

СОГЛАСОВАНО



Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»


И.С. Филимонов
« 5 » 03 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

РАБОЧИЕ ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ ДЛИНЫ И ОСЛАБЛЕНИЯ В СВЕТОВОДЕ РЭДО-М

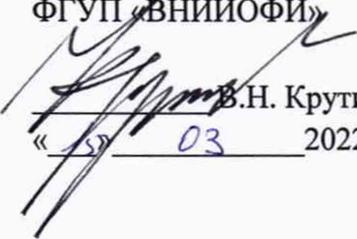
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 003.Ф3-22

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»


С.Н. Негода
« 5 » 03 2022 г.

Главный научный
сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»


В.Н. Крутиков
« 5 » 03 2022 г.

Москва
2022 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на рабочие эталоны единиц длины и ослабления в световоде РЭДО-М (далее – РЭДО-М) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок. РЭДО-М предназначены для воспроизведения и передачи единиц длины и ослабления в световоде при поверке и калибровке оптических рефлектометров.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.19 № 2862 (далее - ГПС) к государственному первичному специальному эталону единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны для волоконно-оптических систем связи и передачи информации ГЭТ 170-2011. Поверка РЭДО-М выполняется методом прямых измерений.

Метрологические характеристики РЭДО-М указаны в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Рабочие длины волн оптического излучения (фиксированные в диапазоне) ¹⁾ , нм	от 830 до 1670
Диапазон воспроизведения длины (расстояния), м	от 60 до 600000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения длины (расстояния), м	$\pm(0,1+3 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2$
Диапазон измерений ослабления оптического излучения, дБ	от 0,5 до 25,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления оптического излучения, дБ	$\pm 0,015 \cdot A^3$
Длительность зондирующих импульсов (в единицах длины) ⁴⁾ , м - при проверке шкалы длины (расстояния) - при проверке шкалы ослабления	30, 100, 300, 1000, 3000 200, 600, 1000, 2000, 5000
<p>¹⁾ количество рабочих длин волн и их номинальные значения соответствуют модели генератора оптического ГР-1/х и определяются при заказе РЭДО-М;</p> <p>²⁾ где L- значение воспроизводимой длины, м;</p> <p>³⁾ где A-измеряемое ослабление, дБ;</p> <p>⁴⁾ отклонение длительностей зондирующих импульсов составляет не более ± 10 %.</p>	

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 2 – Операции поверки

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта настоящей методики	Проведение операций при	
			Первичной поверке	Периодической поверке
1	Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
2	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
3	Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
4	Определение метрологических характеристик	10		
5	Определение рабочих длин волн	10.1	Да	Нет

	оптического излучения			
6	Определение абсолютной погрешности и диапазона воспроизведения длины (расстояния)	10.2	Да	Да
7	Определение абсолютной погрешности и диапазона измерений ослабления оптического излучения	10.3	Да	Да
8	Определение длительности зондирующих импульсов	10.4	Да	Нет
9	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да

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

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

3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 3 – Средства поверки

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
Определение метрологических характеристик средства измерений п. 10	Государственный первичный специальный эталон единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации по ГПС, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.12.2019 № 2862	<p>Диапазон воспроизводимых значений длин L от 10 до $6 \cdot 10^5$ м</p> <p>Неисключенная систематическая погрешность при воспроизведении длины $\Theta_L = (6,5 \cdot 10^{-2} - 0,45)$ м</p> <p>Среднее квадратическое отклонение при воспроизведении длины $S_L = 1,5 \cdot 10^{-2}$ м</p> <p>Диапазон воспроизводимых значений ослабления оптического излучения от 0,05 до 90,00 дБ</p> <p>Неисключенная систематическая погрешность при воспроизведении ослабления $(8,0 \cdot 10^{-3} - 1,6 \cdot 10^{-1})$ дБ</p> <p>Среднее квадратическое отклонение при воспроизведении ослабления $(3 \cdot 10^{-3} - 5,0 \cdot 10^{-2})$ дБ</p>	Государственный первичный специальный эталон единицы длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170-2011 (далее – ГЭТ)

		Диапазон длин волн от 0,60 до 1,70 мкм	
Вспомогательное оборудование	Средства измерения параметров микроклимата	Диапазон измерений: - температуры от минус 40 до 85 °С; - относительной влажности от 10 до 98 %; - давления воздуха от 80 до 110 кПа; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений: - температуры $\pm 0,2$ °С; - относительной влажности $\pm 3,0$ %; - давления воздуха $\pm 0,3$ кПа	Приборы контроля параметров воздушной среды «Метеометр МЭС-200А», рег. № 27468-04
	Средства измерения напряжения и частоты сети	Диапазон измерений: - частоты переменного тока от 1 Гц до 100 кГц; - верхний предел диапазона измерений напряжения переменного тока 600 В; - пределы допускаемой основной погрешности измерений частоты $\pm 0,0005 \cdot X$, Гц, где X - значение измеренной величины; - пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений напряжения $\pm (0,001 \cdot X + 0,0008 \cdot P)$, В, где X - значение измеренной величины; P - верхний предел диапазона измерений	Вольтметры универсальные НМ8112-3S, Рег. № 50576-12
Спирт изопропиловый по ГОСТ 9805-84			

3.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

3.3 Средства поверки должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (далее – РЭ) поверяемого РЭДО-М 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.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки соблюдают требования, установленные ГОСТ Р 12.1.031-2010, 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, нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров по ГОСТ 31581-2012. 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.

5.2 Система электрического питания РЭДО-М должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи РЭДО-М.

5.3 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.

6 Требования к условиям поверки

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

– температура окружающей среды, °С	от +15 до +25;
– относительная влажность воздуха, %	не более 80;
– атмосферное давление, кПа	от 96 до 104;
– напряжение питающей сети, В	от 198 до 242;
– частота питающей сети, Гц	от 49 до 51.

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

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Комплектность поверяемого РЭДО-М должна соответствовать комплектности, приведенной в нормативной документации (руководство по эксплуатации (далее – РЭ) и описание типа (далее – ОТ)).

7.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемый РЭДО-М;
- отсутствие на наружных поверхностях поверяемого РЭДО-М повреждений, влияющих на его работоспособность;
- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов;
- целостность волоконно-оптических кабелей и разъемов поверяемого РЭДО-М.

7.3 В случае обнаружения механических повреждений или нарушения целостности волоконно-оптических кабелей и разъемов необходимо связаться с производителем РЭДО-М с помощью контактной информации, указанной в РЭ, указать характер повреждений и определить работоспособность РЭДО-М. Если РЭДО-М не работоспособен – дальнейшие операции поверки не проводят.

7.4 РЭДО-М считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов конструкции, а комплектность РЭДО-М соответствует таблице состава РЭ и ОТ.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготавливают поверяемый РЭДО-М к работе согласно его РЭ.

8.2 Оптические разъемы поверяемого РЭДО-М и средств поверки очищают безворсовой салфеткой, смоченным изопропиловым спиртом. Протирают торцы волоконно-оптических кабелей, используемых при проведении поверки.

8.3 Включают питание оптического генератора модели ГР-1/х из состава РЭДО-М (далее - ОГ), при этом на передней панели прибора должен загореться индикатор **Вкл** и соединяют генератор с персональным компьютером (далее - ПК) при помощи кабеля USB, входящего в комплект РЭДО-М.

8.4 Включают питание всех приборов, используемых при поверке в соответствии с их РЭ. Проводят прогрев всех включенных приборов в течение не менее 2 часов.

8.5 С помощью ПК запускают файл OptiGen.exe из рабочей папки программного обеспечения (далее – ПО).

8.6 После появления на экране главного окна последовательно активировать пункты меню «проверка шкалы расстояний» и «проверка шкалы ослабления».

8.7 РЭДО-М считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если ПО РЭДО-М запускается, на мониторе ПК отображается меню ПО в соответствии с РЭ на РЭДО-М.

9 Проверка программного обеспечения рабочего эталона

9.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в ОТ на РЭДО-М. Для этого включают генератор и ПК, запускают файл ПО OptiGen.exe, в появившемся главном окне активируют раздел меню со значком «?» (О программе...) и в выпадающем окне находят идентификационные данные ПО.

9.2 РЭДО-М считается прошедшим 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	OptiGen
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение рабочих длин волн оптического излучения

10.1.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 1.



1 – персональный компьютер (ПК); 2 – поверяемый ОГ; 3 – установка для измерения спектральных характеристик из состава ГЭТ (далее – СУ)

Рисунок 1 – Схема подключения приборов для измерения рабочих длин волн

10.1.2 Включить ОГ и приборы, входящие в схему, представленную на рисунке 1.

10.1.3 Запустить программу на ПК и перейти в режим «проверка шкалы ослабления». В меню выбрать минимальную длину волны источника излучения ОГ, пользуясь указаниями программы ОГ. Нажать кнопку «измерить амплитуду».

10.1.4 Установить все аттенуаторы ОГ в положение, при котором ослабление минимально.

10.1.5 Изменяя длину волны на шкале монохроматора СУ, регистрировать длину волны $\lambda_{ог_i}$, нм, соответствующую максимальному значению сигнала. Операцию проводить не менее 5 раз. Определить среднее арифметическое значение регистрируемой длины волны по формуле (1):

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

где n – количество измерений длины волны.

10.1.6 Произвести измерение других рабочих длин волн в соответствии с моделью ОГ по п.п. 10.1.3 – 10.1.5.

10.1.7 РЭДО-М считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если значения рабочих длин волн оптического излучения находятся в диапазоне от 830 до 1670 нм.

10.2 Определение абсолютной погрешности и диапазона воспроизведения длины (расстояния)

За диапазон воспроизведения понимается отрезок, ограниченный минимальным и максимальным значениями длины (расстояния), в котором абсолютная погрешность воспроизведения не превышает заданную.

Поверка осуществляется в три этапа.

Первый этап (пункты МП 10.2.1 – 10.2.3) – измерение внутренней задержки, которая вносит аппаратура поверки (ГЭТ). Для этого в схеме установки вместо ОГ помещают зеркало (на торце оптического волокна).

Второй этап (пункты МП 10.2.4 – 10.2.8) – измерение общей временной задержки, состоящей из суммы задержек, вносимых ОГ и аппаратурой поверки.

Третий этап – вычисление задержки, вносимой ОГ, на основании имеющихся данных по первым двум этапам и расчет погрешности воспроизведения длины (пункт МП 8.1).

10.2.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 2.

Для поверки ОГ в одномодовом режиме (ОМ) использовать одномодовый циркулятор, для поверки ОГ в многомодовом режиме (ММ) – многомодовый.

ФПУ 1 использовать для проверки ОГ в диапазоне длин волн от 830 до 1300 нм, ФПУ 2 - для проверки ОГ в диапазоне длин волн от 1310 до 1670 нм.

10.2.2 В меню ОГ установить режим «проверка шкалы расстояний».

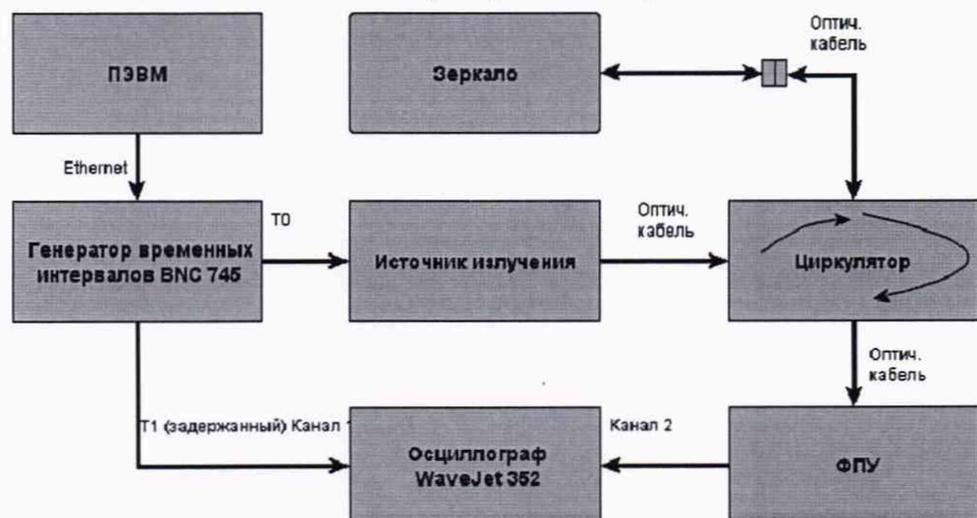


Рисунок 2– Схема подключения приборов для измерения внутренней задержки

задержанного импульса (от BNC 745) с передним фронтом импульса, полученного с выхода ФПУ, зафиксировать задержку τ_i^{cob} (задержка аппаратуры поверки), выставленную на генераторе временных интервалов. В измеренную собственную задержку будет входить дополнительная задержка, вызванная прохождением измерительного импульса через патчкорд длиной $L_{зерк}$, на одном из торцов которого нанесено зеркало.

10.2.4 Собрать схему, приведенную на рисунке 3.

Для проверки ОГ в ОМ-режиме использовать одномодовый циркулятор, для проверки ОГ в ММ-режиме – многомодовый.

ФПУ 1 использовать для проверки ОГ в диапазоне длин волн от 830 до 1300 нм, ФПУ 2 - для проверки ОГ в диапазоне длин волн от 1310 до 1670 нм.

10.2.5 Выбрать минимальную длину волны источника излучения поверяемого ОГ пользуясь указаниями программы ОГ, и параметры импульса в закладке «параметры генератора»: длительность измерительного импульса ОГ, выраженная на шкале расстояний генератора в единицах длины равное 100 м, число измерительных импульсов равное 1, положение первого измерительного импульса равное $L=60$ м (что соответствует начальному значению диапазона измерений длины (расстояния) 0,06 км), диапазон измеряемых расстояний равный 1 км, запускающий импульс равный 100 нс, показатель преломления 1,5000. Нажать кнопку «начать измерения».

10.2.6 Выставить в программе управления генератора временных интервалов BNC 745 период следования импульсов 10 мс. Выставить тип синхронизации каналов T0 и T1 генератора временных интервалов «Internal Trigger F1».

10.2.7 Подбором значений временных задержек в программе управления генератора временных интервалов BNC 745 добиться совмещения на экране осциллографа переднего фронта задержанного импульса (от BNC 745) с передним фронтом импульса, полученного с выхода ФПУ. Зафиксировать задержку τ_i^{zad} (общая задержка), выставленную на генераторе временных интервалов.

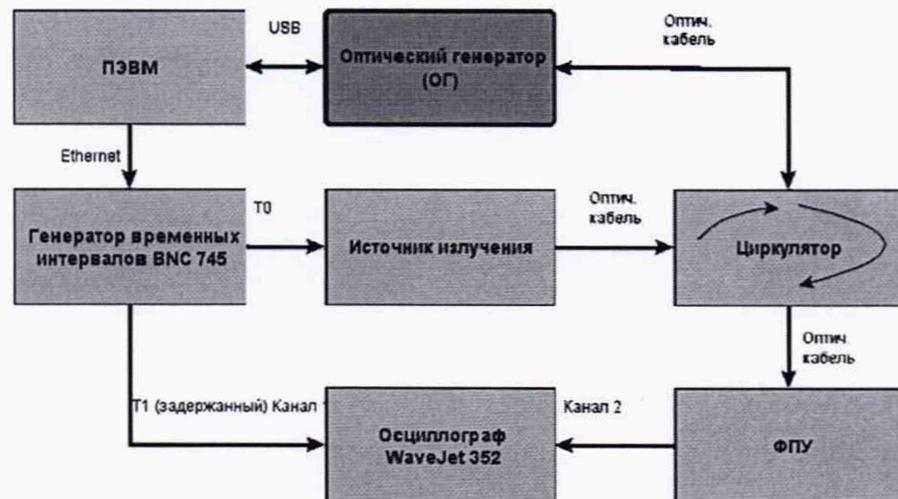


Рисунок 3 - Схема подключения приборов для измерения общей задержки

10.2.8 Определить задержку τ_i^{OG} , вносимую ОГ, с учетом собственной задержки аппаратуры поверки и длины патчкорда с зеркалом по формуле (1):

$$\tau_i^{OG} = \tau_i^{zad} - \tau_i^{cob} - L_{зерк} \cdot \frac{2 \cdot n}{c}, \text{ (нс)}, \quad (2)$$

где c – скорость света, м/нс,

n – показатель преломления, установленный в программе управления ОГ.

10.2.9 Произвести операции по п.п. 10.2.4 - 10.2.8 пять раз ($m=5$).

10.2.10 Последовательно провести операции по п.п. 10.2.4 - 10.2.9 для других длин волн источников излучения в соответствии с моделью ОГ.

10.2.11 Последовательно провести операции по п. 10.2.4 - 10.2.9 для значений длин 100 км и 600 км.

Внести значения в меню генератора: положение первого импульса источника излучения ОГ $L=100000$ м или 600000 м (что соответствует диапазонам измерений длины (расстояния) 100 км и 600 км), диапазон измеряемых расстояний - 100 км или 600 км. Все другие значения по 10.2.5.

10.2.12 Рассчитать абсолютную погрешность воспроизведения длины (расстояния) по формулам (2) – (7) п.11.1.

10.3 Определение диапазона измерений ослабления и абсолютной погрешности измерений ослабления.

За диапазон измерения вносимого ослабления (далее по тексту – ослабление) оптического излучения понимается интервал, ограниченный минимальным и максимальным значениями ослабления, в котором абсолютная погрешность измерения ослабления не превышает заданную.

При проведении обработки результатов измерений необходимо учитывать, что ОГ проводит измерения «рефлектометрического» ослабления - $5 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$, а компаратор средней мощности оптического излучения из состава ГЭТ (далее – компаратор) - стандартного ослабления - $10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$, где P_1 и P_2 – оптическая мощность в ваттах (Вт). Поэтому при сравнении величина ослабления, измеренная компаратором, должна делиться на два.

10.3.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 4.

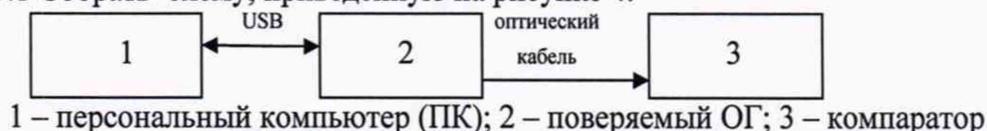


Рисунок 4– Схема подключения приборов для определения диапазона измерения ослабления и абсолютной погрешности

10.3.2 Включить проверяемый ОГ и приборы в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4.

10.3.3 Запустить программу на ПК и перейти в режим «проверка шкалы ослабления». Выбрать минимальную длину волны источника излучения проверяемого ОГ, пользуясь указаниями программы ОГ. Остальные параметры – по умолчанию. Нажать кнопку «начать измерения».

10.3.4 Установить все аттенюаторы в положение, при котором ослабление минимально. В окошко «начальный уровень» ввести значение 0. После этого в окошках «внесенное ослабление» и «амплитуда» будет отображаться 0,000 дБ.

10.3.5 Перевести компаратор в режим относительных измерений мощности с фиксацией нулевого уровня, нажав последовательно кнопки «дБм/Вт» и «дБ». На экране компаратора будет отображаться число 0,0000 дБ.

10.3.6 В меню ОГ с помощью аттенюатора «измерительный» внести ослабление $(0,5 \pm 0,1)$ дБ.

10.3.7 Фиксировать значения ослабления A_i^{OG} , отображаемое в окошке «внесенное ослабление» и $A_i^{Комп}$, измеренное компаратором.

10.3.8 Повторить операции по п.10.3.7 пять раз ($m=5$).

10.3.9 С помощью аттенюатора «измерительный» в меню ОГ последовательно внести значения ослабления: $(10 \pm 0,1)$ дБ, $(25 \pm 0,1)$ дБ.

10.3.10 Повторить операции по п.п.10.3.7 – 10.3.8 для каждого из указанных в п.10.4.9 значений ослабления.

10.3.11 Провести операции по п.п.10.3.3 – 10.3.10 для других длин волн в соответствии с моделью ОГ.

10.3.12 Рассчитать абсолютную погрешность измерений ослабления для значений ослабления 0,5, 10, 25 дБ по формуле (8) п.11.2.

10.4 Определение длительности зондирующих импульсов

10.4.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 2.

10.4.2 Выставить в программе управления ОГ временных интервалов период следования импульсов 6 мс. Выставить тип синхронизации каналов Т0 и Т1 как «внутренняя».

10.4.3 Для проверки длительности оптических импульсов в режиме «проверка шкалы расстояний» выставить следующие значения: показатель преломления $n=1,49896$, длина волны –1310 нм, «измерительные импульсы»: положение первого – 10000 м, длительность – $L_1 = 30$ м, количество – 1, «параметры рефлектометра»: диапазон расстояний – 20 км, длительность импульса рефлектометра – 10 нс.

10.4.4 Для проверки длительности оптических импульсов в режиме «проверки шкалы ослабления» выставить следующие значения: длина волны –1310 нм, «положение импульсов»: опорного – 2000 м, измерительного – 10000 м, длительность импульсов – $L_1 = 200$ м; «параметры рефлектометра»: диапазон расстояний – 20 км, длительность импульса – 100 нс.

10.4.5 Определить полуширину импульса (по уровню минус 3 дБ) по отображению на экране осциллографа $\tau_1^{осц}$.

10.4.6 Поочередно провести установку имеющихся длительностей L_i^{OG} , м, оптических импульсов в режиме «проверка шкалы расстояний» и в режиме «проверка шкалы ослабления» по п.п. 10.4.3 - 10.4.5.

10.4.7 Рассчитать значения длительности импульсов в единицах длины $L_i^{осц}$, м, соответствующие длительности импульсов по отображению на экране осциллографа $\tau_i^{осц}$, нс, формуле (9) п.11.3.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Обработка результатов измерений диапазона длины (расстояния)

11.1.2. Определить среднее арифметическое значение задержки τ_{cp}^{OG} по формуле (3):

$$\tau_{cp}^{OG} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tau_i^{OG}, \text{ (нс)}, \quad (3)$$

где τ_i^{OG} , (нс), - значение задержки, определяемое по формуле (2) п.10.2.8;

m – количество измерений.

11.1.3 Определить текущие i -ые значения L_i^{OG} (м) и среднее значение длины L_{cp}^{OG} (м), соответствующие задержкам τ_i^{OG} и τ_{cp}^{OG} , исходя из того, что на шкале ОГ выставляются значения L (м) в единицах длины, соответствующие измеряемым задержкам τ (нс), по формулам (4) и (5):

$$L_i^{OG} \text{ (м)} = \frac{c}{2 \cdot n} \tau_i^{OG} \text{ (нс)} \quad (4)$$

$$L_{cp}^{OG} \text{ (м)} = \frac{c}{2 \cdot n} \tau_{cp}^{OG} \text{ (нс)}, \text{ где} \quad (5)$$

c – скорость света, м/нс,

n – показатель преломления, установленный в программе управления ОГ.

11.1.4 Рассчитать среднее квадратическое отклонение среднего арифметического S_L результатов измерения длины (расстояния) по формуле (6):

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (L_i^{OG} - L_{cp}^{OG})^2}{m(m-1)}}, \text{ м} \quad (6)$$

11.1.5 Определить границы систематической погрешности (СП) результатов измерения длины (расстояния) без учета знака Θ_L по формуле (7):

$$\Theta_L = |\Theta_1| + |\Theta_2|, \text{ м} \quad (7)$$

Θ_1 рассчитать по формуле (8):

$$|\Theta_1| = |L_{cp}^{OG} - L|, \text{ м} \quad (8)$$

где L_{cp}^{OG} , м - среднее значение измеренной длины (расстояния);

L , м – значение длины (расстояния), установленное в пункте меню «Параметры генератора» поверяемого ОГ.

Значение Θ_2 в формуле (7) принимать равным 0,065 м для воспроизводимой длины 60 м, 0,15 м - для 100000 м и 0,45 м - для 600000 м в соответствии с паспортом ГЭТ.

11.1.6 Рассчитать абсолютную погрешность ΔL результатов воспроизведения длины по формуле (9):

$$\Delta L = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_L^2}{3} + S_L^2}, \text{ м}, \quad (9)$$

11.1.7 РЭДО-М считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если выполняются измерения длины (расстояния) в диапазоне от 0,06 до 600,00 км с абсолютной погрешностью воспроизведения в допускаемых пределах $\pm (0,1 + 3 \cdot 10^{-6}L)$, м, где L - значение воспроизводимой длины, м.

11.2 Обработка результатов измерений ослабления

11.2.1. Определить средние арифметические значения ослабления A_{cp}^{OG} и $A_{cp}^{Комп}$ результатов измерений п.п.10.3.7 – 10.3.11 по формулам (10) и (11):

$$A_{cp}^{OG} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i^{OG}, \text{ дБ} \quad (10)$$

$$A_{cp}^{Комп} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i^{Комп}, \text{ дБ} \quad (11)$$

где m - количество измерений.

11.2.2 Рассчитать среднее квадратическое отклонение среднего арифметического результатов измерений ослабления S_{OG} и $S_{Комп}$ по формулам (12) и (13):

$$S_{OG} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (A_i^{OG} - A_{cp}^{OG})^2}{m(m-1)}}, \text{ дБ} \quad (12)$$

$$S_{Комп} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (A_i^{Комп} - A_{cp}^{Комп})^2}{m(m-1)}}, \text{ дБ} \quad (13)$$

11.2.3 Определить границы систематической погрешности (СП) результатов измерения ослабления без учета знака Θ_A по формуле (14):

$$\Theta_A = |\Theta_1| + |\Theta_2|, \text{ дБ} \quad (14)$$

где Θ_1 - границы СП измерений ослабления поверяемым РЭДО-М, дБ, определяемые как разность между средними арифметическими значениями ослабления A_{cp}^{OG} , дБ, и средними арифметическими значениями ослабления компаратора $A_{cp}^{Комп}$, дБ;

Θ_2 - относительная погрешность измерения относительных уровней мощности компаратора в соответствии с паспортом ГЭТ, дБ.

Θ_1 рассчитать по формуле (15):

$$|\Theta_1| = \left| A_{cp}^{ог} - \frac{A_{cp}^{комп}}{2} \right|, \text{ дБ} \quad (15)$$

11.2.4 Определить абсолютную погрешность измерения ослабления ΔA_i для каждого из значений ослабления 0,5, 10, 25 дБ по формуле (16):

$$\Delta A_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{(\Theta_A)^2}{3} + S_{ог}^2 + S_{комп}^2}, \text{ дБ} \quad (16)$$

11.2.5 РЭДО-М считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если выполняются измерения ослабления в диапазоне от 0,5 до 25,0 дБ с абсолютной погрешностью измерений в допускаемых пределах $\pm 0,015 \cdot A$, дБ, где A - измеряемое ослабление, дБ.

11.3 Обработка результатов измерений длительности зондирующих импульсов

11.3.1 Вычислить значения длительности импульсов в единицах длины $L_i^{осч}$, м, соответствующие длительности импульсов по отображению на экране осциллографа $\tau_i^{осч}$, нс, по формуле (17):

$$L_i^{осч} = \frac{c}{2 \cdot n} \tau_i^{осч}, \text{ м} \quad (17)$$

11.3.2 РЭДО-М считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если длительности оптических импульсов (в единицах длины) при проверке шкалы длины (расстояния) составляют 30, 100, 300, 1000, 3000 м; при проверке шкалы ослабления составляют 200, 600, 1000, 2000, 5000 м, а отклонение значений длительности импульсов не превышает 10 %.

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 РЭДО-М считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению в качестве рабочего эталона в соответствии с ГПС, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям к рабочему эталону в соответствии с ГПС, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае РЭДО-М считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

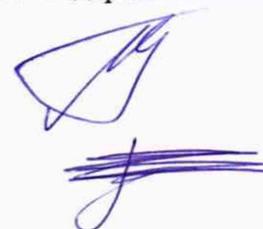
12.3 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме, а на переднюю панель генератора наносится знак поверки.

12.4 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

12.5 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник сектора Ф-3

Старший научный сотрудник лаборатории Ф-3



А.К. Митюрёв

В.В. Григорьев

Приложение А

(Рекомендуемое)

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ (ПЕРИОДИЧЕСКОЙ) ПОВЕРКИ №

от ____ _____ 20__ г.

**Рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде РЭДО-М
(регистрационный № _____, год выпуска)**

Заводской номер: № _____ (указать модель генератора оптического ОГ-1/х)

Владелец СИ:
ИНН владельца СИ:

Применяемые эталоны: Государственный первичный специальный эталон единицы длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170-2011

Применяемая методика поверки: МП 003.Ф3-22 «ГСИ. Рабочие эталоны единиц длины и ослабления в световоде РЭДО-М. 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

4.1 Определение длин волн оптического излучения (п.10.1 МП 003.Ф3-22)

Проводилось измерение длин волн оптического излучения в диапазоне от 630 до 1670 нм. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Рабочие длины волн оптического излучения, нм	фиксированные в диапазоне от 830 до 1670 нм		

4.2 Определение абсолютной погрешности и диапазона воспроизведения длины (расстояния) (п.10.2 МП 003.Ф3-22)

Проводилось измерение значений воспроизводимых длин (расстояний) в диапазоне от 60 до 600000,00 м и расчет абсолютной погрешности воспроизведения длины (расстояния). Результаты измерений и расчетов представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Диапазон воспроизведения длины (расстояния), м	От 60 до 600000,00		

Таблица 3

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Абсолютная погрешность воспроизведения длины (расстояния), м	$\pm(0,1+3 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ м, где L- значение воспроизводимой длины, м		

4.3 Определение диапазона измерений ослабления и абсолютной погрешности измерений ослабления. (п.10.3 МП 003.Ф3-22)

Проводилось измерение значений ослабления в диапазоне от 0,5 до 25,0 дБ и расчет абсолютной погрешности измерений ослабления. Результаты измерений и расчетов представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Диапазон измерений ослабления оптического излучения, дБ	От 0,5 до 25,0		

Таблица 5

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления оптического излучения, дБ	$\pm 0,015 \cdot A$, где A- измеряемое ослабление, дБ		

4.4 Определение длительности зондирующих импульсов (п.10.4 МП 003.Ф3-22)

Проводилось измерение длительности зондирующих импульсов. Результаты измерений представлены в таблице 6.

Таблица 6.

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Длительность зондирующих импульсов (в единицах длины), м - при проверке шкалы длины (расстояния) - при проверке шкалы ослабления	30, 100, 300, 1000, 3000 200, 600, 1000, 2000, 5000		

5. Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

Подпись_____
Фамилия И.О.

Руководитель

подразделения:

Подпись_____
Фамилия И.О.