

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

« 06 » февраля 2020 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

РАБОЧИЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ ВОЛНЫ
ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ РЭДВ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 015.Ф3-20

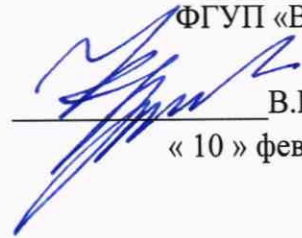
Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»



С.Н. Негода

« 06 » февраля 2020 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»



В.Н. Крутиков

« 10 » февраля 2020 г.

г. Москва
2020 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика определяет объем и последовательность проведения операций первичной и периодической поверки рабочего эталона единицы длины волны для волоконно-оптических систем передачи РЭДВ (далее по тексту – РЭДВ).

Эталон предназначен для воспроизведения единицы длины волны оптического излучения, калибровки и поверки анализаторов оптического спектра по шкалам длин волн и средней мощности оптического излучения, используемых для контроля работы волоконно-оптических систем передачи (ВОСП) со спектральным уплотнением.

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при:	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр и проверка комплектности	6.1	Да	Да
Опробование	6.2	Да	Да
Определение длин волн лазерных источников излучения	6.3.1	Да	Нет
Определение уровня средней мощности излучения лазерных источников	6.3.2	Да	Да
Определение диапазона воспроизведения и пределов допускаемой относительной погрешности определения длин волн линий поглощения	6.3.3	Да	Да
Определение уровня средней мощности оптического излучения на выходе кювет	6.3.4	Да	Да

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

1.3 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической поверок применяют средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

№ пункта методики	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.3.1 6.3.3	<p>Государственный первичный специальный эталон единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации (ГЭТ 170-2011) по приказу Росстандарта от 05.12.2019 № 2862 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений длины волны и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации».</p> <p>Основные метрологические характеристики: Диапазон длин волн: от 600 до 1700 нм; Среднее квадратическое отклонение результата измерений $5,31 \cdot 10^{-9}$ мкм; Неисключенная систематическая погрешность: $1,17 \cdot 10^{-7}$ мкм</p>
6.3.2 6.3.3 6.3.4	<p>Рабочий эталон единиц средней мощности и ослабления оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи в диапазоне значений от 10^{-10} до 10^{-2} Вт на длинах волн от 500 до 1700 нм в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.19 № 2862 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации»</p> <p>Основные метрологические характеристики: Диапазон измерений средней мощности оптического излучения: от 10^{-10} до 10^{-2} Вт. Диапазон длин волн исследуемого излучения: от 500 до 1700 нм. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки: в диапазоне от 10^{-10} до 10^{-3} Вт: $\pm 2,5$ %; в диапазоне от 10^{-3} до 10^{-2} Вт: $\pm 3,5$ %. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне: ± 5 %.</p>

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

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

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 К проведению поверки допускаются учёные-хранители, либо лица, допущенные к работе на ГЭТ 170-2011, а также инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководствами по эксплуатации (РЭ) РЭДВ и средств поверки и документацией по поверке и прошедший обучение на право проведения поверки по требуемым видам измерений, имеющий квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок.

3.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н, а также изложенные в руководстве по эксплуатации РЭДВ, в руководствах по эксплуатации на применяемые при поверке средства поверки.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающей среды, °С.....(20 ± 5)
- относительная влажность воздуха, не более, %..... 70
- атмосферное давление, кПа.....(100 ± 4)
- напряжение питающей сети, В.....(220 ± 22)
- частота питающей сети, Гц(50,0 ± 0,5)

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 Все оптические детали приборов, используемых при поверке, очищают от пыли и протирают безворсовой салфеткой, смоченной в спирте по ГОСТ 9805-84.

5.2 Подготавливают к работе РЭДВ и приборы, применяемые при поверке, согласно соответствующим разделам их Руководств по эксплуатации.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр и проверка комплектности

6.1.1 Проверить комплектность поверяемого РЭДВ на соответствие таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность

Наименование	Количество
Рабочий эталон единицы длины волны для волоконно-оптических систем передачи РЭДВ	1 шт.
Сетевой кабель	1 шт.
Соединительный оптический кабель FC/PC - FC/APC	1 шт.
Кейс	1 шт.
Руководство по эксплуатации	1 экз.
Методика поверки	1 экз.

6.1.2 При внешнем осмотре необходимо убедиться в отсутствии видимых механических повреждений, в целостности кабелей и разъемов РЭДВ, в исправности органов управления.

6.1.3 РЭДВ считается прошедшим операцию поверки, если отсутствуют механические повреждения и неисправности кабелей, разъемов и органов управления, а его комплектность соответствует таблице 3.

6.2 Опробование

6.2.1 Включают поверяемый РЭДВ согласно п.7 «Работа на рабочем эталоне и проведение измерений» его Руководства по эксплуатации (РЭ).

6.2.2 Проверяют запуск вентилятора системы охлаждения и включение индикации на выключателе питания РЭДВ.

6.2.3 РЭДВ считается прошедшим операцию поверки, если вращается вентилятор и загорается индикация включения РЭДВ.

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Определение длин волн лазерных источников излучения

6.3.1.1 Определение длин волн лазерных источников излучения проводят путем последовательного подключения лазерных источников из состава РЭДВ с помощью оптического кабеля FC/PC-FC/APC из состава РЭДВ к эталонному измерителю длины волны (ИДВ) из состава ГЭТ 170-2011, с последующим измерением на нем длины волны лазерного источника.

6.3.1.2 Подключают к ИДВ лазерный источник с номинальной длиной волны 1310 нм. Запускают программу управления ИДВ в соответствии с Правилами хранения и применения ГЭТ 170-2011 и проводят измерения длины волны три раза. Фиксируют среднее из полученных трёх значений длины волны $\lambda_{\text{ср}}$, нм.

6.3.1.3 Повторяют операции по 6.3.1.2 для лазерного источника излучения с номинальной длиной волны 1550 нм.

6.3.1.4 РЭДВ считается прошедшим операцию поверки, если полученные средние значения длин волн лазерных источников $\lambda_{\text{ср}}$, нм, соответствуют значениям (1310 ± 5) нм для источника с номинальной длиной волны 1310 нм и (1550 ± 5) нм для источника с номинальной длиной волны 1550 нм.

6.3.2 Определение уровня средней мощности излучения лазерных источников

6.3.2.1 Определение уровня средней мощности лазерных источников проводят путем последовательного подключения лазерных источников с помощью оптического кабеля FC/PC-FC/APC из состава РЭДВ к измерителю оптической мощности из состава РЭСМ с последующим измерением на нем уровня мощности лазерного источника.

6.3.2.2 Подключают к измерителю оптической мощности из состава РЭСМ лазерный источник с номинальной длиной волны 1310 нм. Проводят измерения уровня средней мощности излучения три раза согласно РЭ на РЭСМ. Фиксируют среднее из полученных трёх значений уровня средней мощности $P_{\text{ср}}$, дБм.

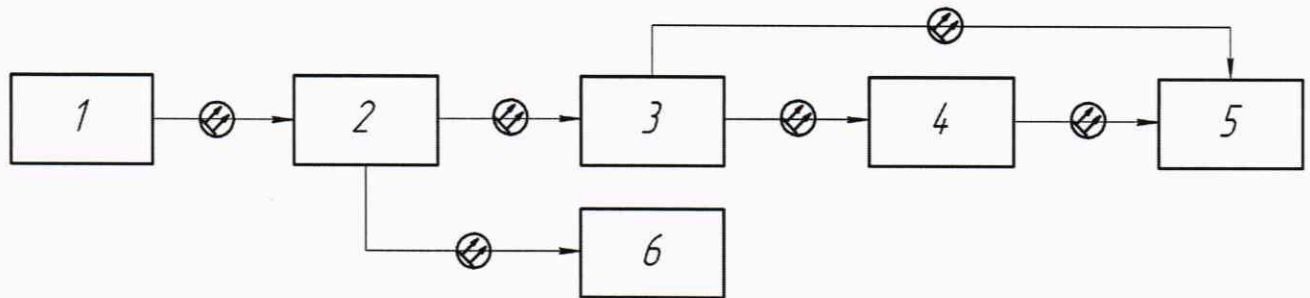
6.3.2.3 Повторяют операции по 6.3.2.2 для лазерного источника излучения с номинальной длиной волны 1550 нм.

6.3.2.4 РЭДВ считается прошедшим операцию поверки, если полученные значения уровней средней мощности лазерных источников удовлетворяют следующим требованиям: не менее 0 дБм для источника с номинальной длиной волны 1310 нм и не менее 5 дБм для источника с номинальной длиной волны 1550 нм.

6.3.3 Определение диапазона воспроизведения и пределов допускаемой относительной погрешности определения длин волн линий поглощения

6.3.3.1 Для измерений длин волн линий поглощения кювет собирают установку согласно схеме, приведённой на рисунке 1. Подключают перестраиваемый лазер TSL-210 или TLB-6500 из состава ГЭТ 170-2011 к входному каналу оптического ответвителя 10 %/90 % из состава ГЭТ 170-2011. Тип перестраиваемого лазера выбирается исходя из того, в каком диапазоне длин волн находятся линии поглощения измеряемой кюветы. Для кюветы HF выбирают TSL-210, для остальных TLB-6500. Выходной канал ответвителя (10 %) подключают к ИДВ из состава ГЭТ 170-2011, с помощью которого производится контроль перестройки длины волны лазера. Выходной канал ответвителя (90 %) подключают ко входному каналу оптического ответвителя 50 %/50 % из состава ГЭТ 170-2011. Один выходной канал ответвителя (50 %) соединяют с дополнительным волоконно-оптическим разъемом кюветы, расположенным на задней панели

РЭДВ. Другой выходной канал ответвителя (50 %) подключают к первому каналу измерителя мощности из состава РЭСМ. К соответствующему разъему «СЛД+кюветы» измеряемой кюветы, расположенному на передней панели РЭДВ, подключают измеритель оптической мощности из состава РЭСМ на втором канале.



1 – перестраиваемый лазер из состава ГЭТ 170-2011; 2 – волоконно-оптический разветвитель 10%/90% из состава ГЭТ 170-2011; 3 – волоконно-оптический разветвитель 50%/50% из состава ГЭТ 170-2011; 4 – газовая кювета из состава РЭДВ; 5 – измеритель мощности оптического излучения из состава РЭСМ; 6 – ИДВ из состава ГЭТ 170-2011

Рисунок 1 – Схема установки для измерений длин волн в линиях поглощения газонаполненных кювет

6.3.3.2 С шагом 1 пм перестраивают лазер в окрестности каждой линии поглощения, производя измерения длины волны $\lambda_{i,j,k}$, нм, уровня средней мощности на выходе кюветы $P_{\kappa,k}$, мВт, и уровня средней мощности на выходе перестраиваемого лазера $P_{л,k}$, мВт, с помощью ИДВ в соответствии с правилами хранения и применения ГЭТ 170-2011 и измерителя мощности в соответствии с РЭ на РЭСМ соответственно. Производят деление $P_{\kappa,k}$, мВт, на $P_{л,k}$, мВт, получая значения P_k , чтобы избавиться от влияния на результат измерений нестабильности уровня средней мощности перестраиваемого лазера и систематической погрешности измерителя мощности из состава РЭСМ во время сканирования.

Вычисляют длину волны линии поглощения по формуле:

$$\lambda_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^m P_k \cdot \lambda_{i,j,k}}{\sum_{k=1}^m P_k}, \quad (1)$$

где i – номер измерения;

j – номер линии поглощения газовой кюветы;

k – номер точки измерения линии поглощения;

m – количество точек измерений линии поглощения.

6.3.3.3 Проводят не менее трёх измерений длин волн каждой из указанных в РЭ на РЭДВ линий поглощения $\lambda_{i,j}$, нм, для каждой газовой кюветы из состава РЭДВ.

6.3.3.4 Для полученных результатов измерений длин волн линий поглощения газовых кювет из состава РЭДВ вычисляют средние арифметические значения длин волн, $\lambda_{ср,д,j}$, нм, по формуле:

$$\lambda_{ср,д,j} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{i,j}}{n}. \quad (2)$$

где n – количество измерений.

6.3.3.5 За значение длины волны j -той линии поглощения газовых кювет из состава РЭДВ принимают полученное среднее арифметическое значение результатов измерений $\lambda_{\text{сред},j}$, нм.

6.3.3.6 Вычисляют для каждой линии поглощения $\lambda_{\text{сред},j}$ среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического значения результатов измерений S , нм, по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (\lambda_{\text{сред},j} - \lambda_{i,j})^2} \quad (3)$$

6.3.3.7 Вычисляют для каждой линии поглощения границы относительной погрешности определения длины волны линии поглощения Δ , нм, (без указания знака, при доверительной вероятности $p=0,95$) по формуле:

$$\Delta = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta^2}{3} + S^2}}{\lambda_{\text{РЭ},j}}, \quad (4)$$

где $\lambda_{\text{РЭ},j}$ – значение длины волны j -ой линии поглощения кюветы, взятое из Руководства по эксплуатации на РЭДВ;

Θ – границы систематической погрешности измерений длины волны линии поглощения, определяемой по формуле:

$$\Theta = |\Theta_1| + |\Theta_2|, \quad (5)$$

где Θ_1 – систематическая погрешность воспроизведения единицы длины волны для ВОСП ГЭТ 170-2011, указанная в его паспорте, нм;

Θ_2 – разность между полученным в ходе измерений значением длины волны j -той линии поглощения $\lambda_{\text{сред},j}$ и $\lambda_{\text{РЭ},j}$, нм.

6.3.3.8 РЭДВ считается прошедшим операцию поверки, если полученные значения линий поглощения соответствуют диапазону от 1257 до 1340 для кюветы HF, от 1519 до 1554 для кюветы H^{12}CN , от 1562 до 1594 для кюветы ^{12}CO , от 1596 до 1629 для кюветы ^{13}CO , а значения границ относительной погрешности определения длины волны линии поглощения не превышают $\pm 5 \cdot 10^{-6}$.

6.3.4 Определение уровня средней мощности оптического излучения на выходе кювет

6.3.4.1 Определение уровня средней мощности оптического излучения на выходе кювет проводят путем последовательного подключения выходов кювет РЭДВ с помощью оптического кабеля FC/PC-FC/APC из состава РЭДВ к измерителю оптической мощности из состава РЭСМ с последующим измерением на нем уровня средней мощности.

6.3.4.2 Подключают к измерителю оптической мощности из состава РЭСМ выход кюветы HF. Проводят измерения уровня средней мощности излучения три раза согласно РЭ на РЭСМ. Фиксируют среднее из полученных трёх значений уровня средней мощности $P_{\text{ср}}$, мкВт.

6.3.2.3 Повторяют операции по 6.3.4.2 для кювет H^{12}CN , ^{12}CO , ^{13}CO .

6.3.4.2 РЭДВ считается прошедшим операцию поверки, если все полученные значения уровня средней мощности на выходе кювет $P_{\text{ср}}$, мкВт, составляют не менее 50 мкВт.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 По результатам поверки оформляется протокол поверки в соответствии с Приложением А.

7.2 При положительных результатах поверки на РЭДВ выдается свидетельство о поверке установленной формы и наносят знак поверки согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

7.3 При отрицательных результатах поверки РЭДВ признаются непригодными, не допускаются к применению. Выписывают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015.

Начальник сектора Ф-3 ФГУП «ВНИИОФИ»

А.К. Митюрёв

Младший научный сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ»

А.О. Погоньшев

ПРОТОКОЛ
первичной / периодической поверки
 от « _____ » _____ 20__ года

Средство измерений: Рабочий эталон единицы длины волны для волоконно-оптических систем передачи РЭДВ

наименование СИ, тип

Зав. № _____ **№/№** _____
 Заводские номера блоков

Принадлежащее _____
 Наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки МП 015.Ф3-20
 Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

С применением эталонов Государственный первичный специальный эталон единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации ГЭТ 170-2011;

Государственный рабочий эталон единицы средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи в диапазоне от 10^{-11} до 10^{-2} Вт на длинах волн от 500 до 1700 нм

(наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность)

При следующих значениях влияющих факторов:

(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %
- атмосферное давление, кПа
- напряжение питания сети, В
- частота сети, Гц

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Характеристика	Результат	Требования методики поверки

Рекомендации _____
 Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Исполнители: _____
 _____ подписи, ФИО, должность