

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 24.09.2024 23:10:46

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e3f1c11eabb75e745df4a4851da56d089

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

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« **Р** » **09** (ЮЗГУ) 2024 г.



ЦИКЛ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
НА ОПТИЧЕСКОМ РЕФЛЕКТОМЕТРЕ AQ7275

Методические указания по выполнению цикла лабораторных работ для студентов направления подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях»

Курск 2024

УДК 681.7.069

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

Рецензент

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

Цикл лабораторных работ на оптическом рефлектometре AQ7275: методические указания по выполнению цикла лабораторных работ для студентов направления подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.А. Гуламов, И.А. Пастухов. Курск, 2024. 52 с.: ил. 23. Библиогр.: с.46.

Содержит сведения о технике безопасности на рабочем месте, по методике работы на оптическом рефлектometре, устройству и принципу работы оптического рефлектometра Yokogawa AQ7275, порядку проведения измерений оптических характеристик ВОЛС, оформлению и защите лабораторных работ, а также критерии оценивания защиты отчета..

Методические указания соответствуют учебному плану обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *17.09.24*. Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. 3,02. Уч.-изд.л. 2,73. Тираж 100 экз. Заказ *894* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание

Инструкция по технике безопасности	- 4
1. Оптический рефлектометр AQ7275	- 9
1.1. Назначение	- 9
1.2. Технические характеристики Yokogawa AQ7275	- 9
1.3. Состав комплекта	- 11
1.4. Устройство и принцип работы	- 14
2. Теоретическое введение	- 16
2.1. Методика измерения длины волокна	- 16
2.2. Измерение потерь в срезках волокон	- 18
2.3. Определение места повреждения волокон	- 20
2.4. Двухсторонний анализ рефлектограмм	- 23
2.5. Измерения на двух длинах волн	- 25
3. Цикл лабораторных работ	- 30
3.1. Лабораторная работа №1 «Режим измерений на нескольких длинах волн».	- 30
3.2. Лабораторная работа №2 «Поиск локальных неоднородностей».	- 32
3.3. Лабораторная работа №3 «Измерение расстояний».	- 36
3.4. Лабораторная работа №4 «Двухсторонний анализ трассы»	- 40
3.5. Лабораторная работа №5 «Измерение обратного отражения»	- 42
3.6. Лабораторная работа №6 «Проведение измерений в реальном времени»	- 44
Контрольные вопросы	- 45
Библиографический список	- 46
Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной лабораторной работы	- 47
Заключение	- 48
Приложение А Форма титульного листа отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе	- 52

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 м^2 при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения – 4 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 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. Оптический рефлектометр AQ7275

1.1. Назначение

Компактный оптический рефлектометр в полевом исполнении AQ7275 создан специально для проведения измерений оптических характеристик при прокладке и эксплуатации оптических линий связи. Рефлектометр AQ7275 позволяет проводить измерения как на коротких трассах городских СКС или сетях PON/FTTx, так и на протяженных магистральных линиях. Дополнительно (опции) в приборе могут быть установлены измеритель оптической мощности и источники излучения.

Важным достоинством рефлектометрических измерений является то, что в них измерительный прибор подключается только к одному концу линии (Рис.1.). Так как типичная длина регенерационного участка в магистральной линии передачи составляет около 100км (с оптическими усилителями ~ 1000км), то ясно, что подключать измерительную аппаратуру только к одному концу такой линии значительно проще.

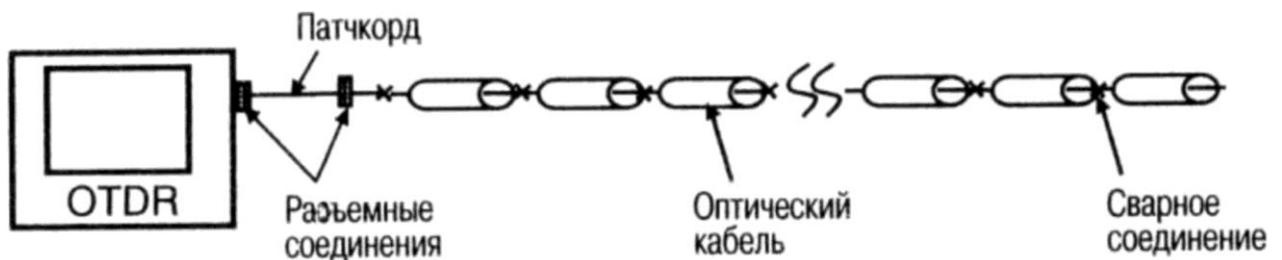


Рис.1.1. Рефлектометр подключается только к одному из концов линии

1.2. Технические характеристики Yokogawa AQ7275

Экран	8.4 дюймовый цветной TFT (640x480 точек)
Диапазон расстояний, км	0.5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 300; 400
Разрешение считывания с экрана, см	1 (min)
Разрешение выборки, м	0.05; 0,10; 0.2; 0.5; 1;2;4;8; 16; 32
Число точек в рефлектограмме (точек выборки)	До 50000
Групповой показатель преломления	1.30000... 1.79999 (с шагом 0.00001)
Единицы измерения расстояний	км, мили, футы
Длительность импульса, нс	3 ^{**} , 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 [*] , 10000, 20000
Точность измерения расстояний	$\pm 1 + \text{длина трассы} \times 2 \times 10^5 \pm \text{разрешение выборки}$
Внутренняя память	Более 1000 рефлектограмм.
USB (1.1)	Тип А (принтер и внешняя USB-flash карта памяти)
	Тип В (дистанционное управление и доступ к внутренней памяти)
LAN (опция)	10/100 BASE-T
Встроенный термопринтер (опция)	576-точек/линий, ширина загружаемого рулона бумаги - 8 см.
АС адаптер питания	Для работы от сети 100-240 В, 50/60 Гц
Аккумуляторная батарея	Время работы: 6 часов, время зарядки батареи - 5 часов
Вес (без опций), кг	2.8
Размеры (без защитных накладок)	287x197x85 287x197x135 (с опцией термопринтера и сети LAN)
Температурный диапазон эксплуатации	0°C ... 45°C при использовании термопринтера: 0°C ... 35°C (влажность не более 80%)
Температурный диапазон хранения	-20°C ... +60°C
Температурный диапазон зарядки аккумуляторной батареи	0°C ... +35°C
Относительная влажность не более	85% (без конденсации)
* Длительность импульса 5000 не доступна только для измерения на длине волны 850 нм (ММ).	
**Для длин волн 850/1300 нм (ММ) длительность импульса 3 нс недоступна.	

1.3. Состав комплекта

Ниже указаны стандартные принадлежности, поставляемые вместе с прибором

1. AQ7270 Series OTDR User's Manual B8070TN
2. Адаптер питания B8070TN
3. Аккумуляторная батарея B8070TL
4. Бумага для принтера A9010ZP(поставляется, если при заказе был указан суффикс /PL)
5. USB flash – карта
6. Универсальный адаптер (FC)A1023PJ
7. Наплечный ремень B8070CY (поставляется, если при заказе был указан суффикс /SB)
8. Боковой ремень B8070CX
9. Программное обеспечение для обработки рефлектограмм 735070
10. Сетевой шнур стандарта VDEA1071WD
11. Сумка для переноски 738960

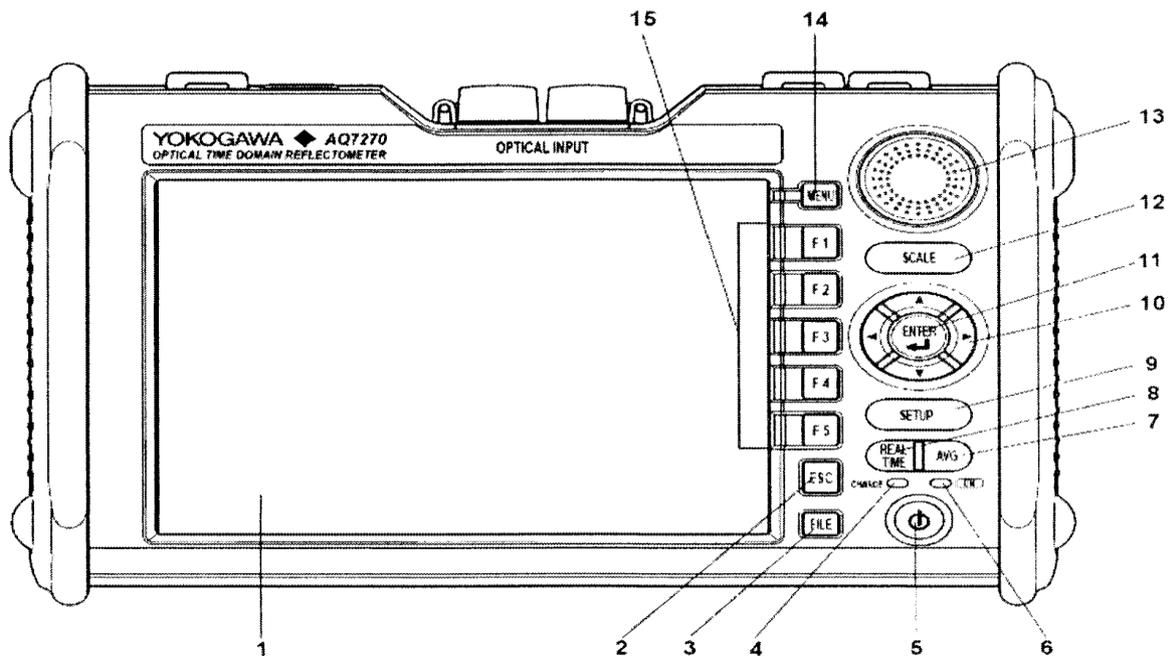


Рис.1.2. Лицевая панель прибора

№	Название	Функциональное назначение
1	ЖК-дисплей	Отображает полученные рефлектограммы, условия измерений и т. д.
2	Кнопка ESC	Отмена текущей операции или возврат к предыдущему меню.
3	Кнопка FILE	Служит для выполнения различных операций с файлами (сохранения, копирования, удаления), а также для вывода на печать результатов измерений. В некоторых случаях используется как функциональная кнопка.
4	Индикатор CHARGE	Горит зеленым при зарядке батареи. После зарядки батареи индикатор гаснет. Мигание (зеленым) индикатора сигнализирует о невозможности зарядки батареи (отсутствие или неисправность батареи).
5	Кнопка POWER	ВКЛ/ВЫКЛ прибора.
6	Индикатор POWER	Горит зеленым, когда прибор включен. Горит красным, когда аккумулятор разряжен.
7	Кнопка AVERAGE	Запуск/остановка режима измерений с усреднением по времени.
8	Кнопка REALTIME	Запуск/остановка режима измерений в реальном времени.
9	Кнопка SETUP	Установка параметров измерений и настройка рефлектометра. Еще используется для изменения параметров поиска неоднородностей.
10	Кнопки вверх/вниз вправо/влево	Сдвиг, масштабирование рефлектограммы, перемещение курсора по рефлектограмме и др.
11	Кнопка ENTER	Подтверждение действий, ввод параметров и т.д.
12	Кнопка SCALE	Изменение масштаба, сдвиг рефлектограмм.
13	Поворотно- нажимная кнопка	Перемещение курсора и маркеров, изменение числовых значений, и т. д.
14	Кнопка MENU	Возврат в основное меню (выбор режима работы прибора - OTDR, источник света, измеритель мощности, одна кнопка).
15	Функциональные кнопки	Нажатие функциональной кнопки соответствует выполнению действия, которое связано с соответствующей кнопкой экранного меню на дисплее рефлектометра» В зависимости от режима, одним и тем же функциональным кнопкам соответствуют различные кнопки экранного меню.

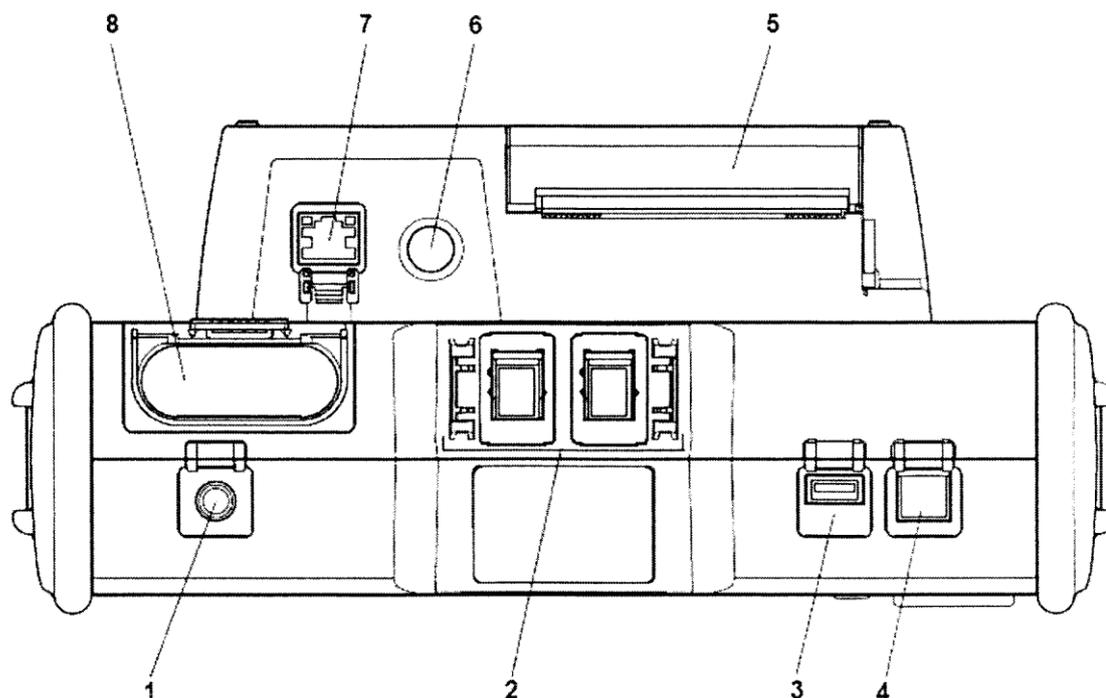


Рис.1.3. Боковая панель (вид сверху)

№	Название	Функциональное назначение
1	Разъем питания	Используется для подключения сетевого адаптера.
2	Оптические порты	Предназначены для подключения измеряемой оптической трассы.
3	Разъем USB 1.1 (тип А)	Подключение USB-flash памяти, USB принтера, USB клавиатуры.
4	Разъем USB 1.1 (тип В)	Разъем для дистанционного управления прибором, доступа к внутренней памяти рефлектометра. (При подключении к ПК).
5	Встроенный термопринтер	Используется для печати рефлектограмм, таблицы неоднородностей, и т. д. (опция /PL)
6	Кнопка протяжки бумаги термопринтера	Протяжка бумаги встроенного термопринтера (опция /PL).
7	Разъем RJ-45	Подключение прибора к сети Ethernet (опция /PL),
8	Отсек аккумуляторной батареи	Отсек для установки аккумуляторной батареи.

*' Для измерителя мощности (опция /PM) используется порт 1 (правый). Порт 2 (левый, многомодовый и для длины волны 1650нм) как измеритель мощности не используется.

1.4. Устройство и принцип работы

Рефлектометр - прибор, принцип измерения которого основан на введении в волокно импульсного оптического излучения и последующем анализе той малой части светового потока, которая возвращается в результате обратного рассеяния и отражения. Рефлектометр строит график зависимости уровня светового потока от расстояния по волокну.

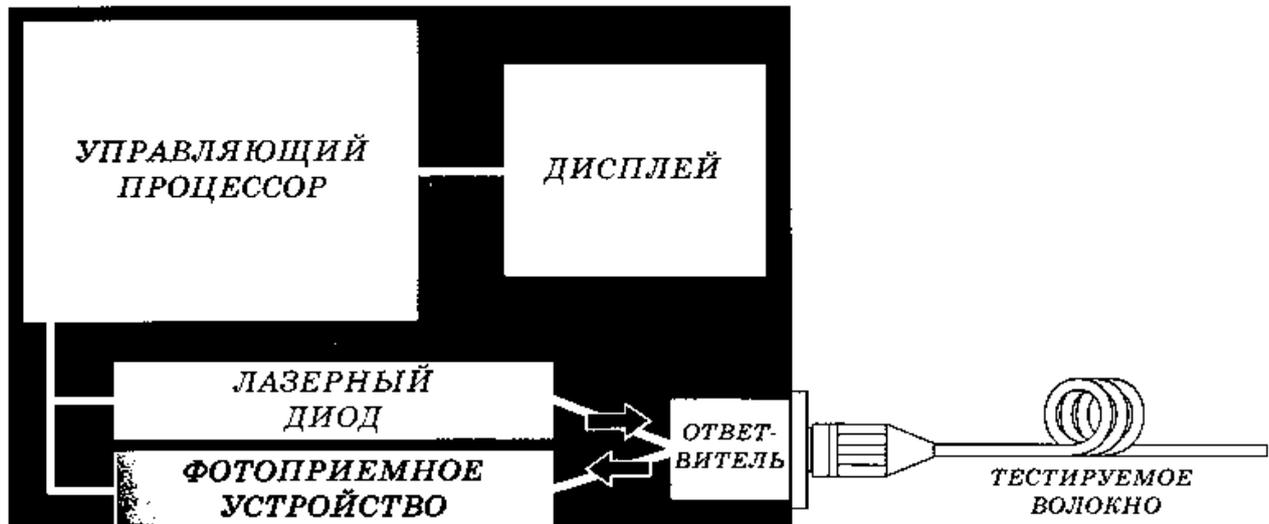


Рис.1.4. Структурная схема работы рефлектометра

Уровень обратного рассеяния прямо пропорционален уровню мощности в тестирующем импульсе. Уровень мощности импульса уменьшается по мере прохождения света по волокну, то же происходит и с уровнем обратного рассеяния. Рефлектометр с определенной дискретностью по длине волокна определяет уровень обратно-рассеянного света и строит график затухания света в волокне в зависимости от расстояния - рефлектограмму.

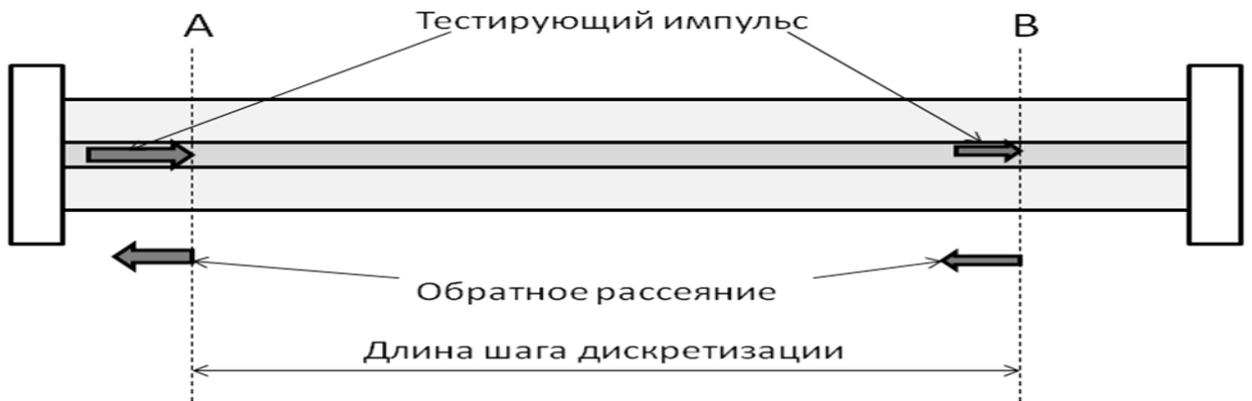


Рис.1.5.

Прибор AQ7270/AQ7275 излучает в оптическое волокно короткий импульс и измеряет вернувшееся назад за счет **релеевого** рассеяния и отражений от неоднородностей излучение. Полученные данные о мощности и времени задержки зондирующего импульса используются для расчета распределения потерь в волокне. Потери и отражения на неоднородностях оптической трассы, отображенные на рефлектограмме, называются рефлектометрическими событиями (неоднородностями) представлены на Рис.1.6.

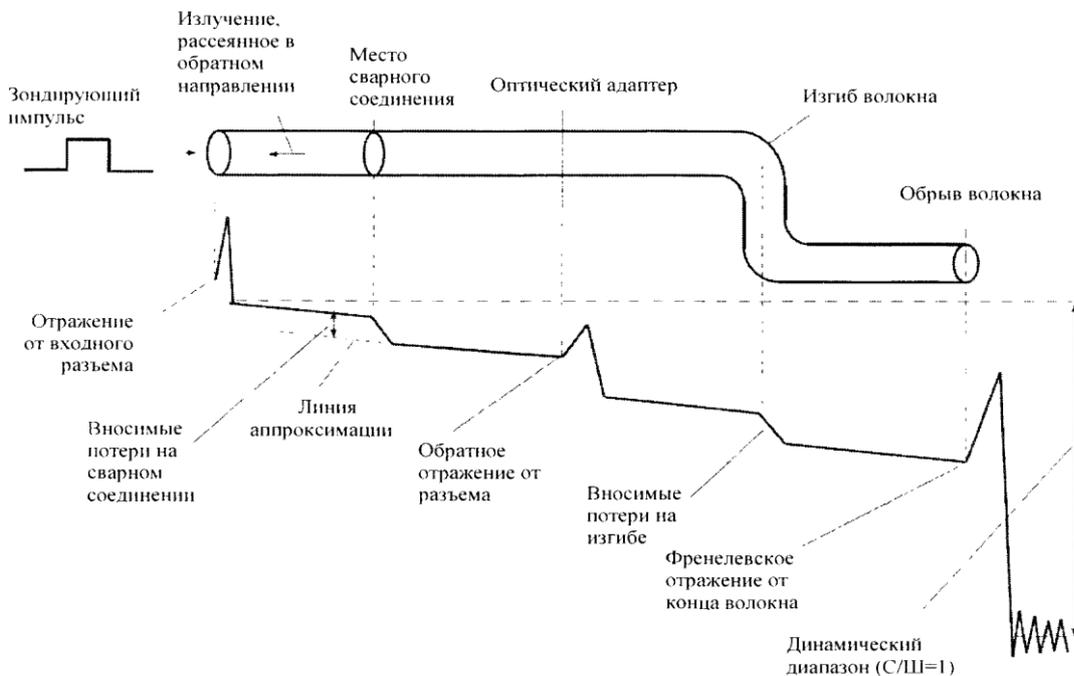


Рис.1.6. Потери и отражения на неоднородностях оптической трассы, отображенные на рефлектограмме

2. Теоретическое введение

2.1. Методика измерения длины волокна

Одной из важнейших задач, решаемых с помощью OTDR, является измерение расстояний до неоднородностей. Это расстояние определяется по времени запаздывания импульсов, отразившихся от неоднородности и вернувшихся обратно в рефлектометр. Пересчет времени в расстояние осуществляется автоматически с помощью формулы

$$L = cT/2n_{\Gamma}, \quad (2.1)$$

где c/n_{Γ} - групповая скорость распространения света в волокне, c - скорость света в вакууме, n_{Γ} - групповой показатель преломления волокна. Множитель $1/2$ учитывает то, что импульс света проходит участок длиной L дважды - в прямом и обратном направлении. При оценках обычно используют приближенные значения $c = 3 \cdot 10^5$ км/с и $n_{\Gamma} = 1.5$. Тогда коэффициент пересчета времени в расстояние получается равным 0.1 км/нс = 0.1 м/нс.

В результате такого пересчета рефлектограмма представляется на дисплее OTDR как функция длины волокна. При этом точность измерения расстояния с помощью рефлектометра ограничивается теми же факторами, что и при классических способах измерения расстояния (например, с помощью линейки). А именно, точностью определения положения начала и конца отсчета и точностью калибровки шкалы прибора.

Для OTDR характерно то, что точность измерения расстояния практически не зависит от длительности (T) зондирующих импульсов, которая может меняться в широких пределах (от 2 нс до 20 мкс). Обусловлено это тем, что положение неоднородности на рефлектограмме определяется по переднему фронту импульса, как это показано на рис.2.1.

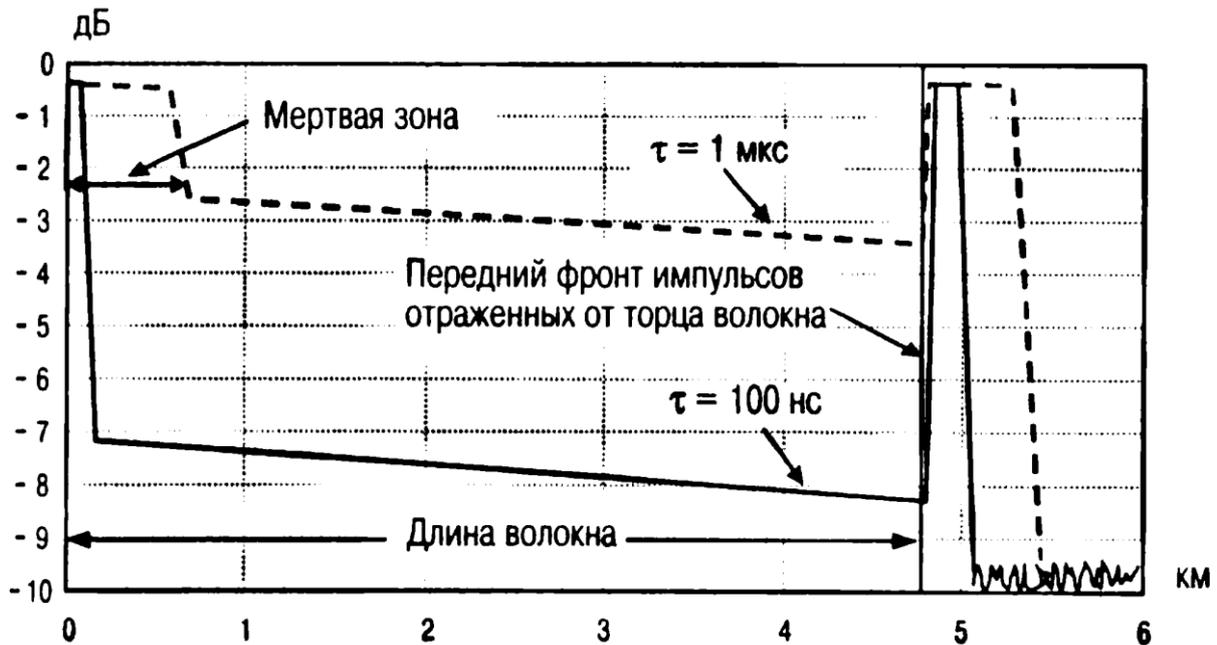


Рис. 2.1 Измерение длины волокна по сигналу отражения от конца волокна

На рис.2.1 представлены рефлектограммы отрезка волокна длиной около 5 км с погонными потерями порядка 0.2дБ/км на $\lambda=1550$ нм. Рефлектограммы измерены при двух значениях длительности импульса 100 нс (сплошная линия) и 1 мкс (пунктирная линия). Рефлектограммы представляют собой прямые линии (с углом наклона ~ 0.2 дБ/км) и с всплесками сигнала в начале и в конце линии. Эти всплески сигнала вызваны отражением импульсов света от оптического разъема рефлектометра и от торца волокна и представляют собой по существу осциллограммы отраженных импульсов. Причем передний фронт отраженных импульсов отображается ближе к началу рефлектограммы, так как он приходит на фотоприемник раньше, чем его задний фронт.

Длина волокна находится по расстоянию между передними фронтами импульсов, отраженных от оптического разъема рефлектометра и от заднего торца волокна. Это расстояние, как видно из рис.2.1, не зависит от ширины импульса. Точность, с которой определяется положение начала и конца волокна тем выше, чем больше крутизна переднего фронта импульса.

Длительность импульсов определяет величину сигнала обрат-

ного релеевского рассеяния света в волокне и ширину мертвой зоны в начале рефлектограммы. При большой длительности импульса (1 мкс) сигнал обратного релеевского рассеяния заметно превосходит уровень шумов в конце рефлектограммы, но при этом мертвая зона делает недоступным для измерения большой участок в начале волокна (~ 0.5 км). При уменьшении длительности импульса до 100 нс ширина мертвой зоны уменьшается примерно в 10 раз. При этом уровень сигнала обратного релеевского рассеяния уменьшается на 5 дБ, и вклад шумов может уже стать заметным.

2.2. Измерение потерь в сростках волокон

Рефлектограмма только одного волокна в линии содержит несколько десятков ступенек, вызванных потерями в сростках волокон. Если учесть то, что оптический кабель содержит несколько десятков волокон, то становится понятным, что анализ такого большого числа неоднородностей целесообразнее всего проводить в автоматическом режиме. Этот режим позволяет анализировать рефлектограммы наиболее быстрым и удобным способом и не требует от оператора наличия специальных навыков.

Однако в автоматическом режиме удастся обнаружить не все сростки волокон, так как вызванное ими изменение сигнала может быть недостаточным для того, чтобы пересечь некий пороговый уровень. Выбор величины этого порогового уровня всегда является определенным компромиссом. Так, с одной стороны, для того, чтобы зарегистрировать сростки волокон с малыми потерями, пороговый уровень должен быть мал. А с другой стороны, этот пороговый уровень должен быть достаточно большим для того, чтобы шумовые всплески сигнала не были приняты за сростки волокон (они наиболее сильны в конце рефлектограммы) (рис.2.2).

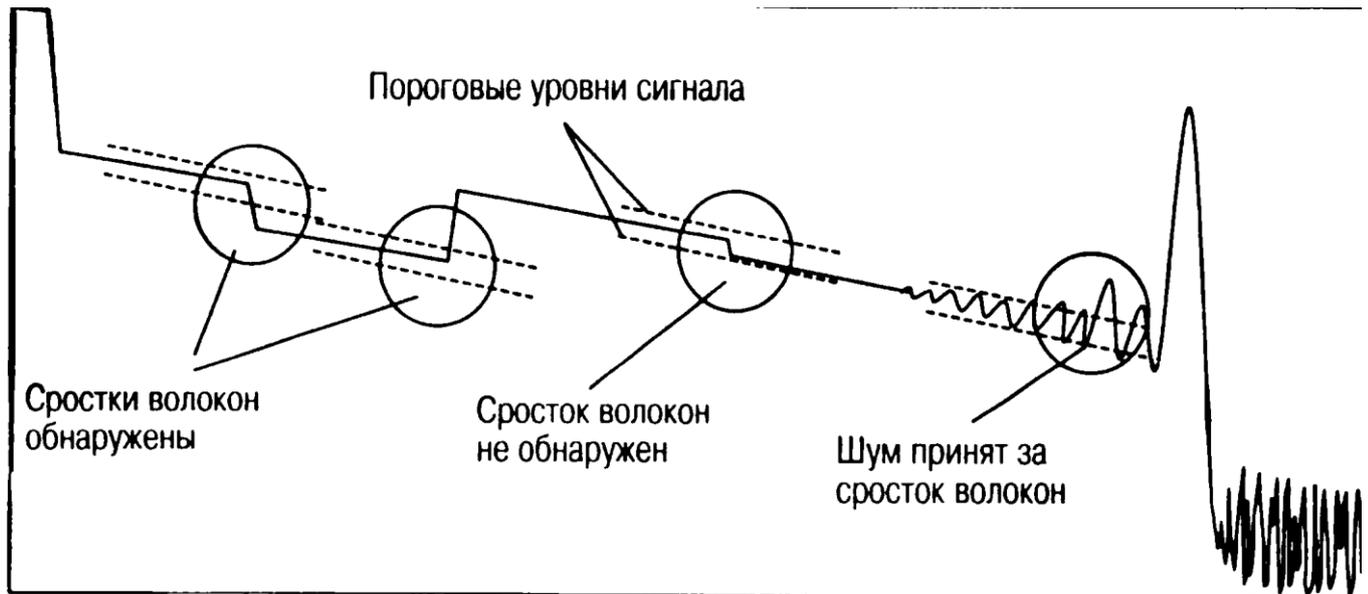


Рис.2.2 Схема обнаружения неоднородности на рефлектограмме

При двухстороннем анализе рефлектограмм (он проводится для того, чтобы исключить ошибки, вызванные флуктуациями диаметра модового пятна волокна) необходимо, чтобы число сростков волокон и их положение на рефлектограммах, измеренных с двух сторон линии, было одинаковым. Т.е. необходимо, чтобы маркеры на этих рефлектограммах стояли на одних и тех же местах и, при этом не было сростков волокон, не отмеченных маркерами, а также не было шумовых всплесков сигнала, отмеченных маркерами.

Поиск пропущенных сростков волокон и устранение ложных сигналов удобнее всего проводить в полуавтоматическом режиме. В этом режиме можно просмотреть в увеличенном масштабе места соединений строительных длин оптических кабелей (где собственно и должны находиться сростки волокон). При этом можно изменить величину порогового уровня и измерить потери тех сростках волокон, которые не были зарегистрированы в автоматическом режиме, и выставить на них маркеры.

Поиск местоположения сростков волокон существенно упрощается, когда на дисплей выводятся рефлектограммы нескольких соседних волокон в кабеле, так как для всех волокон в кабеле сростки волокон находятся на одинаковом расстоянии (в местах расположения муфт). При этом достаточно расставить правильно мар-

керы только для одного волокна в линии, так как для остальных волокон маркеры должны находиться на тех же местах.

2.3. Определение места повреждения волокон

Оптический кабель проектируется и применяется с таким расчетом, чтобы срок службы линии передачи был не менее 25 лет. Такой кабель, если он эксплуатируется в штатном режиме, обладает высокой степенью надежности. Но все же, за 25 лет кабель может быть поврежден случайно или умышленно. Случайные повреждения кабеля происходят, в основном, при земляных работах (около 40 %), умышленно его повреждают при кражах кусков кабеля (думая, что медный) или при стрельбе по нему из охотничьих ружей. Кроме того, кабель может быть поврежден грызунами или на линии может произойти авария (подвижка грунта, наводнение, удар молнии и т.д.).

В большинстве случаев (~80 %) повреждаются сразу все волокна в кабеле, что приводит к простоям линии и, соответственно, к большим финансовым потерям. Для примера, типичная стоимость простоя локальной сети за рубежом составляет около 100 тыс. долларов в минуту. Поэтому место повреждения кабеля должно быть найдено максимально быстро. Однако сделать это, учитывая большую протяженность регенерационного участка линии (типичная длина ~100 км), часто бывает сложно.

С помощью рефлектометра можно измерить с хорошей точностью (порядка нескольких метров) длину волокна от начала линии до места повреждения волокна. Однако знания длины волокна недостаточно для того, чтобы определить положение места повреждения кабеля на трассе. Для этого нужно ещё осуществить привязку рефлектограммы к местности. Сделать это необходимо потому, что длина волокна, уложенного в кабель, обычно превышает длину кабеля, а длина кабеля в свою очередь превышает длину трассы.

Общим для всех конструкций оптического кабеля является то, что деформации кабеля, неизбежно возникающие под действием окружающей среды, не должны приводить к возникновению напряжения в волокне. Только в этом случае удастся избежать появ-

ления в волокне дополнительных потерь и обеспечить большой срок службы кабеля. Так, например, для достижения срока службы ~25 лет величина относительного удлинения волокна не должна превышать 0.2%, что в несколько раз меньше допустимой величины относительного удлинения кабеля.

Наиболее простым конструктивным решением, обеспечивающим механическую развязку волокна от несущих элементов кабеля, является свободная укладка волокна в кабель в виде спирали. При этом избыток волокна должен быть достаточно большим для того, чтобы деформации, которым подвергается кабель, приводили только к изменению шага спирали, и не создавали в волокне натяжения.

Величина избытка волокна зависит от конструкции кабеля. Так, например, волокно может быть уложено в виде спирали в трубчатом модуле (пластмассовом или металлическом) (рис.2.3). Избыток волокна в таком модуле составляет 0.4...0.8%. Эти модули обычно свиваются слоями (повивами) вокруг центрального элемента кабеля. Возникающий при этом избыток волокна может достигать уже нескольких процентов. Для оценки - при избытке волокна около 3 % на расстоянии 30 км длина волокна может превысить длину кабеля примерно на 1 км.

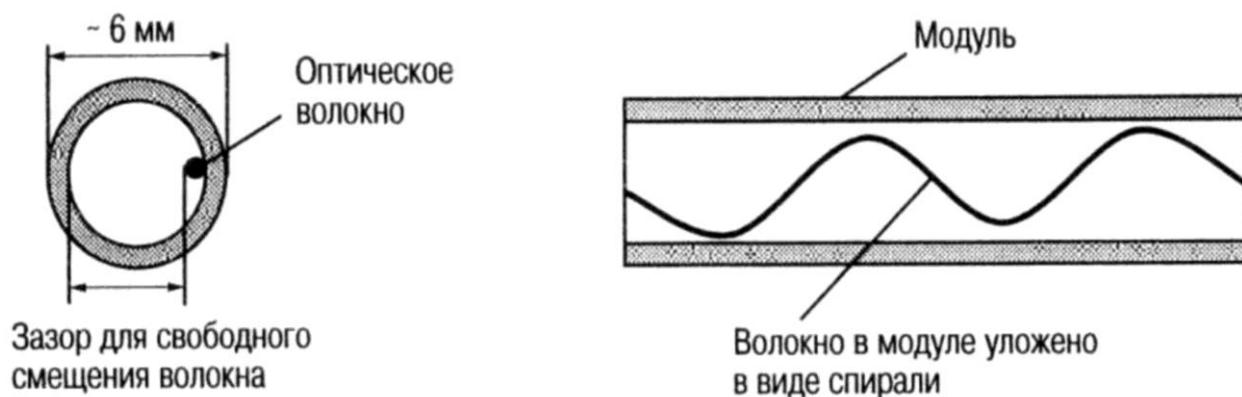


Рис.2.3

В свою очередь, длина кабеля может значительно (в 1.5 раза) превысить длину трассы. Происходит это потому, что кабель должен обходить различные препятствия и, кроме того, в линии имеются конструктивные запасы кабеля необходимые для его ремонта. Поэтому, несмотря на то, что с помощью рефлектометра можно с

достаточно хорошей точностью измерить длину волокна от начала линии до места её повреждения, положение места повреждения волокна на местности будет известно с невысокой точностью порядка нескольких сот метров (рис.2.4.).

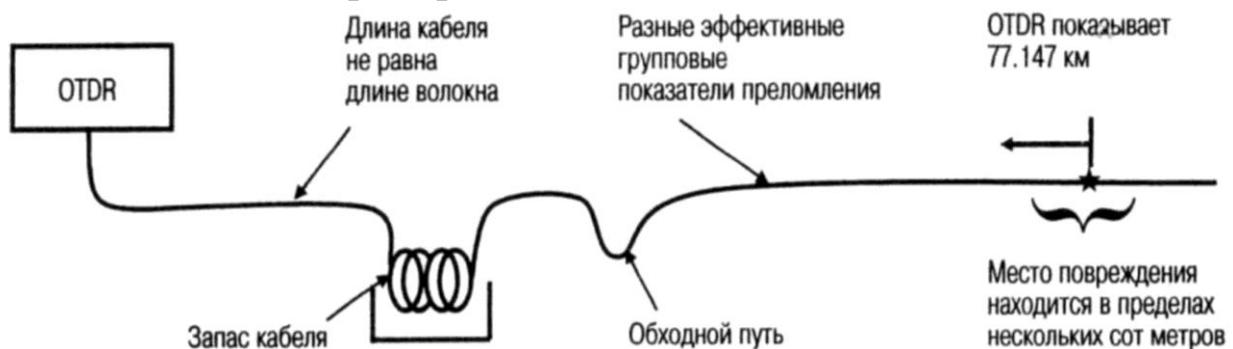


Рис.2.4. Схема, поясняющая причины возникновения неопределенности при определении места повреждения волокна

Неопределенность в определении места повреждения волокна можно уменьшить, представив рефлектограмму как функцию длины кабеля (а не как функцию длины волокна). Сделать это можно, если вместо группового показателя волокна установить в рефлектометре некий эффективный показатель преломления $n_{эфф}$, позволяющий учесть избыток волокна в кабеле.

Для того, чтобы рассчитать величину $n_{эфф}$, нужно знать длину кабеля L_K (её можно взять, например, из документации на кабель), групповой показатель преломления волокна n_Γ (он обычно указывается производителем в спецификации на волокно) и длину волокна L_B (она измеряется рефлектометром).

$$n_{эфф} = (L_K \times n_\Gamma) / L_B$$

Найти величину $n_{эфф}$ можно и несколько иным способом, используя при вычислениях рефлектометр. Для этого надо установить курсоры на начало и конец кабельного участка известной длины и подобрать такое значение показателя преломления, при котором оптическая длина волокна будет равна физической длине кабеля.

Далее с помощью функции автопоиска надо идентифицировать все строительные длины кабелей в линии и ввести в рефлектометр соответствующий им эффективный показатель преломле-

ния. В результате рефлектограмма будет представлена, как функция длины кабельной линии.

На следующем этапе проводится привязка рефлектограммы к местности. Для этого, после завершения монтажа каждой муфты, записываются метки на кабеле с указанием его длины, а также километраж железной дороги или другого протяженного объекта, вдоль которого прокладывается кабель. В большинстве случаев такую привязку удастся осуществить, так как из-за больших цен на землеотвод операторы связи стремятся использовать уже готовые инфраструктуры. Поэтому кабели часто прокладывают вдоль железных дорог ("Компания Транстелеком"), линий электропередач ("Ростелеком") или в полосе отчуждения газопроводов ("Газтелеком") и нефтепроводов ("Связьтранснефть").

2.4. Двухсторонний анализ рефлектограмм

Флуктуации диаметра модового пятна в волокнах приводят, как было показано ранее, к появлению систематической погрешности с величиной среднеквадратичного отклонения порядка 0.1 дБ, что заметно больше средних потерь в сростках SM волокон (~0.02 дБ). Из-за случайного характера вариаций диаметра модового пятна их разность с одинаковой вероятностью может быть как положительной, так и отрицательной. Поэтому на рефлектограммах с примерно одинаковой вероятностью наблюдаются ступеньки направленные как вниз, так и вверх. Ясно, что в этом случае по рефлектограмме, измеренной только с одной стороны линии, нельзя найти величину потерь в сростке волокон.

Как видно из (2.1.), для того, чтобы исключить систематическую ошибку, возникающую из-за разности коэффициентов обратного релеевского рассеяния, надо вычислить среднее значение потерь в сростке волокон:

$$a_{\text{ист}} = (a_{12} + a_{21}) / 2, \quad (2.2)$$

где a_{12} и a_{21} - значения потерь в сростке волокон рассчитанные по рефлектограммам, измеренным во встречных направлениях. В качестве примера рассчитаем истинное значение потерь в сростках волокон (рис.2.5) и (рис.2.6).

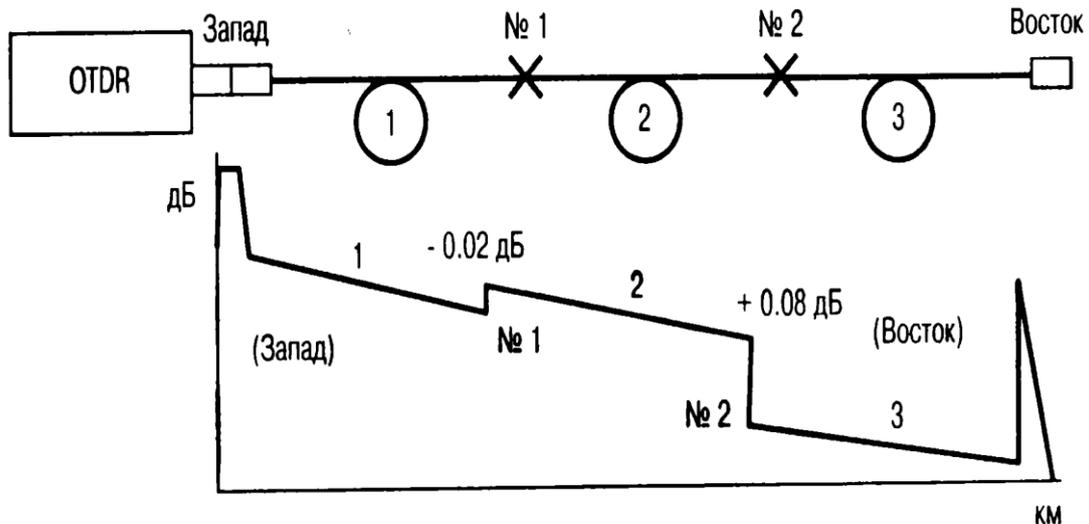


Рис. 2.5. Рефлектограмма, измеренная в направлении Запад–Восток

При измерении в направлении Запад-Восток (рис.2.5) измеренное значение потерь в сварном соединении волокон №1 имеет отрицательный знак ($a_{№1} = -0.02\text{дБ}$), т.е. наблюдается «усиление» сигнала. В сварном соединении волокон №2 измеренное значение потерь имеет положительный знак ($a_{№2} = +0.08\text{дБ}$), как и должно быть при потерях излучения.

Истинные значения потерь a_1 в сростке волокон №1 и a_2 в сростке волокон №2 можно найти, исключив с помощью (2.1.) систематические ошибки. Для этого надо провести измерения потерь в линии с другой стороны (в направлении Восток-Запад). Рефлектограмма, измеренная в направлении Восток-Запад, изображена на рис.2.6.

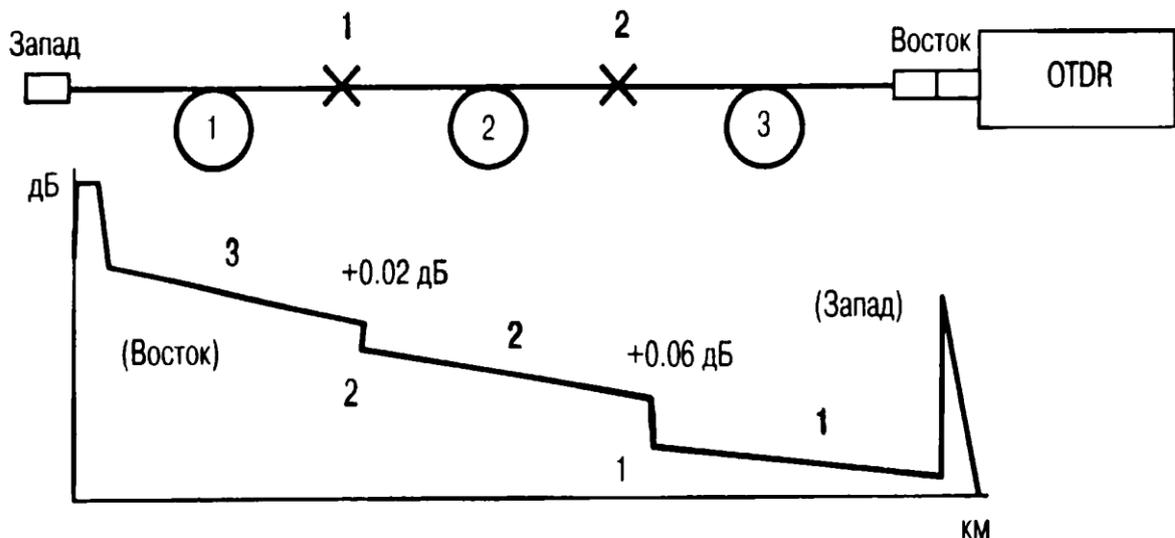


Рис. 2.6. Рефлектограмма, измеренная в направлении Восток–Запад

Значения потерь в сростках волокон, измеренные в направлении Восток-Запад, имеют положительный знак: $a_{из,2} = + 0.02$ дБ (в сварном соединении волокон №2) и $a_{из,1} = + 0.06$ дБ (в сварном соединении волокон №1). Результаты расчета истинного значения потерь в сростках волокон 1 и 2, а также систематической ошибки, возникающей из-за разности диаметров модовых пятен соединяемых волокон, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Результаты расчета истинного значения потерь в сростках волокон по значениям потерь измеренных с помощью рефлектограмм рис.2.5 и рис.2.6.

Номер сростка волокон	Измеренные потери, дБ (Запад-Восток)	Измеренные потери, дБ (Восток-Запад)	Истинные потери, дБ	Систематическая ошибка, дБ
№1	$a_{из,1} = - 0.02$	$a_{из,1} = + 0.06$ дБ	$a_1 = + 0.02$	$- 0.04 (З^И) + 0.04 (В^З)$
№2	$a_{из,2} = + 0.08$	$a_{из,2} = + 0.02$ дБ	$a_2 = + 0.05$	$+ 0.03 (З^И) - 0.03 (В^З)$

2.5. Измерения на двух длинах волн

Потери линии передачи обычно измеряют на той длине волны, на которой осуществляется передача трафика (в магистральных линиях на $\lambda=1550$ нм, а в городских линиях на $\lambda=1310$ нм). Но если в линии обнаружены избыточные потери, то измерения проводят на обеих этих длинах волн. Измерения на двух длинах волн позволяют выявить наличие сильных изгибов волокон - одного из основных механизмов приводящих к появлению избыточных потерь.

В этом методе используется тот факт, что потери, вносимые при изгибе SM волокна, значительно сильнее зависят от длины волны (рис. 2.7), чем потери вызванные другими механизмами, такими как релеевское рассеяние, смещение сердцевин волокон,

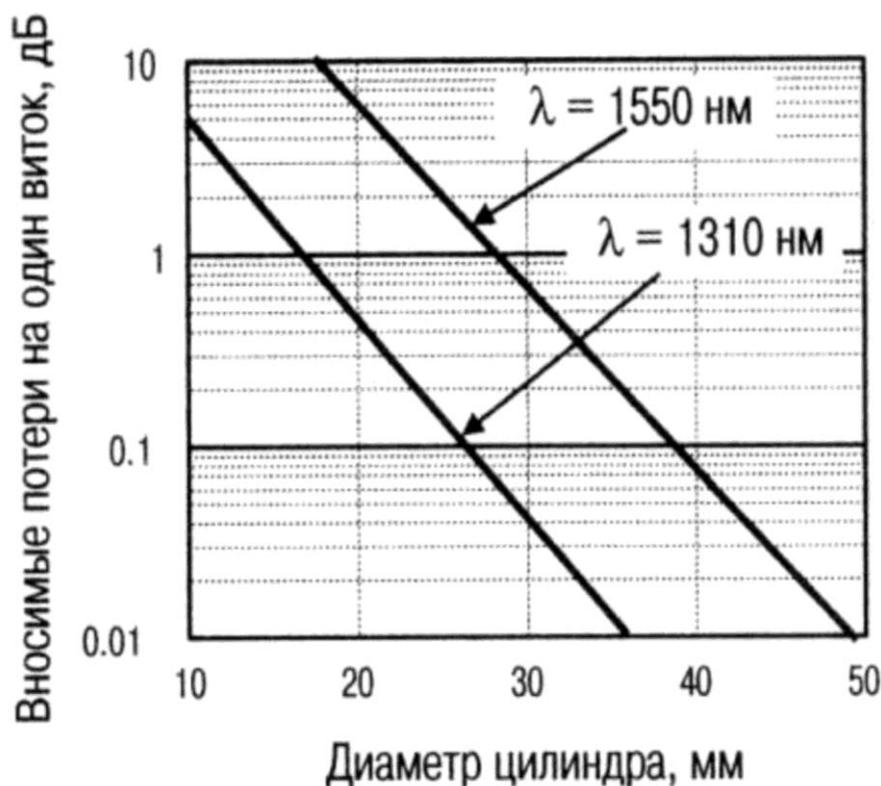


Рис.2.7 Потери, вносимые при изгибе SM волокон

флуктуации модового пятна и т.д. Так, например, если потери, вносимые при намотке волокна на оправку диаметром 30мм на $\lambda=1310$ нм составляют всего лишь 0.03дБ, то на $\lambda=1550$ нм они уже существенно больше (~0.6дБ).

Как видно из рис. 2.7., потери, вносимые при изгибе SM волокон, быстро уменьшаются при увеличении радиуса изгиба. Поэтому, если не допускать сильных изгибов волокна, вносимые потери будут пренебрежимо малы. Однако на практике не всегда удастся избежать появления сильных изгибов волокна. Они могут возникнуть из-за нарушений технологии при изготовлении оптических кабелей и при их инсталляции в линию передачи. Часто такие изгибы возникают при укладке сварных соединений волокон в муфты и оптических шнуров в распределительные шкафы.

Возможность появления избыточных потерь в строительных длинах оптических кабелей контролируется на всех этапах монтажа линии, начиная от входного и предмонтажного контроля этих кабелей. При этом контролируются не только погонные потери, но и ступеньки в рефлектограмме, величина которых (в соответствии со спецификациями на волокно) не должна превышать 0.10 дБ. Типичные рефлектограммы, получаемые при входном контроле оптических кабелей, изображены на рис. 2.8.

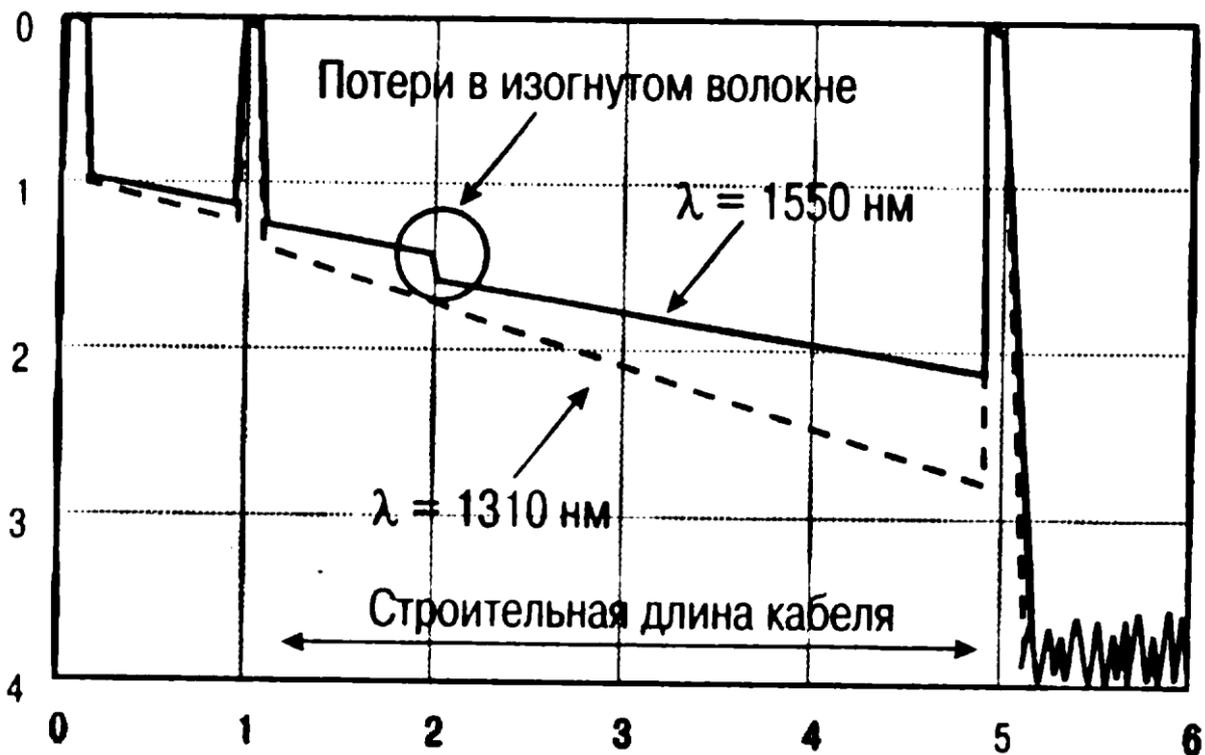


Рис.2.8. Рефлектограммы, измеренные на длинах волн 1310нм и 1550нм

На рефлектограммах видны всплески сигналов отражения от места соединения оптического разъема рефлектометра с согласующим кабелем (длиной ~1 км), от места соединения согласующего кабеля с исследуемым волокном (подключенным через адаптер) и от торца волокна. Наклон рефлектограммы, измеренной на $\lambda=1310$ нм, больше чем на $\lambda=1550$ нм, как и должно быть, так как минимальными погонными потерями волокно обладает на $\lambda=1550$ нм.

Типичные значения погонных потерь в SM волокнах равны 0.34...0.35дБ/км на $\lambda=1310$ нм и 0.20...0.23дБ/км на $\lambda=1550$ нм. По специальному заказу кабельный завод может изготовить кабель с предельно низкими на сегодняшний день потерями: 0.19 дБ/км (на $\lambda=1550$ нм). Дополнительные потери, наводимые при кабрировании, обычно не превышают 0.01...0.02дБ/км.

Если в волокне имеются достаточно сильные изгибы, то погонные потери увеличиваются, причем в первую очередь на $\lambda=1550$ нм так, что наклон рефлектограммы на этой длине волны может получиться даже больше, чем на $\lambda=1310$ нм. Однако чаще изгибы волокна локализованы и приводят к появлению ступеньки на рефлектограмме. Так, например, на рис. 2.8 рефлектограмма (на $\lambda=1550$ нм) имеет ступеньку (~ 0.2 дБ), находящуюся на расстоянии 2 км от начала. В тоже время на рефлектограмме, измеренной на $\lambda=1310$ нм, такой ступеньки нет. Это означает, что в этом месте волокно сильно изогнуто.

Чаще всего сильные изгибы волокон возникают при укладке сростков волокон в муфты и оптических шнуров в распределительные шкафы. При этом сильно изогнутый участок волокна находится обычно близко к месту соединения волокон. В этом случае пространственного разрешения рефлектометра обычно бывает недостаточно для того, чтобы определить, из-за чего возникли избыточные потери - из-за плохого соединения волокон или их сильных изгибов.

Наличие сильно изогнутого участка волокна можно выявить, проведя измерения на двух длинах волн. Сделать это важно из чисто практических соображений. Так, например, если будет выявлено, что избыточные потери возникли из-за изгиба волокон, то не надо будет переделывать места соединений волокон, что требует определенных временных и финансовых затрат. В этом случае достаточно более аккуратно уложить волокна в муфту (или оптические шнуры в распределительном шкафу), что сделать значительно проще. В качестве иллюстрации рассмотрим, как может изменяться величина ступеньки на рефлектограмме, возникшей в месте соединения волокон, при изменении длины волны рис.2.9.

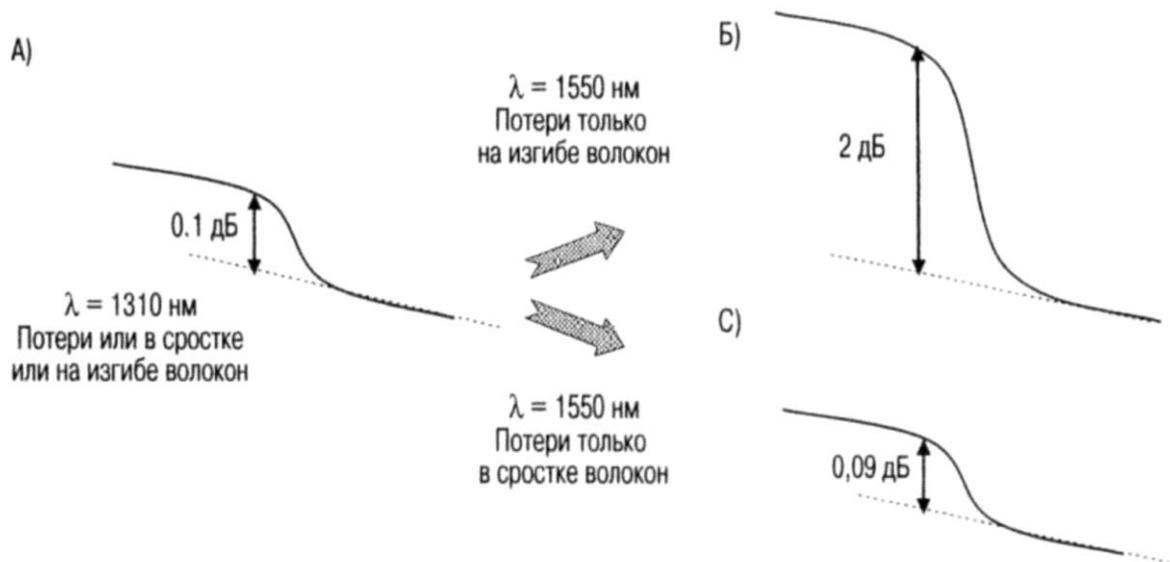


Рис.2.9. Определение наличия сильно изогнутого участка волокна вблизи места соединения волокон. Наличие изгиба характеризуется сильным увеличением потерь при увеличении длины волны

Как показано на рис.2.9, если ступенька (А) величиной в 0,1дБ на $\lambda=1310\text{нм}$ обусловлена потерями в сростке волокон (в основном из-за смещения сердцевин волокон), то тогда на длине волны 1550нм она останется почти такой же (С). Если же ступенька (А) появилась в основном из-за потерь, вносимых при изгибе волокна, то тогда на длине волны 1550нм ступенька (Б) существенно увеличится (до 2дБ).

3. Цикл лабораторных работ

3.1 Лабораторная работа №1 «Режим измерений на нескольких длинах волн».

Цель работы: -получение навыков измерений на оптическом рефлектометре.

Порядок выполнения работы

Включение режима «Несколько длин волн»

1. После включения прибора нажмите кнопку OTDR экранного меню. Прибор перейдет в режим рефлектометра.

2. Войдите в меню изменения параметров рефлектометра с помощью кнопки SETUP.

3. Нажмите кнопку Режим (Mode) экранного меню.

4. В появившемся экранном меню типов режимов измерений выберите Неск. ДлВлн (Multi WL). Появится экранное меню установок режима нескольких длин волн.

Установка параметров измерения

5. Для настройки параметров измерений нажмите кнопку Парам измер (Meas Setup) экранного меню. Откроется окно «Парам. измер. (Неск) длин волн)» (Meas Setup (Multi Wavelength)).

Выбор длины волны

6. В окне «Парам, измер. (Неск. длин волн)» (Meas Setup (Multi Wavelength)) (п. 5.) выделите курсором любую строку Длина волны 1-3 (Wavelength) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

7. Нажмите кнопку ENTER. Появится окно выбора длины волны.

8. Выберите необходимую длину волны с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

9. Нажмите кнопку ENTER. Окно выбора длины волны закроется.

10. Повторите шаги с 6 по 9 для оставшихся длин волн.

Режим измерений на нескольких длинах волн. Настройка параметров анализа

Включение режима «Несколько длин волн»

1. После включения прибора нажмите кнопку OTDR экранного меню. Прибор перейдет в режим рефлектометра.

2. Войдите в меню изменения параметров рефлектометра с помощью кнопки SETUP.

3. Нажмите кнопку Режим (Mode) экранного меню.

4. В появившемся экранном меню типов режимов измерений выберите Неск. ДлВлн (Multi WL). Появится экранное меню установок режима нескольких длин волн.

Установка параметров анализа

5. Для настройки параметров анализа нажмите кнопку Парам анализа (Analysis Setup) экранного меню. Откроется окно «Параметры анализа (Неск. длин волн)» (Analysis Setup (Multi Wavelength)).

3.2. Лабораторная работа №2 «Поиск локальных неоднородностей».

Цель работы: -получение навыков измерений на оптическом рефлектометре. Поиск локальных неоднородностей. Установка параметров

Порядок выполнения работы

Включение режима «Помощник измерений»

1. После включения прибора нажмите кнопку OTDR экранного меню. Прибор перейдет в режим рефлектометра.

2. Войдите в меню настройки параметров прибора с помощью кнопки SETUP.

3. Нажмите кнопку Режим (Mode) экранного меню.

4. В появившемся экранном меню выберите Помощник измерений (Measurement Wizard). Появится экранное меню установок режима помощника измерений.

Установка параметров определения неоднородностей

5. Для установки параметров определения неоднородностей нажмите кнопку Парам автопоиска (Event Search Setup) экранного меню. Откроется окно «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)).

Выбор режима поиска неоднородностей (авто/вручную)

6. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (п. 5.) выделите курсором строку Поиск неоднородностей (Event Search) с помощью поворотно-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

7. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Вывод» (Display).

8. Нажмите кнопку ENTER.

9. Установите с помощью поворотно-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз нужный режим поиска неоднородностей.

10. Подтвердите выбор нажатием кнопки ENTER.

Выбор метода аппроксимации

11. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (п.5.) выделите курсором строку Метод ап-

прокс (Arrgox. Method) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

12. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Метод аппрокс» (Arrgox. Method) с комментариями и рекомендациями по выбору метода аппроксимации.

13. Нажмите кнопку ENTER.

14. Установите с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз нужный метод аппроксимации.

15. Подтвердите выбранный метод аппроксимации нажатием кнопки ENTER.

Порог обнаружения по потерям на неоднородности

16. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (п. 5.) выделите курсором строку Потери (Splice Loss) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

17. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Потери» (Splice Loss) с комментариями и рекомендациями по установке порога.

18. Нажмите кнопку ENTER.

19. Установите с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз пороговое значение потерь.

20. Подтвердите установленное значение нажатием кнопки ENTER.

Порог обнаружения по уровню обратного отражения

21. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (п. 5.) выделите курсором строку Отражение (Return Loss) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

22. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Отражение» (Return Loss) с комментариями и рекомендациями по установке порогового значения обратных потерь при определении неоднородностей.

23. Нажмите кнопку ENTER.

24. Установите с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз пороговое значение обратных потерь при определении неоднородностей.

25. Подтвердите установленное значение нажатием кнопки ENTER.

Изменение порога обнаружения конца трассы

26. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (стр. 5-15) выделите курсором строку Конец волокна (End of Fiber) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

27. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Конец волокна» (End of Fiber) с комментариями и рекомендациями по установке порога определения конца трассы.

28. Нажмите кнопку ENTER.

29. Установите с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз порог определения конца трассы.

30. Подтвердите установленное значение нажатием кнопки ENTER.

Вкл/Выкл режима предупреждений о повреждениях

31. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (п. 5.) выделите курсором строку Повреждения Вывод (Fault Event Display) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

32. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Вывод» (Display) с комментариями и рекомендациями по включению предупреждений о неоднородностях.

33. Нажмите кнопку ENTER.

34. С помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз включите или выключите режим предупреждений о повреждениях.

35. Подтвердите выбранный режим нажатием кнопки ENTER.

Изменение порогового значения потерь на сварном соединении для режима предупреждения о повреждениях

36. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (п. 5.) выделите курсором строку Потери (Splice Loss) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

37. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Потери» (Splice Loss).

38. Нажмите кнопку ENTER.

39. С помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз установите пороговое значение для режима предупреждения о повреждениях на сварных соединениях.

40. Подтвердите установленное значение нажатием кнопки ENTER.

Измерение порогового значения отражения на механических соединениях для режима предупреждения о повреждениях

41. В окне «Параметры автопоиска (Помощник)» (Event Analysis Setup (Wizard)) (стр. 5-15) выделите курсором строку Отражение (Return Loss) с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз.

42. Нажмите кнопку ENTER. Откроется окно «Отражение» (Return Loss) с комментариями и рекомендациями по установке порогового значения.

43. Нажмите кнопку ENTER.

44. С помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз установите пороговое значение для предупреждения о повреждениях на механических соединениях.

45. Подтвердите установленное значение нажатием кнопки ENTER.

3.3. Лабораторная работа №3 «Измерение расстояний».

Цель работы: -получение навыков измерений на оптическом рефлектometре. Измерение расстояния с помощью курсора.

Порядок выполнения работы

Измерение расстояния с помощью курсора

Расстояние от прибора до локальной неоднородности (сварное или механическое соединение, конец трассы) можно измерить, подведя курсор в нужное место на рефлектограмме.

Вывод курсора на экран

1. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Курсор отобразится на экране прибора.

Перемещение курсора

2. С помощью поворотной-нажимной кнопки расположите курсор в позиции, до которой нужно измерить расстояние. Значение расстояния будет выведено на экран.

Измерение длины участка трассы с помощью маркеров. Метод двух маркеров (Обычные маркеры)

1. В режиме рефлектometра нажмите кнопку **Маркеры (Marker)** экранного меню.

2. Нажмите кнопку **Два маркера (2 Point Marker)** экранного меню.

3. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Курсор отобразится на экране прибора.

• Установка маркера на начало измеряемого участка трассы

4. Переместите курсор на начало измеряемого участка трассы.

5. Нажмите кнопку **Ф** экранного меню. Маркер **Ф** будет установлен на текущее положение курсора.

• Установка маркера на конец измеряемого участка

6. Переместите курсор на конец измеряемого участка трассы.

7. Нажмите кнопку Φ экранного меню. Маркер будет установлен на текущее положение курсора. В окне результатов измерений отобразится длина участка трассы между маркерами Φ и Φ .

Измерения с помощью двух линейных маркеров

1. Нажмите кнопку **Маркеры (Marker)** экранного меню,
2. Нажмите кнопку **Два маркера (2 Point Markers)** экранного **№**:-:

• Установка маркера на начало измеряемого участка трассы

3. Нажмите кнопку **п** экранного меню.
4. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Линейный маркер **п** ~ . ~. на экране прибора.
5. Переместите линейный маркер **п** с помощью поворотной-нажимной кнопки **п** - начало измеряемого участка трассы.

• Установка маркера на конец измеряемого участка

6. Нажмите кнопку **Е** экранного меню.
7. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Линейный маркер **Е** - на экране прибора.
8. Переместите линейный маркер **Е** с помощью поворотной-нажимной кнопки **Е** - в конец измеряемого участка трассы. Рефлектометр рассчитает **Г**:-: > . -на этом участке и выведет в окне результатов.

• Вывод курсора на экран

9. Нажмите кнопку **Курсор (Cursor)** экранного меню «Два маркера»
10. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Курсор отобразится на экране прибора.

Изменение начала отсчета расстояний

Обычно, расстояния отсчитываются от входного оптического разъема AQ7270/AQ7275. Это место является точкой отсчета при определении положения курсоров и маркеров на трассе. Используя нормализующую катушку при определении расстояний нужно учитывать ее длину.

Изменение начала отсчета расстояний

1. В режиме рефлектометра нажмите кнопку **Маркеры (Marker)** экранного меню.
2. Нажмите кнопку **Установка нач. коор (Distance Ref Setup)** экранного меню.
3. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Курсор появится на экране прибора.
4. Переместите курсор к точке на рефлектограмме, которую вы хотите установить в качестве начала отсчета трассы.
5. Нажмите кнопку **Установка нач. коор (Distance Ref Setup)** экранного меню. На экране отобразится маркер **R** начала отсчета.

Удаление маркера начала отсчета

6. Нажмите кнопку **Сброс нач. коор (Dist. Ref. Delete)** экранного меню. Маркер **R** начала отсчета будет удален.

Двухсторонний анализ трассы

1. В режиме рефлектометра нажмите кнопку **Стр. 1/2 (Next 1/2)** экранного меню.
 2. Нажмите кнопку **Дополнит анализ (Advanced Analysis)** экранного меню.
 3. Нажмите кнопку **С 2-х стор (2-Way Trace)** экранного меню.
- Загрузка рефлектограмм**
4. Нажмите кнопку **Трасса 1 (TRACE 1)** или **Трасса 2 (TRACE 2)** экранного меню.

Выбор стандарта представления данных загружаемого файла

5. Нажмите кнопку **Тип файла (File Type)** экранного меню.
6. Выберите стандарт представления данных с помощью поворотной-нажимной кнопки или кнопок **вверх/вниз** экранного меню.
7. Нажмите кнопку **ENTER**. Окно выбора стандарта представления данных закроется.

Выбор устройства памяти

8. Нажмите кнопку **Устр-во (Drive)** экранного меню.
9. С помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш **вверх/вниз** выберите устройство памяти для загрузки рефлектограммы.
10. Нажмите кнопку **ENTER**.

Загрузка рефлектограммы

11. С помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз переместите

курсор к файлу с рефлектограммой.

12. Нажмите кнопку Считать (Load) экранного меню. Рефлектограмма загрузится

и отобразится на экране прибора.

Выбор активной рефлектограммы

13. Выберите активную рефлектограмму с помощью кнопки Текущ. трасса (Current Trace). (Трасса 1 или Трасса 2).

Выполнение анализа трассы с двух сторон

14. Нажмите кнопку Трасса с 2-х сторон (2-Way Trace Analysis) экранного меню.

Переключение формата вывода результатов двухстороннего анализа

15. Нажмите кнопку Вывод (Screen) экранного меню. Произойдет переключение режима отображения результатов анализа.

Смена направления вывода трассы (АВ/ВА)

16. Нажмите кнопку Вывод трассы (Display Type) экранного меню. Направление вывода неактивной рефлектограммы сменится на противоположное.

Примечание

Результатом выполнения анализа трассы с 2-х сторон будет комбинированная таблица событий, в которую будут сведены все события (неоднородности, найденные при измерении трассы сначала с одной стороны, потом с другой). То есть, например, если анализ трассы А-В показал четыре локальные неоднородности, а анализ трассы В-А показал 5 локальных неоднородностей, то в итоговой таблице будет 5 найденных локальных неоднородности.

3.4 Лабораторная работа №4 «Двухсторонний анализ трассы»

Цель работы: -получение навыков измерений на оптическом рефлектометре. Проведение двухстороннего анализа трассы.

Порядок выполнения работы

1. В режиме рефлектометра нажмите кнопку Стр. 1/2 (Next 1/2) экранного меню.

2. Нажмите кнопку Дополнит анализ (Advanced Analysis) экранного меню.

3. Нажмите кнопку С 2-х стор (2-Way Trace) экранного меню.

Загрузка рефлектограмм

4. Нажмите кнопку Трасса 1 (TRACE 1) или Трасса 2 (TRACE 2) экранного меню.

Выбор стандарта представления данных загружаемого файла

5. Нажмите кнопку Тип файла (File Type) экранного меню.

6. Выберите стандарт представления данных с помощью поворотной-нажимной кнопки или кнопок вверх/вниз экранного меню.

7. Нажмите кнопку ENTER. Окно выбора стандарта представления данных закроется.

Выбор устройства памяти

8. Нажмите кнопку Устр-во (Drive) экранного меню.

9. С помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз выберите устройство памяти для загрузки рефлектограммы.

10. Нажмите кнопку ENTER.

Загрузка рефлектограммы

11. С помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз переместите курсор к файлу с рефлектограммой.

12. Нажмите кнопку Читать (Load) экранного меню. Рефлектограмма загрузится и отобразится на экране прибора.

Выбор активной рефлектограммы

13. Выберите активную рефлектограмму с помощью кнопки Текущ. трасса (Current Trace). (Трасса 1 или Трасса 2).

Выполнение анализа трассы с двух сторон

14. Нажмите кнопку Трасса с 2-х сторон (2-Way Trace Analysis) экранного меню.

Переключение формата вывода результатов двухстороннего анализа

15. Нажмите кнопку Вывод (Screen) экранного меню. Произойдет переключение режима отображения результатов анализа.

Смена направления вывода трассы (АВ/ВА)

16. Нажмите кнопку Вывод трассы (Display Type) экранного меню. Направление вывода неактивной рефлектограммы сменится на противоположное.

Примечание

Результатом выполнения анализа трассы с 2-х сторон будет комбинированная таблица событий, в которую будут сведены все события (неоднородности, найденные при измерении трассы сначала с одной стороны, потом с другой). То есть, например, если анализ трассы А-В показал четыре локальные неоднородности, а анализ трассы В-А показал 5 локальных неоднородностей, то в итоговой таблице будет 5 найденных локальных неоднородности.

Лабораторная работа №5 «Измерение обратного отражения»

Цель работы: -получение навыков измерений на оптическом рефлектометре. Измерение обратного отражения.

Порядок выполнения работы

Режим обычных маркеров

1. Нажмите кнопку Маркеры (Marker) экранного меню.
2. Нажмите кнопку Два маркера (2 Point Markers) экранного меню.
3. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Курсор отобразится на экране прибора.

Установка маркера в начале измеряемого участка трассы

4. Переместите курсор к началу участка трассы, где проводятся измерения.

5. Нажмите кнопку 2 экранного меню. Маркер 2 будет установлен на текущем положении курсора.

Установка маркера в конце измеряемого участка

6. Переместите курсор к концу измеряемого участка трассы.
7. Нажмите кнопку 2 экранного меню. Маркер 2 будет установлен на текущем положении курсора. Рефлектометр автоматически распознает тип локальной неоднородности и рассчитает обратное отражение.

Режим линейных маркеров

1. Нажмите кнопку Маркеры (Marker) экранного меню.
2. Нажмите кнопку Два маркера (2 Point Markers) экранного меню.

Установка маркера в начале измеряемого участка трассы

3. Нажмите кнопку **n** экранного меню.
4. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Линейный маркер **n** отобразится на экране прибора.
5. Переместите линейный маркер **n** с помощью поворотной-нажимной кнопки на начало измеряемого участка трассы.

Установка маркера в конце измеряемого участка трассы

6. Нажмите кнопку **E** экранного меню.
7. Поверните поворотную-нажимную кнопку. Линейный маркер **E** отобразится на экране прибора.

8. Переместите линейный маркер E с помощью поворотной кнопки на конец измеряемого участка трассы. Рефлектометр автоматически распознает тип локальной неоднородности и рассчитывает потери.

Вывод курсора на экран

9. Нажмите кнопку Курсор (Cursor) экранного меню.

10. Поверните поворотную кнопку. Курсор отобразится на экране прибора.

Лабораторная работа №6 «Проведение измерений в реальном времени»

Цель работы: -получение навыков измерений на оптическом рефлектометре. Проведение измерения в реальном времени.

Порядок выполнения работы

Запуск режима измерений в реальном времени

1. После включения прибора нажмите кнопку OTDR экранного меню. Прибор

перейдет в режим рефлектометра.

2. Нажмите REALTIME. Вверху экрана появится надпись «Лазер Включен». Запустится режим измерений в реальном времени. На дисплее появится меню экранных кнопок режима измерений в реальном времени.

Изменение параметров измерений

Выбор длины волны

3. Нажмите кнопку Длина волны (Wavelength) экранного меню. Появится окно выбора длины волны.

4. Переместите курсор с помощью поворотно-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз к необходимой длине волны.

5. Нажмите кнопку ENTER для установки нового значения длины волны.

Изменение диапазона расстояний

6. Нажмите кнопку Диапазон расст. (Distance Range) экранного меню. Появится окно выбора диапазона расстояний.

7. Переместите курсор с помощью поворотно-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз к выбранному диапазону расстояний.

8. Нажмите кнопку ENTER для установки нового значения диапазона расстояний.

Изменение длительности импульса

9. Нажмите кнопку Длит. имп. (Pulse Width) экранного меню. Появится список длительностей импульсов.

10. Переместите курсор с помощью поворотно-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз к выбранному значению длительности импульса.

11. Нажмите кнопку ENTER для установки нового значения длительности импульса.

Установка уровня начального ослабления

12. Нажмите кнопку Ослабление (Attenuation) экранного меню. Появится окно выбора начального ослабления.

13. Переместите курсор с помощью поворотной-нажимной кнопки или клавиш вверх/вниз к необходимому значению начального ослабления.

14. Нажмите кнопку ENTER для установки нового значения начального ослабления.

Контрольные вопросы

1. Назначение и принцип действия сварочного аппарата Fuji-kura FSM-18S.
2. Основные этапы процедуры сварки ОВ.
3. Причины некачественной сварки ОВ.
4. Цель использования режима измерений на нескольких длинах волн.
5. Порядок поиска локальных неоднородностей.
6. Порядок измерения расстояний.
7. Метод двухстороннего анализа трассы.
8. Метод измерения обратного отражения.
9. Метод проведения измерения в реальном времени.

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»)
1	2	3	4	5
ПК-2/ начальный, основной, завершающий.	ПК-2.1. Осуществляет сбор и анализ статистической информации по инфокоммуникационным системам ПС. ПК-2.2. Проводит исследования характеристик телекоммуникационного оборудования с оценкой качества предоставляе-	Знать: Основные методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Уметь: Применять основные методы выполнения экспериментальных	Знать: Применяемые методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Уметь: Применять методы выполнения экспериментальных исследований для решения	Знать: Современные эффективные методы выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Уметь: Применять современные эффективные методы выполнения экспериментальных исследований для ре-

	<p>мых услуг. ПК-2.3. Проводит экспериментальные исследования, использующиеся для решения научно-исследовательских и производственных задач, с применением современной аппаратуры и методов исследования.</p>	<p>исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Владеть: Навыками применения основных методов выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования.</p>	<p>научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Владеть: Навыками применения методов выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования.</p>	<p>шения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования. Владеть Навыками применения современных эффективных методов выполнения экспериментальных исследований для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования.</p>
<p>ПК-9/ основной, завершающий.</p>	<p>ПК-9.1. Применяет методы измерения показателей качества работы закрепно-</p>	<p>Знать: Основные методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств</p>	<p>Знать: Применяемые методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств ин-</p>	<p>Знать: Современные эффективные методы выполнения проектирования, монтажа и эксплуатации систем, се-</p>

	<p>го оборудования, с учетом конструктивных особенностей, принципиальных и функциональных схем.</p> <p>ПК-9.2. Решает задачи по организации и контролю проведения измерений и проверке качества работы оборудования, планово-профилактических и ремонтно-восстановительных работ.</p> <p>ПК-9.3. Контролирует выполняемые работы по синтезу радиоэлектронного средства, опираясь на научную методоло-</p>	<p>инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Уметь: Применять основные методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Владеть: Навыками применения основных методов проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p>	<p>фокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Уметь: Применять методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Владеть: Навыками применения методов проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p>	<p>тей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Уметь: Применять современные эффективные методы проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p> <p>Владеть Навыками применения современных эффективных методов проектирования, монтажа и эксплуатации систем, сетей и устройств инфокоммуникаций, а также направляющих сред передачи информации.</p>
--	---	--	--	---

	гию разработки приемопередающих инфокоммуникационных устройств и каналов связи (направляющих средств передачи).			
--	---	--	--	--

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

ОТЧЕТо выполненной лабораторной работе
по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях»
на тему «_____»

Выполнил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20__