

Федеральное агентство связи

**Государственное федеральное образовательное учреждение
высшего профессионального образования**

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

**ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА**

Самара

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики

Кафедра СС

Методические указания к лабораторным работам
ОПТИЧЕСКИЙ ТРАКТ

Составитель: к.т.н. Трошин А.В.

Самара 2011

УДК 681.7.06

Трошин А.В. Оптический тракт. Методические указания к лабораторным работам. – Самара: ГОУВПО ПГУТИ, 2011. – 27 с.

В методических указаниях к двум лабораторным работам по курсу «Волоконно-оптические системы передачи» приводится подробное описание лабораторной установки, рассмотрены методики и схемы проведения измерений характеристик оптического тракта ВОСП.

Рецензент:

Дашков М.В. - к.т.н., доцент. кафедры ЛС и ИТС

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования. «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

© Трошин А.В. 2011

Лабораторная работа №1

Исследование характеристик лазерного диода

1. Цель работы

Получить практические навыки измерения оптической мощности при помощи измерителя. Провести измерение и исследование ватт-амперной характеристики лазерного диода.

2. Подготовка к работе

2.1. Используя список литературы и теоретический материал, приведенный в приложении к описанию лабораторной установки, подготовить ответы на контрольные вопросы.

2.2. Изучить правила техники безопасности по работе с лазерными источниками излучения.

2.3. Изучить описание по работе с измерителем оптической мощности «Алмаз 33».

2.4. Изучить описание лабораторной установки, приведенное в приложении.

2.5. Подготовить бланк отчета с таблицами результатов измерений

3. Список литературы

3.1. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. пособие для вузов/ В. И. Иванов, Л. В. Адамович.- Самара: СРТЦ, 2007.- 138 с.

3.2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи /пер. с англ. под ред. Н.Н.Слепова.- М.: Техносфера, 2003.- 448 с.

3.3. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи: Учебник для вузов/ В.А.Андреев, В.А.Бурдин, Б.В.Попов, А.И.Польников; Под ред. Б.В.Попова.- М.: Радио и связь, 1995.- 200 с.

3.4. Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы: Сборник статей/ Под ред. С.А.Дмитриева, Н.Н.Слепова.- М.: Connect, 2000.- 376 с.

4. Контрольные вопросы

4.1. Опишите конструкцию полупроводникового лазерного диода (ЛД).

4.2. В чем заключается принцип работы полупроводникового ЛД?

4.3. В чем заключаются основные преимущества ЛД в сравнении с полупроводниковыми светоизлучающими диодами?

4.4. Перечислите и поясните основные характеристики ЛД.

4.5. Что представляет ватт-амперная характеристика ЛД и в чем ее особенности?

4.6. Дайте определение порогового тока накачки ЛД и укажите его значение на ватт-амперной характеристике.

- 4.7. Какие спектральные диапазоны используются в современных ВОСП?
- 4.8. Что представляет собой спектральная характеристика ЛД?
- 4.9. В чем заключаются особенности конструкции ЛД с распределенной обратной связью (РОС) и распределенным брэгговским отражением (РБО)?
- 4.10. Что представляет собой полупроводниковая гетероструктура (гетеро-переход) и каким образом их свойства используются в современных ЛД?
- 4.11. Какую форму имеет диаграмма направленности излучения ЛД?
- 4.12. Каковы требования к рабочим характеристикам ЛД для работы в современных ВОСП?

Техника безопасности при проведении работ

При выполнении лабораторных работ с лазерными источниками излучения необходимо соблюдать следующие правила:

1. Не смотреть в выходные порты «Источника оптического излучения» и на торцы коннекторов
2. Визуальный контроль качества торцов оптических коннекторов можно производить только при отключении источника излучения

Внимание!

Излучение, применяемое в телекоммуникационных системах невозможно обнаружить визуально

6. Порядок выполнения работы

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.

6.1. Установите органы управления электронного блока «Источник оптического сигнала» в исходное положение:

- ручки потенциометров « I_0 », « I_1 » регулировки токов – в крайнее положение против часовой стрелки;
- кнопочные переключатели «модуляция», «дисперсия», «шум» – отжаты;
- включить тумблер «сеть». При этом загорается его подсветка;
- кнопочный переключатель «выбор источника» - в положении, соответствующем включению лазера, излучающего на выбранной длине волны 1,3 или 1,5 мкм; при этом над соответствующей оптической розеткой загорается контрольный световод;

При данном положении органов управления электронный блок обеспечивает непрерывное немодулированное оптическое излучение на выбранном оптическом выходе. Его мощность регулируется потенциометром « I_0 ».

6.2. С помощью одномодового (желтый цвет защитной оболочки) оптического шнура с коннекторами типа FC соедините оптический выход на длине волны 1,3 мкм электронного блока «Источник оптического излучения» со входом оптического тестера «Алмаз 33» (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1.

6.3. Используя описание прибора «Алмаз 33», включить его в режим измерения абсолютного значения оптической мощности (в мВт) на длине волны 1,3 мкм.

6.4. Изменяя величину тока I_0 с помощью потенциометра на лицевой панели блока «Источник оптического излучения», произвести измерение ватт-амперной характеристики лазерного диода. Значение мощности $P_{аб}$ определять с помощью прибора «Алмаз 33» в абсолютных единицах. Величину тока I_0 определять с помощью цифрового индикатора на лицевой панели электронного блока «Источник оптического излучения». Измерения проводить изменяя I_0 в диапазоне значений $0 < I_0 < 25$ мА с шагом изменения, который определяется преподавателем. Данные измерений занести в строки 1 и 2 таблицы 1.1.

Таблица 1.1.

1,3 мкм	I_0 (мА)			
	$P_{аб}$ (мВт)			
1,55 мкм	I_0 (мА)			
	$P_{аб}$ (мВт)			

6.5. Выполнить пункты 2-4, выполняя измерения на длине волны 1,55 мкм. Для этого соедините измеритель с оптическим выходом 1,55 мкм источника излучения и нажмите кнопочный переключатель на блоке.

6.6. По экспериментальным данным постройте ватт-амперные характеристики лазерного диода – зависимость $P_{аб}$ (мВт) от I_0 (мА), для двух спектральных диапазонов. На характеристиках отметите величину порогового тока I_p (мА) начала вынужденной генерации излучения.

6.7. По окончании измерений выключите блок «Источник оптического излучения», отсоедините и выключите измеритель «Алмаз 33».

Измерение вносимых потерь в оптическом тракте

1. Цель работы

Получить практические навыки проведения измерений вносимых потерь в оптическом тракте ВОСП. Повести исследование характеристик затухания оптического тракта ВОСП.

2. Подготовка к работе

2.1. Используя список литературы и теоретический материал, приведенный в приложении к описанию лабораторной установки, подготовить ответы на контрольные вопросы.

2.2. Изучить правила техники безопасности по работе с лазерными источниками излучения.

2.3. Изучить описание по работе с измерителем оптической мощности «Алмаз 33».

2.4. Изучить описание лабораторной установки, приведенное в приложении.

2.5. Подготовить бланк отчета с таблицами измерений

3. Список литературы

3.1. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. пособие для вузов/ В. И. Иванов, Л. В. Адамович.- Самара: СРТЦ, 2007.- 138 с.

3.2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи /пер. с англ. под ред. Н.Н.Слепова.- М.: Техносфера, 2003.- 448 с.

3.3. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи: Учебник для вузов/ В.А.Андреев, В.А.Бурдин, Б.В.Попов, А.И.Польников; Под ред. Б.В.Попова.- М.: Радио и связь, 1995.- 200 с.

3.4. Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы: Сборник статей / Под ред. С.А.Дмитриева, Н.Н.Слепова.- М.: Соппест, 2000.- 376 с.

4. Контрольные вопросы

4.1. Как связаны между собой абсолютное значение мощности, выраженное в мВт, с уровнем мощности в дБ?

4.2. Что представляет величина оптических вносимых потерь и как она определяется для компонентов ВОСП?

4.3. Перечислите основные составляющие вносимых потерь в оптическом тракте ВОСП.

4.4. Каким образом рассчитываются общие вносимые потери в оптическом тракте ВОСП?

4.5. Опишите порядок проведения измерений вносимых потерь в оптическом тракте ВОСП.

4.6. В чем состоит особенность измерения вносимых потерь в оптическом тракте с многомодовым волокном?

4.7. Требования, предъявляемые к величине вносимых потерь основных компонентов оптического тракта ВОСП.

4.8. Какими факторами определяются величины максимальных и минимальных вносимых потерь в оптическом тракте?

Техника безопасности при проведении работ

При выполнении лабораторных работ с лазерными источниками излучения необходимо соблюдать следующие правила:

1. Не смотреть в выходные порты «Источника оптического излучения» и на торцы коннекторов

2. Визуальный контроль качества торцов оптических коннекторов можно производить только при отключении источника излучения

Внимание!
Излучение, применяемое в телекоммуникационных системах невозможно обнаружить визуально

6. Порядок выполнения работы

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.

6.1. Установите органы управления электронного блока «Источник оптического сигнала» в исходное положение:

- ручки потенциометров «I0», «I1» регулировки токов – в крайнее положение против часовой стрелки;
- кнопочные переключатели «модуляция», «дисперсия», «шум» – отжаты;
- включить тумблер «сеть». При этом загорается его подсветка;
- кнопочный переключатель «выбор источника» - в положении, соответствующем включению лазера, излучающего на выбранной длине волны 1,3 или 1,5 мкм, при этом над соответствующей оптической розеткой загорается контрольный светодиод;

При данном положении органов управления электронный блок обеспечивает непрерывное немодулированное оптическое излучение на выбранном оптическом выходе. Его мощность регулируется потенциометром «I₀».

6.2. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините «оптический выход» электронного блока «Источник оптического сигнала» с входом оптического тестера «Алмаз 33», рисунок 2.1.



Рисунок 2.1.

6.3. 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 λ на его лицевой панели. При необходимости используйте описание прибора «Алмаз 33».

6.4. 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 опорный. На его дисплее появляется значение 0 дБ.

6.5. Откройте крышку, закрывающую ОВ нормализующей катушки с одномодовым ОВ. Она расположена на плате 5 (см. приложение 1). Извлеките коннекторы катушки и соедините их с оптическими розетками, расположенными на той же плате.

6.6. Отсоедините одномодовый шнур FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) от входа оптического тестера и с его помощью соедините «оптический выход» электронного блока «Источник оптического сигнала» с одной из розеток на плате 5 (присоедините коннектор шнура с противоположной стороны относительно коннектора катушки).

6.7. С помощью одномодового шнура FC/UPC-FC/UPC (желтый цвет защитной оболочки) соедините оптический тестер «Алмаз 33» со второй розеткой на плате 5. Собранный вид будет иметь вид, показанный на рисунке 2.2.

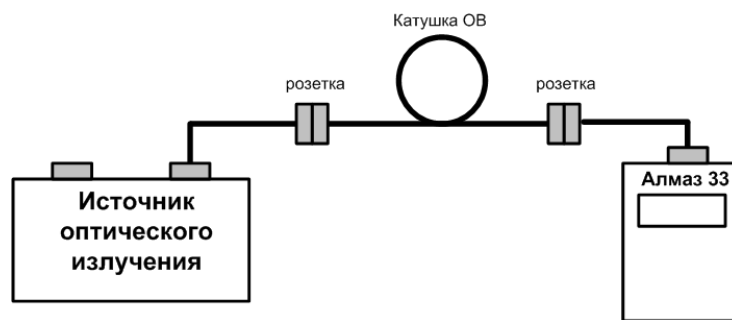


Рисунок 2.2.

На дисплее «Алмаз 33» будет отображаться значение вносимых потерь катушкой ОВ ($A_{\text{ОВ}}$), дБ. Полученное значение $A_{\text{ОВ}}$ занесите в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

Длина волны, мкм	$A_{\text{ОВ}}$, дБ	$A_{\text{МОВ}}$, дБ
1,3 мкм		
1,55 мкм		

6.8. Повторите измерения на длине волны 1,55 мкм. Данные измерений занесите в таблицу 2.1.

6.9. По описанной методике в пп. 6.1-6.8. проведите измерение вносимого затухания катушки многомодового ОВ ($A_{\text{МОВ}}$). Для этого используйте нормализующую катушку и оптические розетки, расположенные на плате 7. Соединения в этом случае следует выполнять с помощью многомодовых волоконных шнуров (оранжевый цвет защитной оболочки). Полученные значение вносимого затухания зафиксируйте в таблице 2.1.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Описание функциональной схемы лабораторной установки

Блок-схема лабораторной установки изображена на рисунок П.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 (четыреволоконная 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 (четыреволоконная 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.

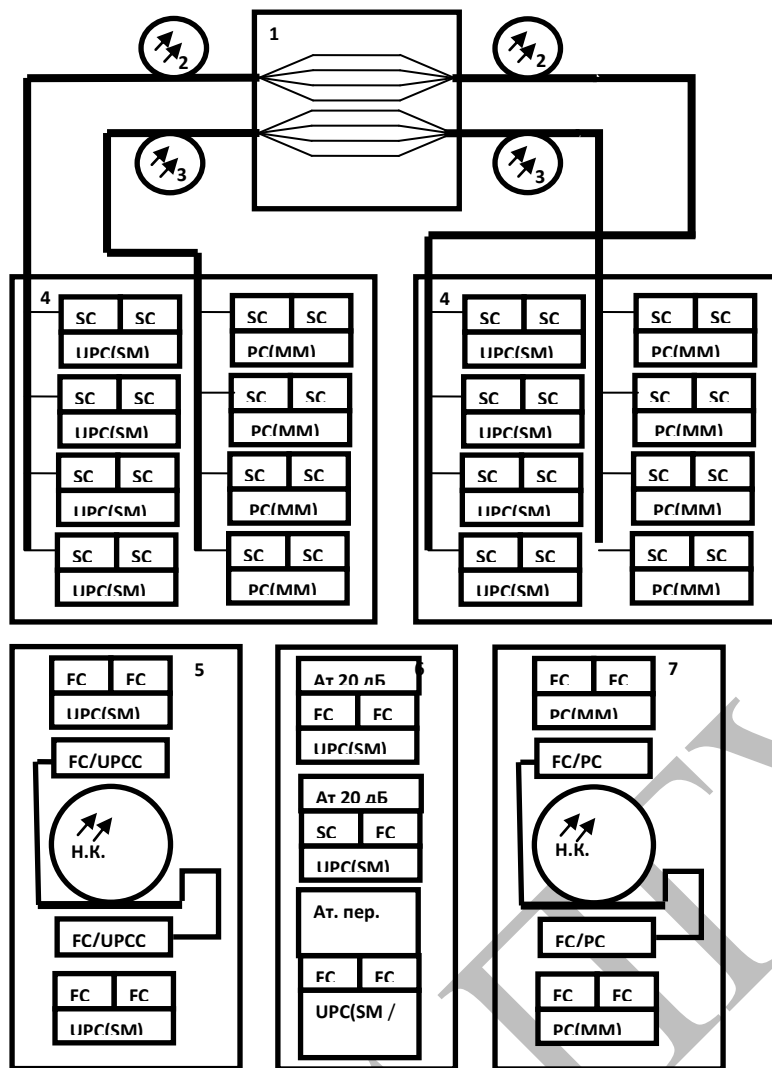


Рисунок П.1.

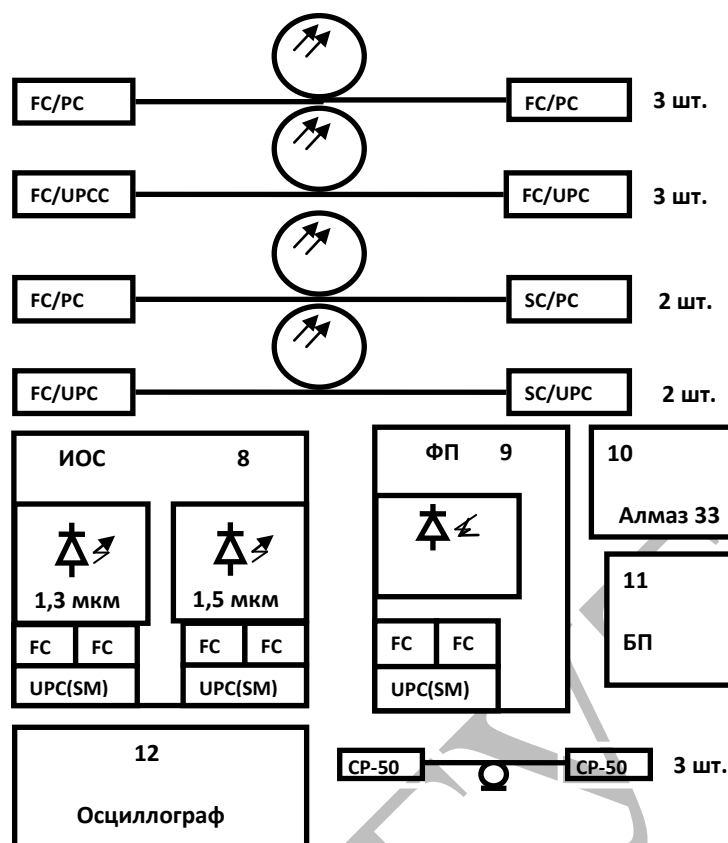


Рисунок П.1. (продолжение)

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 элементами, на которой установлены:

- две соединительных одномодовых розетки FC-D/UPC с керамическим центратором;

- нормализующая катушка, представляющая собой отрезок одномодового световода длиной 1000м оконцованный коннекторами FC/UPC (FC/UPC-SM 1000-FC/UPC).

6. Плата с оптическими 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 элементами, на которой установлены:

- две соединительных многомодовых розетки FC-D/PC с бронзовыми центраторами;
- нормализующая катушка, представляющая собой отрезок многомодового световода длиной 200м оконцованный коннекторами FC/UPC (FC/PC-MM 200-FC/PC).

8. Электронный блок «Источник оптического сигнала» (ИОС). Его лицевая панель изображена на рисунке П.2.

Он обеспечивает генерацию оптического излучения в диапазоне длин волн $\lambda=1,3$ мкм и 1,5 мкм с помощью двух лазерных диодов (полупроводниковых лазеров) LFO-14-ip ($\lambda=1,3$ мкм) и LFO-17-ip ($\lambda=1,5$ мкм) с выходной мощностью 1 мВт. Диоды состыкованы с отрезками одномодового волокна, которое оконцовано коннекторами типа FC/SPC. Подключение их к внешним оптическим цепям осуществляется с помощью оптических розеток типа FC/UPC «**ОПТИЧЕСКИЙ ВЫХОД**», выведенных на лицевую панель.

Включение одного из двух источников « $\lambda=1,3$ мкм» или « $\lambda=1,5$ мкм» осуществляется с помощью кнопочного переключателя «**ВЫБОР ИСТОЧНИКА**». Для контроля над оптическими розетками встроены светодиоды, которые светятся при включении соответствующего источника.

Регулировка режима работы включенного источника осуществляется с помощью двух ключей, задающих токи I_0 , I_1 , протекающие через p-n переход лазерного диода.

На лицевую панель выведены ручки потенциометров « I_0 », « I_1 », с помощью которых изменяется соответствующее значение тока.

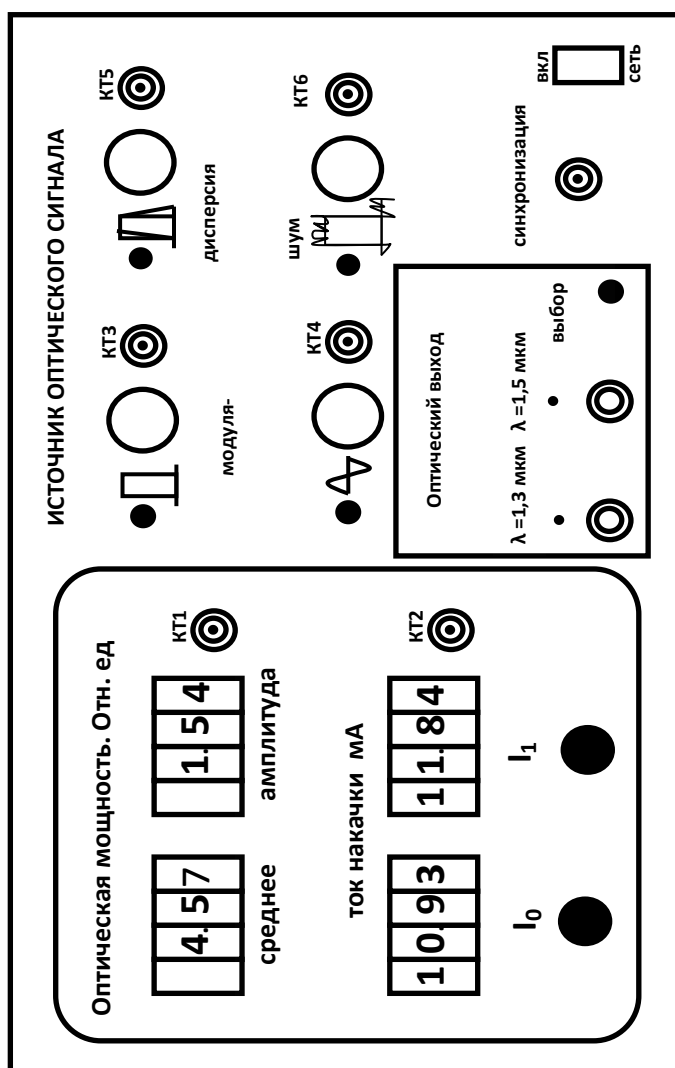


Рисунок П.2. – Источник оптического излучения

Для контроля токов I_0 , I_1 на лицевой панели БПИ имеются два цифровых индикатора «ТОК НАКАЧКИ, мА». Рядом расположено гнездо «КТ2» для подключения кабеля с разъемами СР-50 к осциллографу и контролю тока, протекающего через р-n переход лазерного диода. Контроль работоспособности включенного лазерного диода производится по наличию мощности на его выходе. Измерение мощности производится с помощью встроенного в корпус лазеров фотодиодов, ток которых отображается двумя цифровыми индикаторами «ОПТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ, ОТН. ЕД.». Следует помнить, что показания индикатора имеют относительный характер.

Поскольку предусмотрена возможность модуляции оптического излучения, для контроля мощности используются два индикатора. Первый - «СРЕДНЕЕ» - отображает средний уровень оптической мощности, излучаемой включенным лазерным диодом. Второй - «АМПЛИТУДА» - амплитудные значения. Его показания отличны от нуля только при включенной модуляции оптического излучения.

Контроль тока встроенного в корпус лазера фотодиода может осуществляться с помощью осциллографа. Для этого рядом с индикаторами расположено гнездо «**КТ1**» для подключения кабеля с разъемами СР-50.

В электронном блоке предусмотрена возможность импульсной или аналоговой модуляции оптического излучения. Включение этого режима осуществляется путем нажатия соответствующей кнопки переключателя «**МОДУЛЯЦИЯ**». Амплитуда модулирующего сигнала регулируется соответствующим потенциометром, ручки которых также выведены на лицевую панель. Рядом с ручками потенциометров расположены гнезда «**КТ3**», «**КТ4**» для подключения кабеля с разъемами СР-50 и контроля формы модулирующего сигнала по экрану осциллографа.

В электронном блоке предусмотрена возможность введения искажений формы модулирующего импульса для моделирования явления дисперсионных искажений, возникающих в реальной оптической линии связи. Включение этого режима осуществляется путем нажатия кнопки «**ДИСПЕРСИЯ**». Величина дисперсионного уширения импульса регулируется с помощью соответствующего потенциометра, ручка которого выведена на лицевую панель. Рядом расположено гнездо «**КТ5**» для подключения кабеля с разъемами СР-50 и контроля формы модулирующего сигнала по экрану осциллографа.

В электронном блоке предусмотрена возможность введения аддитивной шумовой составляющей в модулирующий сигнал для моделирования процессов, возникающих в реальной оптической линии связи. Включение этого режима осуществляется путем нажатия кнопки «**ШУМ**». Уровень шума регулируется с помощью соответствующего потенциометра, ручка которого выведена на лицевую панель. Рядом расположено гнездо «**КТ6**» для подключения кабеля с разъемами СР-50 и контроля формы модулирующего сигнала по экрану осциллографа.

На лицевой панели предусмотрено гнездо «**СИНХРОНИЗАЦИЯ ОСЦИЛЛОГРАФА**» для подключения кабеля с разъемами СР-50 к входу синхронизации используемого осциллографа.

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

9. Фотоприемник (ФП). Его лицевая панель изображена на рисунке П.3.

Он обеспечивает измерение мощности оптического излучения в диапазоне длин волн $\lambda=(1,3-1,5)$ мкм с помощью фотодиода типа PD-1375-ir. 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 ВХОД**», выведенной на лицевую панель (рис.2.3).

Для контроля принимаемого оптического сигнала на лицевой панели ФП имеется два цифровых индикатора «**ОПТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ, ОТН. ЕД.**». Первый - «**СРЕДНЕЕ**» - отображает средний уровень принимаемой оптической мощности, а второй – «**АМПЛИТУДА**» - амплитудные значения. Его

показания отличны от нуля только при включенной модуляции оптического излучения.

Оптическое излучение, попадающее на чувствительную площадку фотодиода, вызывает изменение тока (фототока), протекающего через его рп переход. Переключение пределов измерения производится кнопочным переключателем «**ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ**». Нажатие кнопок «**0,001; 0,01; 0,1; 1**» на лицевой панели приводит к изменению коэффициента усиления фототока.

Фототок прямо пропорционален значению оптической мощности на чувствительной площадке фотодиода. Поэтому показания цифрового индикатора пропорциональны этой мощности, но не равны ей. Измерение с помощью фотоприемника осуществляется в относительных единицах.

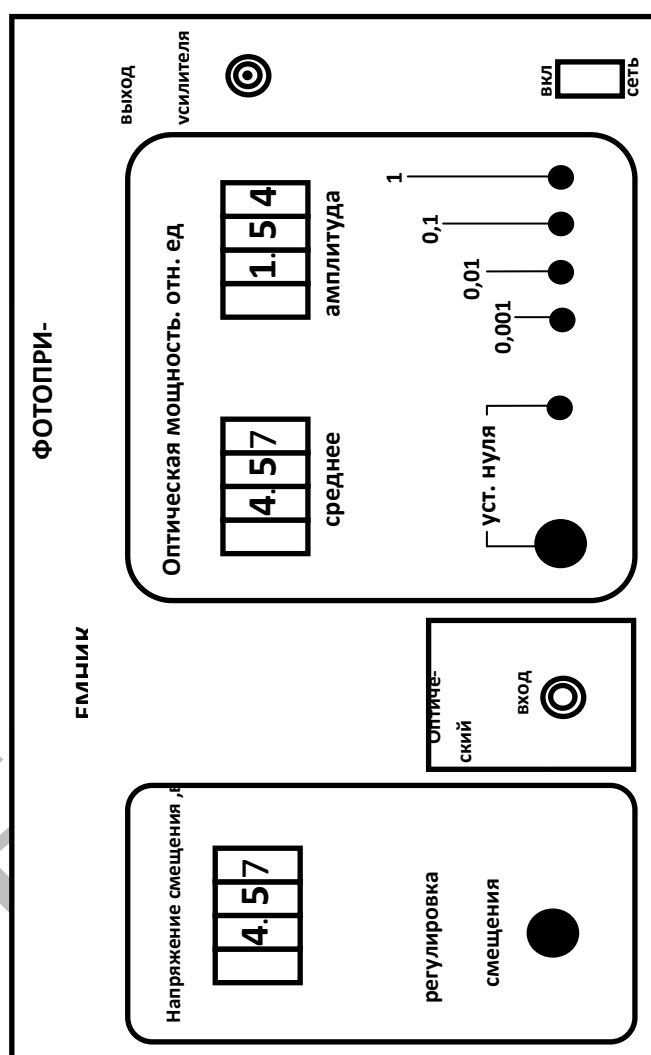


Рисунок П.3 - Фотоприемник

На лицевую панель фотоприемника выведен кнопочный переключатель и ручка потенциометра «**УСТАНОВКА НУЛЯ**». При переключении пределов необходимо нажать эту кнопку и с помощью потенциометра установить нулевые показания индикатора «**СРЕДНЕЕ**».

На лицевую панель выведена ручка потенциометра «РЕГУЛИРОВКА СМЕЩЕНИЯ, В». С ее помощью изменяется напряжение смещения, подаваемого на фотодиод. Контроль этого напряжения осуществляется по цифровому индикатору «НАПРЯЖЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ, В».

На лицевую панель выведено гнездо «ВЫХОД УСИЛИТЕЛЯ» для подключения кабеля с разъемами CP-50 и контроля формы принимаемого оптического сигнала по экрану осциллографа.

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

10. 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 (11). Работа с прибором производится на основании его технического описания, входящего в комплектацию лабораторной установки.

11. Двухканальный осциллограф.

12. 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 синий 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.

В состав лабораторной установки входят три коаксиальных кабеля с разъемами CP-50 для подключения осциллографа к контрольным точкам электронных блоков и подачи сигнала синхронизации.