

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО МЕТРОЛОГИИ

**Р 50.2.069—  
2009**

---

Государственная система обеспечения  
единства измерений

**СПЕКТРОАНАЛИЗАТОРЫ ОПТИЧЕСКИЕ  
В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ  
ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

**Методика поверки**

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2011

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

### Сведения о рекомендациях

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП ВНИИОФИ)

2 ВНЕСЕНЫ Управлением метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1117-ст

4 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящим рекомендациям публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящих рекомендаций соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет*

© Стандартиформ, 2011

Настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . .	1
2 Нормативные ссылки . . . . .	1
3 Операции поверки . . . . .	1
4 Средства поверки . . . . .	2
5 Требования безопасности и требования к квалификации поверителей . . . . .	2
6 Условия поверки . . . . .	3
7 Подготовка к поверке . . . . .	3
8 Проведение поверки и обработка результатов измерений . . . . .	3
9 Оформление результатов поверки . . . . .	6
Библиография . . . . .	7

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТРОЛОГИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

СПЕКТРОАНАЛИЗАТОРЫ ОПТИЧЕСКИЕ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ  
ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

## Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements.  
Optical spectrum analyzers in fibre optical information transmission systems. Verification procedure

Дата введения — 2011—01—01

### 1 Область применения

Настоящие рекомендации распространяются на оптические спектроанализаторы в волоконно-оптических системах передачи информации (далее — анализаторы спектра), предназначенные для измерения длины волны и проведения анализа оптического спектра, и устанавливают методику их первичной и периодической поверок.

Межповерочный интервал — не более одного года.

### 2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.585—2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны для волоконно-оптических систем связи и передачи информации

ГОСТ 12.1.040—83 Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения

**Примечание** — При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Операции поверки

При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер подраздела, пункта настоящих рекомендаций	Обязательность проведения операции	
		при первичной поверке	при периодической поверке
Внешний осмотр и проверка комплектности	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да

Окончание таблицы 1

Наименование операции	Номер подраздела, пункта настоящих рекомендаций	Обязательность проведения операции	
		при первичной поверке	при периодической поверке
Определение метрологических характеристик	8.3		
Определение диапазона измерения длин волн и основной абсолютной погрешности измерения длин волн	8.3.1	Да	Да
Определение динамического диапазона и основной абсолютной погрешности измерения средней мощности излучения	8.3.2	Да	Да
Определение разрешения по шкале длин волн	8.3.3	Да	Нет

## 4 Средства поверки

4.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Номер пункта настоящих рекомендаций	Наименование и тип средства поверки	Основные технические и метрологические характеристики
8.3.1, 8.3.3	Рабочий эталон единицы длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации (РЭ ДВ)	<p>Длины волн лазерных источников излучений, нм: 1310 ± 10; 1550 ± 10; 1625 ± 10. Ширина спектра по уровню 0,5 (для 1550 нм) не более 1 пм. Средняя мощность оптического излучения не менее 1 мВт.</p> <p>Характеристики источника излучения на основе суперлюминесцентного диода и газонаполненной кюветы с ацетиленом (входят в состав рабочего эталона):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средняя мощность оптического излучения не менее 50 мкВт;</li> <li>- рабочий спектральный диапазон линий поглощения 1510—1540 нм.</li> </ul> <p>Относительная погрешность определения длин волн не более <math>5 \cdot 10^{-6}</math> отн.ед.</p>
8.3.2	Рабочий эталон единицы средней мощности для волоконно-оптических систем связи и передачи информации (РЭСМ-В)	<p>Диапазон измеряемых значений средней мощности оптического излучения <math>10^{-10}</math> — <math>10^{-2}</math> Вт. Диапазоны длин волн измеряемого излучения, нм: 800—900; 1250—1350; 1500—1700. Предел допускаемого значения основной относительной погрешности измерения 2,5 % — 5 %</p>

4.2 Допускается применение других средств поверки, по техническим и метрологическим характеристикам не уступающих указанным в 4.1.

## 5 Требования безопасности и требования к квалификации поверителей

5.1 При проведении поверки соблюдают требования, установленные правилами [1], [2], [3]. При работе с лазерами соблюдают требования ГОСТ 12.1.040 и правил [4].

Средства поверки, подключенные к электрической сети питания, заземляют.

5.2 К проведению поверки допускают лиц не моложе 18 лет, аттестованных в качестве поверителей согласно правилам [5], прошедших инструктаж по охране труда, обучение и аттестацию относительно работы с лазерами и аттестацию на право работы с электроустановками напряжением до 1000 В, имеющих квалификационную группу по электробезопасности не ниже 3-й и изучивших настоящие рекомендации и эксплуатационную документацию на анализаторы спектра и средства их поверки.

## 6 Условия поверки

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающей среды . . . . .  $(20 \pm 5)$  °С;
- относительная влажность воздуха . . . . .  $(65 \pm 15)$  %;
- атмосферное давление . . . . .  $(100 \pm 4)$  кПа;
- напряжение и частота питающей сети . . . . .  $(220 \pm 22)$  В;  $(50 \pm 0,5)$  Гц.

## 7 Подготовка к поверке

7.1 Перед проведением поверки протирают волоконно-оптический разъем и другие оптические детали анализатора спектра и средства поверки безворсовой хлопчатобумажной салфеткой, смоченной изопропанолом, а оптические разъемы продувают потоком сжатого воздуха.

7.2 Подготавливают к работе поверяемый анализатор спектра и средства поверки согласно разделу «Подготовка к работе» их руководств по эксплуатации.

## 8 Проведение поверки и обработка результатов измерений

### 8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Устанавливают комплектность поверяемого анализатора спектра в соответствии с разделом «Комплектация» его руководства по эксплуатации.

8.1.2 При внешнем осмотре анализатора спектра проверяют:

- отсутствие видимых механических повреждений;
- исправность оптических разъемов;
- исправность органов управления.

### 8.2 Опробование

8.2.1 Включают анализатор спектра и проверяют наличие изображения экранного меню на дисплее анализатора в соответствии с руководством по эксплуатации.

### 8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 **Определение диапазона измерения длин волн и основной абсолютной погрешности измерения длин волн**

8.3.1.1 Определение диапазона измерения длин волн и основной абсолютной погрешности измерения длин волн проводят методом прямых измерений, используя набор полупроводниковых лазеров и блок суперлюминесцентного диода с газонаполненной кюветой (далее — блок СЛД), входящие в состав РЭ ДВ.

**П р и м е ч а н и е** — Допускается применение модификации РЭ ДВ с набором газонаполненных кювет, обеспечивающих перекрытие рабочего спектрального диапазона.

Соединяют оптическим кабелем выходной разъем блока СЛД и вход поверяемого анализатора спектра. Переводят переключатель на лицевой панели блока СЛД в положение «СЛД» и устанавливают диапазон сканирования поверяемого анализатора спектра 1510 — 1540 нм.

8.3.1.2 Нормируют шкалы анализатора спектра по максимуму сигнала и проводят серию  $i$  измерений, где  $i \geq 10$  значений длин волн линий поглощения ацетилена  $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$ , наполняющего кювету, с помощью поверяемого анализатора спектра. Приведенные данные для  $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$  таблицы 3 соответствуют типовым значениям пиков поглощения ацетилена. Конкретные значения длин волн пиков поглощения ацетилена приводят в руководстве по эксплуатации РЭ ДВ. Результаты измерений вносят в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3

Значение длины волны линий поглощения ацетилена $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$	Показание анализатора спектра			Значение длины волны линий поглощения ацетилена $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$	Показание анализатора спектра		
	$i = 1$	$i \dots$	$i = 10$		$i = 1$	$i \dots$	$i = 10$
1512,453				1523,086			
1515,593				1528,014			
1517,315				1535,393			
1520,086				1539,430			

Для  $n$  измеренных значений длин волн определяют среднее значение  $\lambda_{\text{ср}}$ :

$$\lambda_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{n}, \quad (1)$$

где  $\lambda_i$  —  $i$ -е значение длины волны.

8.3.1.3 Определение параметров по 8.3.1 для длин волн на краях и в середине спектрального диапазона проводят с помощью трех лазеров, работающих на длинах волн вблизи 1310, 1550 и 1625 нм.

Соединяют оптическим кабелем выходной разъем канала одного из лазеров и вход поверяемого анализатора спектра.

8.3.1.4 Переводят переключатель на лицевой панели РЭ ДВ в положение «Лазеры». Проводят измерения значений длин волн по лазерным линиям излучения. Результаты измерений вносят в таблицу 4. Приведенные в таблице 4 значения длины волны лазера соответствуют типовым значениям длин волн источников. Конкретные значения приведены в руководстве по эксплуатации РЭ ДВ.

Т а б л и ц а 4

Значение длины волны лазера, нм	Показание анализатора спектра	Значение длины волны лазера, нм	Показание анализатора спектра
1310		1625	
1550			

Измерения проводят  $n \geq 10$  раз для каждого значения длины волны излучения полупроводниковых лазеров, определяют средние значения по формуле (1).

П р и м е ч а н и е — При наличии нижней границы спектрального диапазона анализатора спектра на более коротких длинах волн (до 0,6 мкм) допускается применение дополнительного отдельного He-Ne лазера.

8.3.1.5 Для полученных по 8.3.1.2 и 8.3.1.4 результатов измерений определяют среднее квадратичное отклонение (СКО) результата измерений  $S$  по формуле

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\lambda_i - \lambda_{\text{ср}})^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

где  $\lambda_i$  — длина волны, регистрируемая на поверяемом анализаторе спектра для  $i$ -го измерения.

Абсолютную погрешность  $\Delta$  при измерении длины волны вычисляют по формуле

$$\Delta = 2\sqrt{\frac{(|\lambda_{\text{ср}} - \lambda_{\text{ист}}|^2 + \Delta_{\text{эт}}^2)}{3}} + S^2, \quad (3)$$

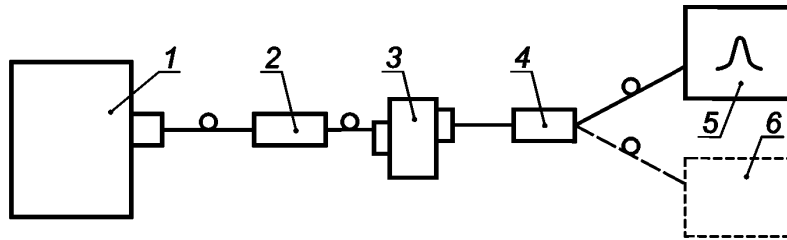
где  $\lambda_{\text{ист}}$  — значение длины волны, воспроизводимое РЭ ДВ,  $\Delta_{\text{эт}}$  — абсолютное значение погрешности РЭ ДВ соответственно (значения из руководства по эксплуатации РЭ ДВ).

8.3.1.6 Результаты поверки считают положительными, если анализатор спектра позволяет выполнять измерения крайних значений длин волн, а максимальное значение абсолютной погрешности измерения длин волн (как для значений пиков поглощения ацетилена, так и для лазерных излучателей) не превышает допустимых пределов, указанных в руководстве по эксплуатации анализатора спектра.

### 8.3.2 Определение динамического диапазона и основной абсолютной погрешности измерения средней мощности излучения

8.3.2.1 Определение динамического диапазона проводят на длинах волн 1310 и 1550 нм, излучаемых одночастотными полупроводниковыми лазерами РЭ ДВ.

Собирают схему, приведенную на рисунке 1.



1 — полупроводниковый лазер (длина волны излучения 1310 или 1550 нм); 2 — оптический кабель; 3 — аттенюатор; 4 — оптический разветвитель; 5 — поверяемый оптический анализатор спектра; 6 — РЭСМ-В

Рисунок 1 — Блок-схема установки для определения динамического диапазона и погрешности измерения средней мощности излучения

Регулируя ослабление посредством аттенюатора 3 с шагом 3 — 5 дБ так, чтобы измеряемое значение средней мощности излучения полупроводникового лазера 1 (в максимуме распределения интенсивности) лежало в диапазоне от максимального до минимального значения, измеряемого анализатором спектра, проводят измерение длины волны с помощью поверяемого анализатора спектра в соответствии с 8.3.1.3 — 8.3.1.5. Значение ослабления одновременно регистрируется РЭСМ-В. За динамический диапазон принимают полученное максимальное значение изменения мощности, при котором полученное отклонение значения длины волны от значения длины волны, воспроизводимого на РЭСМ-В, не превышает значения погрешности измерения длины волны, указанного в руководстве по эксплуатации анализатора спектра.

8.3.2.2 Для определения основной абсолютной погрешности измерения средней мощности излучения проводят измерение средней мощности для излучателей с длинами волн 1310 и 1550 нм при уровне мощности, указанном в спецификации руководства по эксплуатации анализатора спектра. Одновременно измерение мощности проводят с помощью ваттметра из состава РЭСМ-В. Определяют среднее значение мощности  $\bar{P}$  по показаниям поверяемого анализатора спектра и РЭСМ-В по формулам

$$\bar{P}_{AC} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{AC,i}}{n}; \quad \bar{P}_{PЭ} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{PЭ,i}}{n}, \quad (4)$$

где  $P_{AC,i}$  — значение мощности, полученное в результате  $i$ -го измерения с помощью поверяемого анализатора спектра;

$P_{PЭ,i}$  — значение мощности, полученное в результате  $i$ -го измерения с помощью РЭСМ-В.

Рассчитывают среднее квадратичное отклонение результата измерений  $S$  по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{AC,i} - \bar{P}_{AC})^2}{n(n-1)}}, \quad (5)$$

где  $\bar{P}_{AC}$  — среднее значение мощности, измеренное с помощью поверяемого анализатора спектра.

Определяют основную абсолютную погрешность  $\Delta$  при измерении мощности излучения при доверительной вероятности  $P = 0,95$  по формуле

$$\Delta = 2 \sqrt{\frac{1}{3}(\Theta^2 + \Delta_{PЭ}^2) + S^2}, \quad (6)$$

где  $\Delta_{PЭ}$  — погрешность РЭСМ-В (по ГОСТ 8.585);

$\Theta$  — неисключенная систематическая погрешность, определяемая по формуле

$$\Theta = \left( \bar{P}_{AC} - \frac{\bar{P}_{PЭ}}{K} \right), \quad (7)$$



где  $\bar{P}_{РЭ}$  — среднее значение мощности, измеренное с помощью РЭСМ-В;

$\bar{K}$  — коэффициент деления ответвителем мощности излучения, среднее значение по результатам  $n$  измерений

$$\bar{K} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}; \quad (8)$$

$$K_i = \frac{P_{РЭi}}{P_{АСi}}, \quad (9)$$

где  $K_i$  —  $i$ -е значение коэффициента деления.

8.3.2.3 Результаты поверки считают положительными, если полученные значения динамического диапазона и погрешности измерения мощности соответствуют значениям, указанным в руководстве по эксплуатации.

### 8.3.3 Определение разрешения по шкале длин волн

8.3.3.1 Включают переключатель на лицевой панели РЭ ДВ в положение «Лазеры».

8.3.3.2 Соединяют оптическим кабелем FC/PC-FC/APC выходной разъем FC/PC канала лазера с длиной волны 1550 нм и вход поверяемого анализатора спектра.

8.3.3.3 Устанавливают на поверяемом приборе максимальное разрешение.

8.3.3.4 Измеряют ширину линии по уровню 0,5 (или –3 дБ). Измеренная ширина и есть искомое разрешение.

8.3.3.5 Результаты поверки считают положительными, если измеренная ширина линии соответствует значениям, указанным в спецификации руководства по эксплуатации поверяемого анализатора спектра.

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с правилами [6] и (или) наносят на анализатор спектра оттиск поверительного клейма в соответствии с правилами [7].

9.2 При отрицательных результатах поверки анализатор спектра к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют, оттиск поверительного клейма гасят и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с правилами [6].

**Библиография**

- [1] ПЭУ Правила устройства электроустановок. Утверждены Приказом Минэнерго РФ от 08.07.2002 г. № 204
- [2] Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждены Приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6
- [3] ПОТ РМ-016—2001,  
РД 153-34.0-03.150—2000 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок
- [4] СанПиН 5804—91 Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров
- [5] Правила по метрологии  
ПР 50.2.012—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок аттестации поверителей средств измерений
- [6] Правила по метрологии  
ПР 50.2.006—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений
- [7] Правила по метрологии  
ПР 50.2.007—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Поверительные клейма

Ключевые слова: анализатор спектра, волоконно-оптические системы передачи информации, ослабление и длина волны

**Р е к о м е н д а ц и и   п о   м е т р о л о г и и**

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**СПЕКТРОАНАЛИЗАТОРЫ ОПТИЧЕСКИЕ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ  
ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

**Методика поверки**

**Р 50.2.069—2009**

Редактор *Л.В. Афанасенко*  
Технический редактор *В.Н. Прусакова*  
Корректор *М.С. Кабашова*  
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 22.04.2011. Подписано в печать 06.05.2011. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 0,90. Тираж 119 экз. Зак. 339. Изд. № 4001/4.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

[www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru)    [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)

Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.

Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.