

СОГЛАСОВАНО



И.о. директора
ФГБУ «ВНИИОФИ»

И.С. Филимонов

«14» 03 2023 г.

«ГСИ. Рефлектометры оптические портативные OFL100.

Методика поверки»

МП 012.Ф3-23

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода
«14» 03 2023 г.

Главный научный
сотрудник
ФГБУ «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков
«17» 03 2023 г.

Москва
2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Рефлектометры оптические портативные OFL100 (далее – рефлектометры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки. Рефлектометры предназначены для измерений ослабления в одномодовых оптических волокнах и их соединениях, длины (расстояния) до мест неоднородностей и измерений мощности оптического излучения.

1.2 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость, в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862, к государственному первичному специальному эталону единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170-2011. Поверка рефлектометров выполняется методом прямых измерений.

1.3 Метрологические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Рабочие длины волн, нм	1310 ± 20 1550 ± 20
Динамический диапазон измерений ослабления, дБ (при усреднении 3 мин, длительности импульса 20 мкс, по уровню 98 % максимума шумов), не менее	
- для длины волны 1310 нм	26
- для длины волны 1550 нм	24
Мертвая зона (при уровне отраженного сигнала -50 дБ), м, не более:	
-при измерении ослабления	17
-при измерении положения неоднородности	4
Диапазоны измерений длины, км	от 0,06 до 0,50; от 0,06 до 1,00; от 0,06 до 2,00; от 0,06 до 4,00; от 0,06 до 8,00; от 0,06 до 16,00; от 0,06 до 32,00; от 0,06 до 64,00; от 0,06 до 100,00
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, м	$\Delta L = \pm (1+5 \cdot 10^{-5}L+\delta)^*$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления, дБ	$\pm (0,05 \cdot A)^{**}$
Диапазон измерений уровня средней мощности оптического излучения, дБм*** (на длинах волн градуировки 850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550, 1625, 1650 нм)	от -40 до +10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, %	± 25
Уровень выходной мощности источника оптического излучения, не менее, дБм	- 5
Нестабильность уровня выходной мощности источника оптического излучения, дБ (в течение 15 минут в непрерывном режиме)	± 0,5

* где L - измеряемая длина, м; δ - дискретность отсчета в измеряемом диапазоне длин, м;

** где A - измеряемое ослабление, дБ;

*** уровень средней мощности оптического излучения, дБм – абсолютный уровень мощности определяемый логарифмом отношения значений средней мощности, мВт к 1 мВт.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений			10
Определение рабочих длин волн	Да	Нет	10.1
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины	Да	Да	10.2
Определение динамического диапазона измерений ослабления	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений ослабления	Да	Да	10.4
Определение мертвой зоны при измерении ослабления и положения неоднородности	Да	Нет	10.5
Определение диапазона измерений уровня средней мощности оптического излучения и относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки	Да	Да	10.6
Определение уровня выходной мощности источника оптического излучения	Да	Да	10.7
Определение нестабильности уровня выходной мощности источника оптического излучения (в течение 15 минут в непрерывном режиме)	Да	Да	10.8
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов рефлектометра (оптического рефлектометра или измерителя оптической мощности) и на меньшем числе значений ослабления, диапазонов измерений длины, рабочих длин волн. Для отдельных измерительных каналов первичная (периодическая) поверка, проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформленного в произвольной форме. Для поверки на меньшем числе значений ослабления, диапазонов измерений длины, рабочих длин волн проводится периодическая поверка на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформленного в произвольной форме.

2.3 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Все операции поверки, за исключением особо оговоренных, проводят при следующих условиях:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, % не более 70;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;
- напряжение питающей сети, В от 198 до 242;
- частота питающей сети, Гц от 49 до 51.

3.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли. Допускаемый перепад температуры при проведении поверки – не более 2 °С.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (далее – РЭ) поверяемых рефлектометров и средств поверки, а также их правила хранения и применения, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н, и имеющих опыт работы с высокоточными средствами измерений в области волоконно-оптических систем передачи информации; прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

4.2 Поверку средства измерений осуществляют аккредитованные в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С.</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 %.</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,13 кПа</p>	Приборы контроля параметров воздушной среды «Метеометр МЭС-200А», рег. № 27468-04
	<p>Средства измерений частоты переменного тока от 40 до 60 Гц с относительной погрешностью не более 0,01 %.</p> <p>Средства измерений напряжения переменного тока до 600 В с относительной погрешностью не более 0,1 %</p>	Вольтметры универсальные НМ8112-3S, рег. № 50576-12

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>п. 10.1 Определение рабочих длин волн</p> <p>п.10.6 Определение диапазона измерений уровня средней мощности оптического излучения и относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки</p> <p>п.10.7 Определение уровня выходной мощности источника оптического излучения</p> <p>п.10.8 Определение нестабильности уровня выходной мощности источника оптического излучения (в течение 15 минут в непрерывном режиме)</p>	<p>Эталоны средней мощности и ослабления оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи, не ниже уровня рабочего эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862, в диапазоне измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> - средней мощности оптического излучения: от 10^{-10} до 1 Вт; - длин волн исследуемого излучения: от 500 до 1700 нм; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки: <ul style="list-style-type: none"> - в диапазоне от 10^{-10} до 10^{-2} Вт: $\pm 2\%$; - в диапазоне от 10^{-7} до 1 Вт: $\pm 2\%$; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительных уровней мощности: $\pm 1\%$ 	<p>Государственный рабочий эталон единиц средней мощности и ослабления оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи в диапазоне значений от 10^{-10} до 1 Вт на длинах волн от 500 до 1700 нм (далее – РЭСМ), рег. № 3.1.ZZA.0100.2017</p>
<p>п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины;</p> <p>п. 10.3 Определение динамического диапазона измерений ослабления;</p> <p>п. 10.4 Определение абсолютной погрешности измерений ослабления;</p> <p>п.10.5 Определение мертвой зоны при измерении ослабления и положения неоднородности</p>	<p>Эталоны длины и ослабления в световоде, не ниже уровня рабочего эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862, в диапазоне измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> - длины (расстояния) до мест неоднородностей в оптическом волокне: от 0,06 до 500 км; - пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения длины (расстояния) до мест неоднородностей в оптическом волокне: $\pm (0,15 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ м, где L – воспроизводимая длина, м; - ослабления оптического излучения: от 0,5 до 40 дБ; - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления оптического излучения: $\pm 0,015 \cdot A$, где A – измеряемое ослабление, дБ 	<p>Государственный рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде в диапазонах воспроизведения от 0,06 до 600 км и от 0,5 до 20,0 дБ (далее – РЭДО), рег. № 3.1.ZZA.0035.2015</p>

5.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение необходимых метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

5.3 Средства измерений, используемые при проведении поверки, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования, установленные ГОСТ 12.1.040-83, правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

6.2 Система электрического питания рефлектометров должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи рефлектометров.

6.3 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Комплектность поверяемых рефлектометров должна соответствовать комплектности, приведенной в нормативной документации (РЭ) и описании типа (далее – ОТ)).

7.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемые рефлектометры;

- отсутствие на наружных поверхностях поверяемых рефлектометров повреждений, влияющих на их работоспособность;

- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов.

7.3 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов конструкции, а комплектность рефлектометров соответствует таблице состава РЭ и ОТ.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подключают к сети питания поверяемый рефлектометр.

8.2 Подготавливают поверяемую систему к работе согласно ее РЭ. Проводят прогрев всех включенных приборов в течение получаса если иное не указано в их РЭ.

8.3 Дожидаются загрузки программного обеспечения (ПО) и появления на экране главного меню.

8.3 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если не происходит отказа световых индикаторов, ошибок при запуске ПО и в работе ПО при загрузке меню.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в ОТ на рефлектометры. Для этого включают рефлектометр, в появившемся окне главного меню выбирают пункт «Система» далее активируют раздел «Информация».

9.2 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

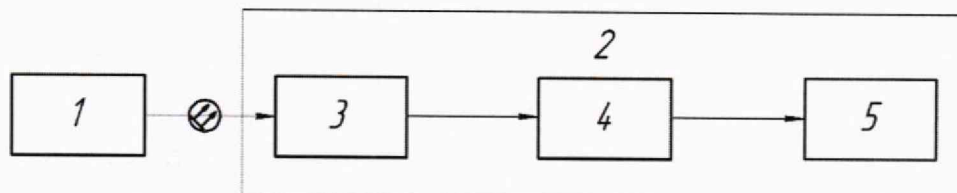
Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Trace Viewer
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V3.61 и выше
Цифровой идентификатор ПО	–

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение рабочих длин волн

10.1.1 Собрать установку, приведенную на рисунке 1.



1 – поверяемый рефлектометр; 2 – установка для измерений спектральных характеристик приёмников и источников оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) из состава РЭСМ (далее по тексту – СУ); 3 – монохроматор; 4 – фотоприемное устройство; 5 – регистратор

Рисунок 1 – Установка для определения рабочих длин волн оптического излучения

10.1.2 Оптическим кабелем из состава РЭСМ соединить выходной разъем рефлектометра с входным разъемом СУ. В меню поверяемого рефлектометра установить одну из рабочих длин волн и максимальное значение длительности зондирующего импульса.

10.1.3 Изменяя длину волны на шкале монохроматора СУ, регистрировать длину волны $\lambda_{p, is}$ нм, соответствующую максимальному значению сигнала. Операцию проводить не менее 3 раз.

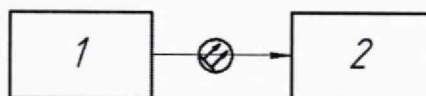
10.1.4 В меню поверяемого рефлектометра провести установку другой рабочей длины волны и выполнить операцию по пункту 10.1.3.

10.1.5 Допускается проведение операций по пунктам 10.1.2 -10.1.4 для меньшего числа рабочих длин волн, значения которых определяются письменным заявлением владельца средства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга от 31.07.2020 № 2510.

10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины

Определение диапазона измерений длины и абсолютной погрешности измерений длины проводится на каждой рабочей длине волны путем сравнения заданных с помощью оптического генератора из состава РЭДО (далее – ОГ) значений времени задержки оптического импульса (выраженных в единицах длины на шкалах ОГ и рефлектометра), подаваемых ОГ в поверяемый рефлектометр, с соответствующими значениями времени задержки, измеренных рефлектометром.

10.2.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 2.



1 – поверяемый рефлектометр; 2 – ОГ из состава РЭДО

Рисунок 2 – Установка для определения диапазона измерений длины и расчета пределов абсолютной погрешности измерений длины

10.2.2 Определение диапазона измерений длины и абсолютной погрешности измерений длины, в общем случае, проводить для минимального, среднего и максимального значений из набора диапазонов рефлектометра, указанных в описании типа.

10.2.3 Установить в меню ОГ параметры измерений согласно руководству по эксплуатации РЭДО (далее – РЭ).

10.2.4 Установить в меню поверяемого рефлектометра начальные параметры измерений: минимальную рабочую длину волны, минимальное значение диапазона измерений длины. Значение показателя преломления оптического волокна должно быть равным значению, установленному в меню ОГ.

10.2.5 При включении ОГ в рабочий режим на экране дисплея рефлектометра появляется импульс. Провести рефлектометром измерение длины в режиме усреднений результатов.

После завершения цикла измерений, используя курсор, измерить длину L от начала шкалы до точки положения курсора, установленного на переднем фронте импульса (рекомендуется устанавливать курсор в точке, соответствующей уровню 15 дБ от вершины импульса).

10.2.6 Провести измерения по пунктам 10.2.2 – 10.2.5 для среднего и максимального значений диапазонов длины.

10.2.7 Провести измерения по пунктам 10.2.2 -10.2.6 на другой рабочей длине волны.

10.2.8 Допускается проведение операций по пунктам 10.2.2 -10.2.6 для меньшего числа диапазонов измерений длины, значения которых определяются письменным заявлением владельца средства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга от 31.07.2020 № 2510.

10.3 Определение динамического диапазона измерений ослабления

10.3.1 Подключить к поверяемому рефлектометру катушку с оптическим волокном из состава РЭДО (далее - ОВ). В разделе меню рефлектометра «Expert OTDR» установить параметры измерений: одну из рабочих длин волн, время усреднений 180 секунд, максимальные значения длительности импульса и диапазона измерений длины.

10.3.2 Включить процесс тестирования ОВ в соответствии с РЭ рефлектометра и на полученной рефлектограмме установить курсоры А и В в начало и конец линейного участка рефлектограммы. Зафиксировать значения длины и ослабления, соответствующие курсорам А и В: l_A , м, Ar_A , дБ, и l_B , м, Ar_B , дБ, соответственно.

10.3.3 Установить курсор А в точку рефлектограммы, соответствующей самому высокому пику шумов в последней четверти диапазона измерений длины, зафиксировать значение ослабления Ar_{max} , дБ.

10.3.4 Операции по пунктам 10.3.2 – 10.3.3 настоящей методики повторить не менее 3 раз.

10.3.5 Операции по пунктам 10.3.2 – 10.3.3 провести для другой рабочей длины волны.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений ослабления

Определение абсолютной погрешности измерений ослабления проводится на каждой рабочей длине волны путем сравнения заданных с помощью ОГ значений перепадов амплитуд двух оптических импульсов, имитирующих ослабление и подаваемых в поверяемый рефлектометр, с соответствующими значениями перепадов амплитуд импульсов, измеренных поверяемым рефлектометром.

10.4.1 Подключить поверяемый рефлектометр к ОГ с помощью короткого отрезка оптического волокна в соответствии с рисунком 2.

10.4.2 Установить в меню ОГ параметры измерения согласно РЭ, при этом положение первого импульса должно быть в начале шкалы, а второй импульс устанавливается на расстоянии от первого, соответствующем типовому коэффициенту ослабления оптического волокна для выбранной рабочей длины волны.

10.4.3 Установить в меню поверяемого рефлектометра начальные параметры измерения: одну из рабочих длин, диапазон измерений длины – 16 км, длительность импульса – 1 мкс.

10.4.4 При включении ОГ в рабочий режим на экране дисплея рефлектометра появляются два импульса. В меню ОГ поочередно вводить значения ослабления: 1,0; 5,0; 15,0 дБ, определяя соответствующие значения ослабления A по шкале рефлектометра.

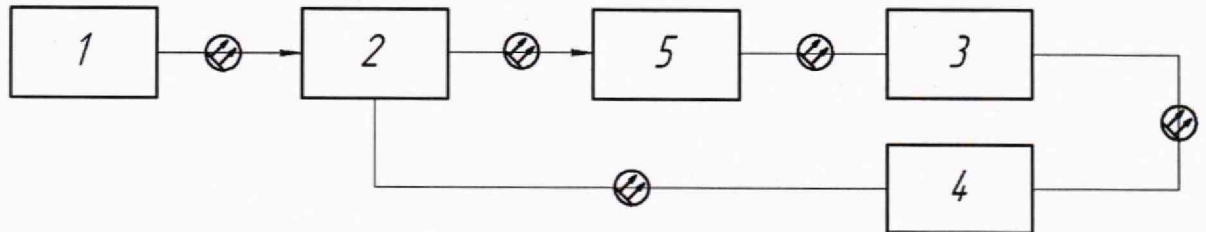
10.4.5 Операции по пункту 10.4.4 проводить для каждого значения вводимого ослабления не менее пяти раз.

10.4.6 Операции по пунктам 10.4.2 – 10.4.5 провести для другой рабочей длины волны.

10.4.7 Допускается проведение операций по пунктам 10.4.2 – 10.4.5 для меньшего числа значений ослабления, которые определяются письменным заявлением владельца средства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга от 31.07.2020 № 2510.

10.5 Определение мертвой зоны при измерении ослабления и положения неоднородности

10.5.1 Собрать схему, представленную на рисунке 3.



1 – поверяемый рефлектометр; 2 – оптический ответвитель из состава РЭДО; 3 – оптическое волокно из состава РЭДО; 4 – оптический аттенюатор из состава РЭДО; 5 – оптический соединитель из состава РЭДО

Рисунок 3 – Установка для определения мертвой зоны при измерении ослабления и положения неоднородности

10.5.2 Установить в меню поверяемого рефлектометра параметры измерений: минимальную длительность зондирующего импульса, диапазон измерений по шкале длин от 0 до 8 км. С помощью аттенюатора установить значение ослабления достаточное для отсутствия насыщения отраженного импульса (порядка -50 дБ). Отраженный импульс должен находиться в средней части рефлектограммы.

10.5.3 Определить мертвую зону при измерении ослабления как длину между началом отраженного импульса и точкой заднего фронта отраженного импульса, отстоящей от кривой обратного рассеяния на 0,5 дБ, в соответствии с рисунком 4.

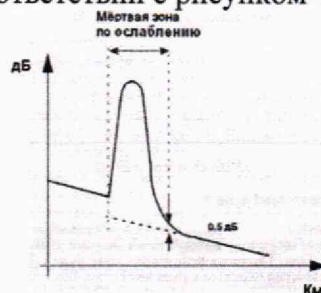


Рисунок 4 – Мертвая зона при измерениях ослабления

10.5.4 Определить мертвую зону при измерениях положения неоднородности как длину между точками переднего и заднего фронтов отраженного импульса, соответствующими уровню ослабления 1,5 дБ от вершины ненасыщенного импульса, в соответствии с полученной рефлектограммой, вид которой представлен на рисунке 5.

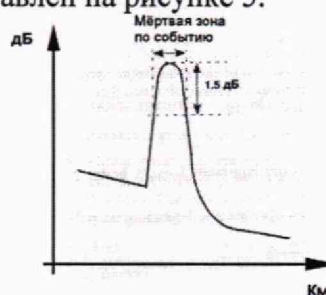


Рисунок 5 – Мертвая зона при измерениях положения неоднородности

10.5.5 Операции по п.п. 10.5.3 -10.5.4 проводить не менее 3 раз.

длинах волн градуировки проводят путем сличения измерителя оптической мощности поверяемого рефлектометра с Государственным рабочим эталоном единицы средней мощности оптического излучения в ВОСП (далее – РЭСМ) и последующего расчета пределов погрешности.

10.6.1 Собрать схему, представленную на рисунке 6.

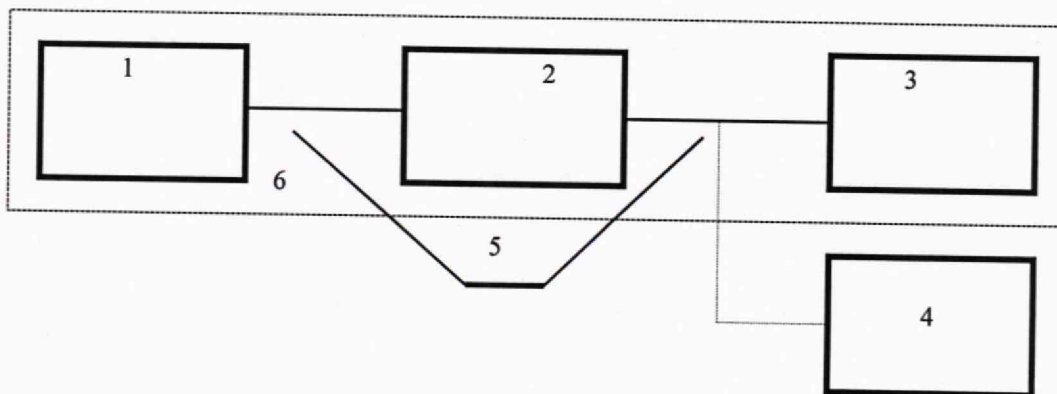


Рисунок 6 – Установка для определения диапазона и пределов допускаемой относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки

1 - источник излучения стабилизированный из состава РЭСМ; 2 - аттенюатор оптический; 3 – измеритель мощности из состава РЭСМ; 4 – поверяемый рефлектометр; 5 - волоконно-оптический кабель; 6 – РЭСМ.

10.6.2 Установить в меню РЭСМ и поверяемого рефлектометра одну из длин волн градуировки.

10.6.3 Подключить выход оптического аттенюатора к входу измерителя мощности из состава РЭСМ и регулировкой ослабления аттенюатора устанавливают на его выходе уровень мощности, равный максимально измеряемому поверяемым рефлектометром.

10.6.4 Провести не менее пяти измерений уровня средней мощности $P_{дБм_эт_{i,j}}$, дБм, измерителем мощности из состава РЭСМ согласно его РЭ.

10.6.5 В схеме, представленной на рисунке 6, заменить измеритель мощности из состава РЭСМ на поверяемый рефлектометр.

10.6.6 Провести не менее пяти измерений уровня средней мощности $P_{дБм_{i,j}}$, дБм, поверяемым рефлектометром.

10.6.7 Повторяют операции 10.6.4 – 10.6.6, последовательно уменьшая уровень мощности с шагом от 3 до 5 дБ, дойдя до минимального измеряемого значения поверяемым рефлектометром.

10.6.8 Проводят операции по п.п. 10.6.2 – 10.6.7 на остальных длинах волн градуировки поверяемого ОР.

10.7 Определение уровня выходной мощности источника оптического излучения

10.7.1 Проводят предварительный прогрев испытываемого источника в течение 20 минут.

10.7.2 Подают оптическое излучение от источника излучения на оптический вход измерителя мощности из состава РЭСМ (далее – РЭСМ) с помощью волоконно-оптического кабеля и регистрируют показания РЭСМ P_{01} .

10.7.3 Отсоединяют разъем волоконно-оптического кабеля от входа РЭСМ.

10.7.4 Проводят операции по п.п. 10.7.2 - 10.7.3 еще 9 раз, регистрируя показания РЭСМ P_{0i} .

10.7.5 За уровень мощности излучения источника $P_{ист}$ принимают минимальное из полученных значений P_{0i} , $i=1...10$.

10.7.6 На поверяемом источнике проводят установку другой рабочей длины волны и выполняют операции по п.п. 10.7.1 – 10.7.5.

10.7.7 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если уровень выходной мощности источника оптического излучения составляет не менее -5 дБм.

10.8 Определение нестабильности уровня выходной мощности источника оптического излучения (в течение 15 минут в непрерывном режиме)

10.8.1 Проводят предварительный прогрев источника излучения поверяемого рефлектометра на одной из длин волн излучения в течение 15 минут.

10.8.2 Подают оптическое излучение на той же длине волны от рефлектометра с помощью волоконно-оптического кабеля на оптический вход РЭСМ.

10.8.3 В программном обеспечении РЭСМ регистрируют минимальные и максимальные показания (P_{\max} , P_{\min}) в течение 15 минут интервалом в 1 минуту.

10.8.4 Операции по п.п. 10.8.1 – 10.8.4 проводят для другой длины волны.

10.8.5 Нестабильность уровня выходной мощности определяется алгоритмом обработки результатов измерений в программе РЭСМ. Алгоритм обработки результатов измерений приведен в пункте 11.7 настоящей методики.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Обработка результатов измерений рабочих длин волн оптического излучения

11.1.1 Для полученных в пунктах 10.1.3 и 10.1.4 настоящей методики результатов измерений λ_{p_i} , нм, определить среднее арифметическое значение регистрируемых длин волн с помощью соотношения

$$\lambda_p = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{p_i}}{n}, \quad (1)$$

где n – количество измерений длины волны.

11.1.2 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если значения рабочих длин волн оптического излучения находятся в пределах: 1310 ± 20 нм; 1550 ± 20 нм.

11.2 Обработка результатов измерений длины

11.2.1 Для полученных в пунктах 10.2.6 и 10.2.7 настоящей методики результатов измерений L_i , м, рассчитать средние арифметические значения измеряемых длин \bar{L} , м, по формуле

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}, \quad (2)$$

где L_i – i -тое значение длины, м;

n – количество измерений.

11.2.2 Вычислить среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) среднего арифметического результатов измерений длины S_L , м, по формуле

$$S_L = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}, \quad (3)$$

11.2.3 Определить границы систематической погрешности (далее – СП) оценки длины без учета знака Θ_L , м, по формуле

$$\Theta_L = |\Theta_{L-1}| + |\Theta_{L-2}|, \quad (4)$$

где Θ_{L_1} – границы СП измерений длины поверяемым рефлектометром, м, определяемые как разность между средним арифметическим значением измеряемых длин \bar{L} , м, и значением длины по шкале ОГ L_0 , м;

Θ_{L_2} – границы абсолютной погрешности воспроизведения длины ОГ, м, указанные в паспорте на РЭДО.

11.2.4 Определить для каждого значения длины абсолютную погрешность без учета знака Δ_L , м, (при доверительной вероятности $P = 0,95$) по формуле

$$\Delta_L = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_{L_1}^2}{3} + S_L^2}, \quad (5)$$

За значение абсолютной погрешности измерений длины поверяемым рефлектометром без учета знака принимается максимальное из полученных значений абсолютной погрешности Δ_L , м.

11.2.5 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если диапазоны измерений длин составляют: от 0,06 до 0,50; от 0,06 до 1,00; от 0,06 до 2,00; от 0,06 до 4,00; от 0,06 до 8,00; от 0,06 до 16,00; от 0,06 до 32,00; от 0,06 до 64,00; от 0,06 до 100,00 км и значения абсолютной погрешности измерений длины не превышают пределов $\Delta L = \pm(1+5 \cdot 10^{-5}L+\delta)$, м, где L – измеряемая длина, м; δ – дискретность отсчета в измеряемом диапазоне длин, м;

11.3 Обработка результатов измерений динамического диапазона измерений ослабления

11.3.1 Для полученных в пунктах 10.3.4 – 10.3.5 настоящей методики результатов измерений l_A , м, Ar_A , дБ, l_B , м, Ar_B , дБ, определить значение ослабления Ar_0 , дБ, соответствующего длине $l_0 = 0$ м с помощью соотношения

$$Ar_0 = \frac{Ar_A \cdot l_B - Ar_B \cdot l_A}{l_B - l_A}, \quad (6)$$

11.3.2 Для полученных в пунктах 10.3.3 и 11.3.1, настоящей методики результатов Ar_0 , дБ, Ar_{max} , дБ, определить значение динамического диапазона измерений ослабления по уровню 98 % с помощью соотношения

$$DD_{98\%} = Ar_0 - Ar_{max} + \delta DD_{98\%}, \quad (7)$$

где $\delta DD_{98\%}$ – соотношение между пиковым значением гауссова шума и уровнем сигнала, ниже которого находится 98 % значений гауссова шума, дБ, равное 0,84 дБ.

11.3.3 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если динамический диапазон измерений ослабления для длины волны 1310 нм составляет не менее 26 дБ, для длины волны 1550 нм – не менее 24 дБ.

11.4 Обработка результатов измерений ослабления

11.4.1 Для полученных в пунктах 10.4.5, 10.4.6 настоящей методики результатов измерений A , дБ, определить средние арифметические значения ослабления \bar{A} , дБ, по формуле

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}, \quad (8)$$

где A_i – i -е значение ослабления, дБ.

11.4.2 Рассчитать СКО среднего арифметического результатов измерений ослабления S_A , дБ, по формуле

$$S_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n \cdot (n - 1)}}. \quad (9)$$

11.4.3 Определить границы СП оценки ослабления без учета знака Θ_A , дБ, по формуле

$$\Theta_A = |\Theta_{A_1}| + |\Theta_{A_2}|, \quad (10)$$

11.4.3 Определить границы СП оценки ослабления без учета знака Θ_A , дБ, по формуле

$$\Theta_A = |\Theta_{A_1}| + |\Theta_{A_2}|, \quad (10)$$

где Θ_{A_1} – границы СП измерений ослабления поверяемым рефлектометром, дБ, определяемые как разность между средним арифметическим значением ослабления \bar{A} , дБ, и значением ослабления, установленным на ОГ A_0 , дБ;

Θ_{A_2} – границы абсолютной погрешности установки ослабления с помощью ОГ, указанные в паспорте на РЭДО, дБ.

11.4.4 Определить абсолютную погрешность измерений ослабления без учета знака Δ_A , дБ, (при доверительной вероятности $P = 0,95$) по формуле

$$\Delta_A = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_A^2}{3} + S_A^2}, \quad (11)$$

За абсолютную погрешность измерений ослабления принимается максимальное из полученных значений границ абсолютной погрешности Δ_A , дБ.

11.4.5 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если значения абсолютной погрешности измерений ослабления не превышают пределов $\pm 0,05 \cdot A$ дБ, где A – измеряемое ослабление, дБ.

11.5 Обработка результатов измерений мертвой зоны при измерении ослабления и положения неоднородности

11.5.1 Для полученных в пунктах 10.5.3 настоящей методики результатов измерений определить величину мертвой зоны при измерениях ослабления в соответствии с формулой (1).

11.5.2 Для полученных в пунктах 10.5.4 настоящей методики результатов измерений определить величину мертвой зоны при измерениях положения неоднородности в соответствии с формулой (1).

11.5.3 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если величина мертвой зоны при измерении ослабления составляет не более 17 м, величина мертвой зоны при измерении положения неоднородности составляет не более 4 м.

11.6 Обработка результатов измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки

11.6.1 Для полученных в пунктах 10.6.6, 10.6.7 результаты $P_{\text{дБм_эт}i,j}$, дБм, и $P_{\text{дБм}i,j}$, дБм, перевести из дБм в Вт с помощью соотношения

$$P = 0,001 \cdot 10^{\frac{P_{\text{дБм}}}{10}}, \quad (12)$$

где $P_{\text{дБм}}$ – измеренный в пунктах 10.6.6, 10.6.7 уровень средней мощности $P_{\text{дБм_эт}i,j}$, дБм, и $P_{\text{дБм}i,j}$, дБм.

11.6.2 Для полученных в пункте 11.6.1 результатов измерений средней мощности $P_{\text{эт}i,j}$, Вт, и $P_{i,j}$, Вт, вычислить средние арифметические значения средней мощности $P_{\text{эт} \text{сред},j}$, Вт, и $P_{\text{сред},j}$, Вт, по формулам

$$P_{\text{эт} \text{сред},j} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{эт}i,j}}{n}; \quad (13)$$

$$P_{\text{сред},j} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{i,j}}{n}, \quad (14)$$

где i – номер измерения;

n – количество измерений.

11.6.3 Вычислить СКО среднего арифметического результатов измерений средней мощности РЭСМ $S_{P_{\text{эт}j}}$, Вт, и поверяемым рефлектометром S_{P_j} , Вт, по формулам

$$S_{P_{эм_j}} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (P_{эм_{i,j}} - P_{эм_{сред,j}})^2}; \quad (15)$$

$$S_{P_{_j}} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (P_{i,j} - P_{сред,j})^2}. \quad (16)$$

11.6.4 Вычислить границы СП оценки средней мощности без учета знака $\Theta_{P_{_j}}$, Вт, по формуле

$$\Theta_{P_{_j}} = |\Theta_{P1_{_j}}| + |\Theta_{P2_{_j}}|, \quad (17)$$

где $\Theta_{P1_{_j}}$ – границы СП измерений средней мощности поверяемым рефлектометром, Вт, определяемые как разность между средними арифметическими значениями средней мощности $P_{сред,j}$, Вт, и $P_{эм_{сред,j}}$, Вт;

$\Theta_{P2_{_j}}$ – границы абсолютной погрешности РЭСМ без учета знака, Вт, вычисляемые по формуле

$$\Theta_{P2_{_j}} = \delta_{эм} \cdot P_{эм_{сред,j}}, \quad (18)$$

где $\delta_{эм}$ – границы относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения, указанные в паспорте на РЭСМ.

11.6.5 Вычислить абсолютную погрешность измерений средней мощности поверяемым рефлектометром без учета знака $\Delta_{P_{_j}}$, Вт, по формуле

$$\Delta_{P_{_j}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_{P_{_j}}^2}{3} + S_{P_{эм_{_j}}}^2 + S_{P_{_j}}^2}, \quad (19)$$

11.6.6 Вычислить значения относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения поверяемым рефлектометром $\delta_{P_{_j}}$, %, по формуле

$$\delta_{P_{_j}} = \frac{\Delta_{P_{_j}}}{P_{сред,j}} \cdot 100\%. \quad (20)$$

За значение относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения поверяемым рефлектометром принимается максимальное из полученных значений пределов относительной погрешности $\delta_{P_{_j}}$, дБ.

11.6.7 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если диапазон измерений уровня средней мощности оптического излучения составляет от минус 40 до плюс 10 дБм и значения относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки не превышают пределов $\pm 5\%$.

11.7 Обработка результатов измерений нестабильности уровня выходной мощности источника оптического излучения (в течение 15 минут в непрерывном режиме)

11.7.1 Для полученных в пунктах 10.8.3, 10.8.4 результатов измерений программное обеспечение РЭСМ производит определение значения нестабильности уровня выходной мощности источника оптического излучения (далее – нестабильность) и выдает значения в единицах измерения «%» и в «дБ». Алгоритм расчета следующий:

- значение нестабильности в единицах «%» определяется по формуле

$$S_{\%} = 2 \cdot (P_{\max} - P_{\min}) / (P_{\max} + P_{\min}) \cdot 100 \quad (21)$$

P_{\max} и P_{\min} – соответственно, максимальное и минимальное значения мощности (Вт), зафиксированные за время измерения.

- значение нестабильности в единицах «дБ» определяется по формуле

$$S_{\text{дБ}} = 10 \cdot \lg(1 + S_{\%}/100) \quad (22)$$

11.7.2 Рефлектометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если значение нестабильности уровня выходной мощности источника оптического излучения находится в пределах $\pm 0,5$ дБ.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

12.2 Рефлектометры считаются прошедшими поверку с положительным результатом и допускаются к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям к рефлектометрам в соответствии с их ОТ, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае рефлектометры считаются прошедшими поверку с отрицательным результатом и не допускаются к применению.

12.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утверждаемыми приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510 (далее – приказ № 2510). Нанесение знака поверки на рефлектометр не предусмотрено.

12.4 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению средств измерений, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию извещения о непригодности, утверждаемыми приказом № 2510.

12.5 Сведения о результатах поверки (как положительные, так и отрицательные) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Заместитель руководителя лаборатории Ф-3



А.П. Мамонов

Начальник сектора лаборатории Ф-3



А.К. Митюрёв

Начальник сектора лаборатории Ф-3



И.С. Королев

Ведущий инженер лаборатории Ф-3



Л.В. Подюкова

Приложение А
(Рекомендуемое)
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ (ПЕРИОДИЧЕСКОЙ) ПОВЕРКИ №
от _____ 20__ г.

Рефлектометры оптические портативные OFL100
(регистрационный № _____, год выпуска)

Заводской номер:

Изготовитель:

Владелец СИ:

Применяемые эталоны:

Применяемая методика поверки: МП 012.Ф3-23 «ГСИ. Рефлектометры оптические портативные OFL100. Методика поверки»

Место проведения поверки:

Условия поверки:

- температура окружающей среды:
- относительная влажность воздуха:
 - атмосферное давление:
- напряжение сети питания:
- частота сети питания:

Проведение поверки:

1. Внешний осмотр:
2. Опробование:
3. Идентификация программного обеспечения:
4. Определение метрологических характеристик:

Полученные результаты измерений метрологических характеристик:

Таблица А.1 – Результаты измерений рабочих длин волн

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Рабочие длины волн, нм	1310±20 1550±20		

Таблица А.2 – Результаты измерений диапазона и абсолютной погрешности измерений длины

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Диапазоны измерений длины, км	от 0,06 до 0,50; от 0,06 до 1,00; от 0,06 до 2,00; от 0,06 до 4,00; от 0,06 до 8,00; от 0,06 до 16,00; от 0,06 до 32,00; от 0,06 до 64,00; от 0,06 до 100,00		
Пределы допустимой абсолютной погрешности измерений длины, м	$\Delta L = \pm(1+5 \cdot 10^{-5}L+\delta)$ где L - измеряемая длина, м; δ - дискретность отсчета в		

	измеряемом диапазоне длин, м		
--	---------------------------------	--	--

Таблица А.3 – Результаты измерений динамического диапазона измерений ослабления

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Динамический диапазон измерений ослабления, дБ			
- для длины волны 1310 нм	26		
- для длины волны 1550 нм	24		

Таблица А.4 – Результаты определения абсолютной погрешности измерений ослабления

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления, дБ	$\pm(0,05 \cdot A)$ где А - измеряемое ослабление, дБ		

Таблица А.5 – Результаты измерений мертвой зоны при измерении ослабления и положения неоднородности

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Мертвая зона при измерении ослабления, м, не более	17		
Мертвая зона при измерении положения неоднородности, м, не более	4		

Таблица А.6 – Результаты измерений диапазона и пределов допускаемой относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки

Наименование характеристики	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Диапазон измерений уровня средней мощности оптического излучения, дБм (на длинах волн градуировки 850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550, 1625, 1650 нм)	от -40 до +10		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, %	± 25		

Таблица А.7 - Результаты измерений уровня выходной мощности источника оптического излучения

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Уровень выходной мощности источника оптического излучения, дБм, не менее	-5		

Таблица А.8 - Результаты измерений нестабильности уровня выходной мощности источника оптического излучения

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Нестабильность уровня выходной мощности источника оптического излучения, дБ	$\pm 0,5$		

5. Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

Подпись Фамилия И.О.

Руководитель

подразделения:

Подпись Фамилия И.О.