваться указаниями пунктов 10.4.,10.5.

### Контрольные вопросы

1. Порядок измерения оптической мощности с помощью прибора «Алмаз 33»
2. Что такое оптический аттенюатор как он устроен?
3. Расскажите методику измерения затухания, вносимого постоянным аттенюатором на основе оптической розетки?
4. Расскажите методику измерения затухания, вносимого переменным аттенюатором на основе оптической розетки

### Библиографический список

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. Техносфера, 2006.
2. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – М: Солон-Пресс, 2004. – 272 с.
3. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика. – М.: КУДИС-ОБРАЗ, 2006. – 320 с.

### Лабораторная работа №3.

Тема: «Моделирование процесса поиска неисправности оптической линии связи с помощью оптического тестера».

Цель работы: -получение навыков работы с измерителем оптической мощности «Алмаз 33» при обнаружении обрыва в волоконно-оптической линии связи.

#### Порядок выполнения работы

**Внимание! Перед каждым использованием в измерениях волоконных шнуров необходимо снять защитные колпачки с их торцов. После окончания работы с волоконным шнуром обязательно установить на его торцы снятые защитные колпачки. Перед каждым использованием в измерениях оптического тестера «Алмаз 33» необходимо отвернуть защитный колпачок с торца его коннектора и немедленно соединить его с коннектором волоконного шнура. После окончания измерения обязательно установить защитный колпачок на прежнее место.**

1. Установите органы управления электронного блока «Блок питания излучателя» в исходное положение:

-ручку потенциометра «регулировка»— в крайнее положение против часовой стрелки;

-кнопочный переключатель «режим» - в положение «мощность», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью;

-включите тумблер «сеть». При этом загорается его подсветка.

При данном положении органов управления электронный блок обеспечивает непрерывное немодулированное оптическое излучение на оптическом выходе. Его мощность регулируется потенциометром «регулировка». На цифровом табло отображаются показания, пропорциональные фототоку встроенного в лазерный модуль контрольного фотодиода.

2. Проверьте работоспособность лазера. Для этого поверните по часовой стрелке ручку потенциометра «регулировка». Показания на цифровом табло должны увеличиваться, что свидетельствует об исправности лазера.

3. Установите кнопочный переключатель «режим» в положение «ток», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью. При этом на цифровом табло отображается значение тока, протекающего через лазерный диод (ток накачки).

4. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с входом оптического тестера «Алмаз 33».

5. Включите оптический тестер «Алмаз 33» и переведите его в режим измерения абсолютных значений мощности нажимая кнопку *mvt, dbm, db* на его лицевой панели. Установите тестер в режим измерений на длине волны 1,3 мкм нажимая кнопку  $\lambda$  на его лицевой панели. При необходимости используйте описание прибора «Алмаз 33».

6. Установите с помощью потенциометра «регулировка» электронного блока «Блок питания излучателя» величину оптической мощности в районе 0,5 мВт по прибору «Алмаз 33». Значение оптической мощности в абсолютных единицах занесите в таблицу 1. При дальнейших измерениях это значение не должно изменяться.

7. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению мощности в относительных единицах (измерение затухания), нажав необходимое количество раз кнопку *mvt, dbm, db*. После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности, поступающий на вход прибора, принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0дБ.

8. Отсоедините волоконный шнур, соединяющий электронный блок «Блок питания излучателя» и «Алмаз 33».

9. Для определенности в дальнейшем будем считать, что оптические входы расположены в левой коммутационной коробке, а выходы – в правой. Верхний ряд оптических розеток коммутационной коробки соответствует одномодовым входам/выходам, ниж-

ний – многомодовым. Нумерация розеток производится слева направо. Соедините с помощью переходного волоконного шнура FC/UPC-SC/UPC «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» и оптический вход №1 коммутационной коробки (оптическая розетка SC/UPC).

10. С помощью второго переходного одномодового шнура FC/UPC-SC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) попеременно соединять верхний ряд розеток SC/UPC второй коммутационной коробки (оптические выходы) со входом оптического тестера «Алмаз 33». Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1. Переходные ослабления между входами и выходами оптической линии. Величина оптической мощности на входе  $P_{аб} = \text{мВт}$ .

ВХОД	ВЫХОД 1	ВЫХОД 2	ВЫХОД 3	ВЫХОД 4
1				
2				
3				
4				

Следует учесть, что из четырех световодов оптического кабеля с помощью сварки соединены только три. Поэтому в одном случае из четырех ни на одной из выходных розеток оптическая мощность не фиксируется.

11. Повторите действия, предусмотренные пунктами 4 -10 для нижнего ряда оптических розеток коммутационных коробок. В этом случае тестируется многомодовый кабель и для соединений, предусмотренных пунктами 4-10, следует использовать многомодовые волоконные шнуры (оранжевый цвет защитной оболочки)

### Контрольные вопросы

1. Порядок измерения оптической мощности с помощью прибора «Алмаз 33»
2. Что такое NA?
3. Как устроены волоконные соединители?
4. Расскажите методику обнаружения обрыва в волоконно-оптической линии связи.

### Библиографический список

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. Техносфера, 2006.
2. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – М: Солон-Пресс, 2004. – 272 с.
3. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика. – М.: КУДИС-ОБРАЗ, 2006. – 320 с.

## 5. Лабораторная работа №4.

Тема: «Исследование характеристик оптического разветвителя 1x2».

Цель работы: -получение навыков работы с измерителем оптической мощности «Алмаз 33»;

-измерение переходных ослаблений между световодами оптического разветвителя.

### Порядок выполнения работы

**Внимание! Перед каждым использованием в измерениях волоконных шнуров необходимо снять защитные колпачки с их торцов. После окончания работы с волоконным шнуром обязательно установить на его торцы снятые защитные колпачки. Перед каждым использованием в измерениях оптического тестера «Алмаз 33» необходимо отвернуть защитный колпачок с торца его коннектора и немедленно соединить его с коннектором волоконного шнура. После окончания измерения обязательно установить защитный колпачок на прежнее место.**

1. Установите органы управления электронного блока «Блок питания излучателя» в исходное положение:

-ручку потенциометра «регулировка»– в крайнее положение против часовой стрелки;

-кнопочный переключатель «режим» - в положение «мощность», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью;

-включите тумблер «сеть». При этом загорается его подсветка.

При данном положении органов управления электронный блок обеспечивает непрерывное немодулированное оптическое излучение на оптическом выходе. Его мощность регулируется потенциометром «регулировка». На цифровом табло отображаются показания, пропорциональные фототоку встроенного в лазерный модуль контрольного фотодиода.

2. Проверьте работоспособность лазера. Для этого поверните по часовой стрелке ручку потенциометра «регулировка». Показания на цифровом табло должны увеличиваться, что свидетельствует об исправности лазера.

3. Установите кнопочный переключатель «режим» в положение «ток», для чего нажмите кнопку с соответствующей подписью. При этом на цифровом табло отображается значение тока, протекающего через лазерный диод (ток накачки).

4. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Блок питания излучателя» с входом оптического тестера «Алмаз 33».

5. Включите оптический тестер «Алмаз 33» и переведите его в режим измерения абсолютных значений мощности нажимая кнопку *mvt*, *dbm*, *db* на его лицевой панели. Установите тестер в режим измерений на длине волны 1,3 мкм, нажимая кнопку  $\lambda$  на его лицевой панели. При необходимости используйте описание прибора «Алмаз 33».

6. Установите с помощью потенциометра «регулировка» электронного блока «Блок питания излучателя» величину оптической мощности в районе 0,5 мВт по прибору «Алмаз 33». Зафиксируйте это значение в соответствующей графе таблицы 1. При дальнейших измерениях это значение не должно изменяться.

7. Установите режим работы оптического тестера, соответствующий измерению мощности в относительных единицах (измерение затухания), нажав необходимое количество раз кнопку *mvt*, *dbm*, *db*. После этого нажмите кнопку «установка нуля» на пульте тестера. При этом уровень оптической мощности, поступающий на вход прибора, принимается за нулевой. На его дисплее появляется значение 0дБ.

8. Отсоедините оптический разъем волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC от входа оптического тестера «Алмаз 33» и соедините его с соединительной розеткой 1 FC/SPC – FC/SPC на плате 7 (рис.1), к которой присоединен коннектор входного световода оптического делителя. Относительный уровень мощности, поступающий в первый световод в этом случае  $P_1 = 0$  дБ.



9. Соединяя попеременно розетки 2 и 3 на плате 7 с помощью одномодового волоконного шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) со входом оптического тестера проведите измерение относительного уровня мощности во втором и третьем световоде ( $P_2$  и  $P_3$  соответственно). Измеренные значения занесите в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерения относительных уровней мощности в выходных световодах разветвителя.

$P_1 = 0$ дБ.	$P_2 =$	$P_3 =$
$P_1 =$	$P_2 = 0$ дБ.	$P_3 =$
$P_1 =$	$P_2 =$	$P_3 = 0$ дБ.

10. Подавая мощность во второй ( $P_2 = 0$  дБ) и третий ( $P_3 = 0$  дБ) световоды разветвителя проведите измерение относительного уровня мощности в остальных двух световодах разветвителя. Данные измерений занесите в таблицу 1.

#### Контрольные вопросы

1. Порядок измерения оптической мощности с помощью прибора «Алмаз 33»
2. Что такое оптические разветвители и какие они бывают?
3. Как устроены волоконные разветвители?
4. Расскажите методику измерения переходных ослаблений между световодами оптического разветвителя?

#### Библиографический список

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. Техносфера, 2006.
2. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – М: Солон-Пресс, 2004. – 272 с.
3. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика. – М.: КУДИС-ОБРАЗ, 2006. – 320 с.

## **ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом студентом выбран наиболее эффективный способ выполнения задания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом и допущено наличие несущественных недочетов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при выполнении лабораторной работы допущены ошибки не критического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если лабораторная работа не выполнена или при его выполнении допущены грубые ошибки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студент формирует следующие компетенции:

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
ПК-1/ основной, завершающий.	<p>ПК-1.1. Формулирует тезисы из анализируемой научной технической литературы.</p> <p>ПК-1.2. Разрабатывает формальные модели обработки и передачи данных в телекоммуникационных системах.</p> <p>ПК-1.3. Формулирует целевые критерии для оценивания эффективности исследуемых систем.</p> <p>ПК-1.4. Проводит экспериментальные</p>	<p><b>Знать:</b> Основные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять основные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками применения основных ме-</p>	<p><b>Знать:</b> Применяемые методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками применения методов про-</p>	<p><b>Знать:</b> Современные эффективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> Применять современные эффективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	и теоретические исследования защищённости телекоммуникационных систем и сетей	тодов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.	ведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.	<b>Владеть</b> Навыками применения современных эффективных методов проведения теоретических и экспериментальных исследований защищённости телекоммуникационных систем и сетей.
ПК-5/ завершающий.	ПК-5.1. Разрабатывает методику оценки уровня защищённости телекоммуникационной системы. ПК-5.3. Разрабатывает систему мероприятий по оценке уровня защищённости телекоммуникационной системы.	<b>Знать:</b> Основные методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Уметь:</b> Применять основные методы контроля защищённости информационно-телекоммуни-	<b>Знать:</b> Применяемые методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.. <b>Уметь:</b> Применять методы контроля защищённости информационно-телекоммуни-	<b>Знать:</b> Современные эффективные методы контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем. <b>Уметь:</b> Применять современные эффективные методы контроля защищённости ин-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		<p>кационных систем..</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>Навыками применения основных методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.</p>	<p>систем..</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>Навыками применения методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.</p>	<p>формационно-телекоммуникационных систем.</p> <p><b>Владеть</b></p> <p>Навыками применения современных эффективных методов контроля защищённости информационно-телекоммуникационных систем.</p>

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

**Форма титульного листа отчета, обучающегося о выполненной лабораторной работе****МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Кафедра космического приборостроения и систем связи

**ОТЧЕТ**

о выполненной лабораторной работе

по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»  
на тему « \_\_\_\_\_ »

Выполнил

\_\_\_\_\_

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

\_\_\_\_\_

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20 \_\_\_\_