

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОПТИКО-  
ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ГОССТАНДАРТА РОССИИ (ВНИИОФИ)**

**РЕКОМЕНДАЦИИ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ  
ИЗМЕРИТЕЛИ ОПТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ, ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ И ОПТИЧЕСКИЕ ТЕСТЕРЫ МАЛОГАБАРИТНЫЕ  
В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ.**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ.**

**МИ 2505-98**

Москва  
1998 г.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

- 1. РАЗРАБОТАНА** Всероссийским научно-исследовательским институтом оптико-физических измерений Госстандарта России
- ИСПОЛНИТЕЛИ** С. В. Тихомиров, д-р техн. наук (руководитель темы); В. П. Кузнецов, канд. техн. наук; А. И. Глазов; О. Г. Тимашкевич
- 2. УТВЕРЖДЕНА** **ВНИИОФИ 05.11.98**
- 3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНА** **ВНИИМС 07.12.98**

### РЕКОМЕНДАЦИЯ

**МИ 2505-98**

Государственная система обеспечения единства измерений.

Измерители оптической мощности, источники оптического излучения и оптические тестеры малогабаритные в волоконно-оптических системах передачи. Методика поверки.

Дата введения 01.02.99

### СОДЕРЖАНИЕ

- 1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ**
  - 2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ**
  - 3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**
  - 4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**
  - 5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**
  - 6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**
    - 6.1. Внешний осмотр
    - 6.2. Опробование
    - 6.3. Сличение ваттметра с ОСИ СМ 2-го разряда
    - 6.4. Определение спектральной характеристики ваттметра
    - 6.5. Определение мощности на выходе источников
    - 6.6. Определение длины волны излучения источника
    - 6.7. Определение стабильности источников
    - 6.8. Определение временных характеристик источников
    - 6.9. Определение основной погрешности
  - 7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**
- ПРИЛОЖЕНИЕ 1
- О логарифмических единицах при измерении средней мощности в ВОСП**
- ПРИЛОЖЕНИЕ 2
- Пересчет децибел в отношении мощности (децибелы отрицательные)**

Настоящая рекомендация предусматривает объем и последовательность проведения операций первичной и периодической поверки для рабочих средств измерений средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) – малогабаритных измерителей оптической мощности (далее – ваттметр), источников оптического излучения (далее - источник) и оптических тестеров (далее – тестер). Под тестером понимается прибор или комплект приборов, состоящий из ваттметра и источника (или комплекта источников). Тестер является наиболее простым и универсальным прибором для измерения средней мощности и затухания в ВОСП.

В части ваттметров и тестеров данная рекомендация поверки составлена взамен методических указаний МИ 1818-87 "ГСИ. Средства измерений средней мощности лазерного излучения от  $10^{-10}$  до  $10^{-2}$  Вт для ВОСП. Методика поверки".

## 1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	№ пункта методики	Проведение операций при:	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6.1	да	да
Опробование	6.2	да	да
Сличение ваттметра с ОСИ СМ 2-разряда*)	6.3	да	да
Проверка спектральной характеристики ваттметра	6.4	да	да
Определение мощности на выходе источников	6.5	да	да
Определение длины волны излучения источников	6.6	да	да
Определение стабильности источников	6.7	да	да
Определение временных характеристик источников	6.8	да	да
Определение основной погрешности	6.9	да	да

Примечание.

Здесь и далее рабочий эталон средней мощности 2-го разряда будет именоваться в соответствии с поверочной схемой ГОСТ 8.275-91 образцовым средством измерений средней мощности 2-го разряда (ОСИ СМ)

## 2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки применяют средства, указанные в табл. 2.

Таблица 2

№ пункта методики	Наименование и тип средств поверки	Основные технические характеристики
6.3	Образцовое средство измерений средней мощности оптического излучения 2-го разряда	Диапазон измеряемой мощности, Вт ..... $10^{-9}$ ... $10^{-2}$
6.5		Основная погрешность, % ..... 5
6.7		Спектральные диапазоны, мкм ..... 0,8 ... 0,9 1,2 ... 1,6

6.4	Установка для измерений относительных спектральных характеристик приемников и источников оптического излучения	Диапазон длин волн, мкм .....	0,6 ... 1,6
6.6		Погрешность измерений относительной, спектральной характеристики, % не более .....	3
		Погрешность измерений длины волны не более, нм .....	2
6.8	Фотоприемное устройство	Спектральные диапазоны, мкм .....	0,8 ... 0,9 1,2 ... 1,6
		Время нарастания переходной характеристики, мкс не более.....	1
6.8	Осциллограф	Полоса пропускания, МГц .....	0 ... 1
6.8	Частотомер	Диапазон измеряемых частот, Гц .....	10 ... 10 <sup>6</sup>

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

3.1. К проведению поверки допускают лиц, имеющих квалификационную группу не ниже 3 в соответствии с ПТЭ и ПТБ, и изучивших настоящую рекомендацию и эксплуатационную документацию на тестеры и средства их поверки.

3.2. При проведении поверки соблюдают требования "Санитарных норм правил устройства и эксплуатации лазеров", ГОСТ 24469-80, ГОСТ 12.1.031-81.

3.3. Перед проведением поверки все приборы должны быть заземлены.

### **4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

4.1. При проведении поверки соблюдают следующие условия:

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

### **5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

5.1. Оптические детали приборов, используемых при поверке, очищают от пыли и протирают тампоном, смоченным в спирте

5.2. Подготавливают к работе поверяемый прибор и средства его поверки в соответствии с разделом "Подготовка к использованию" руководства по эксплуатации

### **6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

6.1. Внешний осмотр

6.1.1. Комплектность поверяемого прибора должна соответствовать разделу "Комплект поставки" его руководства по эксплуатации

6.1.2. При внешнем осмотре убеждаются

- ◆ в отсутствии видимых механических повреждений;
- ◆ в исправности кабелей и разъемов;
- ◆ в исправности органов управления

6.2. Опробование

6.2.1. Подготавливают ваттметр (источник) к работе согласно разделу "Подготовка к работе" руководства по эксплуатации

6.2.2. Проверяют правильность работы органов управления и переключения

режимов ваттметра (источника) в соответствии с руководством по эксплуатации. При необходимости подают на вход ваттметра излучение от источника.

6.3. Сличение ваттметра с ОСИ СМ 2-го разряда 6.3.1. Собирают установку, приведенную на рис 1

**Блок-схема установки для сличения ваттметра с ОСИ СМ 2-го разряда.**

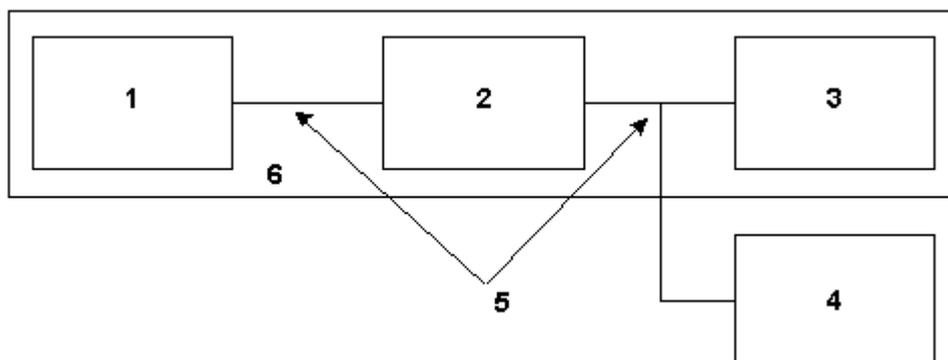


Рис 1.

1. Источник излучения стабилизированный на 0,85; 1,3; 1,55 мкм.
2. Атенюатор оптический.
3. Образцовый ваттметр.
4. Ваттметр.
5. Волоконно-оптический кабель.
6. ОСИ СМ 2-го разряда.

6.3.2. Подготавливают к работе приборы согласно их руководствам по эксплуатации, устанавливают на ваттметре длину волны измеряемого излучения, возможно близкую к длине волны источника ОСИ СМ 2-го разряда.

6.3.3. Выход оптического аттенюатора 2 подключают к входу образцового ваттметра 3 и регулировкой аттенюатора устанавливают на его выходе мощность, равную максимально измеряемой ваттметром

6.3.4. Проводят N (N = 3) измерений мощности последовательно образцовым ваттметром 3 и ваттметром 4.

6.3.5. Повторяют операции по пп. 6.3.3 ... 6.3.4, последовательно уменьшая мощность (с шагом 3 ... 5 дБ), дойдя до минимально измеряемой ваттметром мощности.

6.3.6. Определяют разницу в показаниях образцового 3 и поверяемого 4 ваттметров по формуле

$$\theta_j = (1/N) \times \sum_{j=1}^N \theta_{ij}; \quad (1)$$

где

$$\theta_{ij} = P_{oij} - P_{ij}; \quad (2)$$

$P_{oij}$ ;  $P_{ij}$  – показания образцового 3 и поверяемого 4 ваттметров при i-ом измерении в точке j в дБм.

Если  $P_{oij}$ ;  $P_{ij}$  выражены в Вт, то:

$$\theta_{ij} = (P_{oij} - P_{ij})/P_{oij} \times 100\%. \quad (3)$$

6.3.7. Повторяют операции по пп 6.3.3 ... 6.3.6 на всех длинах волн калибровки

ваттметра, которые есть в составе ОСИ СМ 2-го разряда.

#### 6.4. Определение спектральной характеристики ваттметра.

6.4.1. Проводят измерение относительной спектральной характеристики ваттметра на установке для измерений относительных спектральных характеристик приемников и источников в диапазонах длин волн 800 ... 900 нм, 1200 ...1400 нм, 1400 ... 1660 нм согласно методике работы на этой установке, если в технической документации на ваттметр не указан другой рабочий спектральный диапазон.

6.4.2. Если в поверяемом ваттметре предусмотрена предварительная установка длин волн измеряемого излучения, то при измерении спектральной характеристики на ваттметре устанавливаются те же значения длин волн, что и на счетчике монохроматора. Неравномерность спектральной характеристики определяют в каждом спектральном диапазоне по формуле

$$\Delta S_n = [(S_{\max} - S_{\min}) / S_k] \times 100\% ; \quad (4)$$

где

$S_{\max}$ ;  $S_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное значение относительной спектральной характеристики в каждом спектральном диапазоне, а  $n$  обозначает соответствующие диапазоны 0,85, 1,3, 1,55 мкм;

$S_k$  – значение относительной спектральной характеристики на длине волны калибровки.

#### 6.5. Определение мощности на выходе источников.

6.5.1. Собирают установку, блок-схема которой приведена на рис. 2.

#### **Блок-схема установки для измерения мощности оптического излучения.**

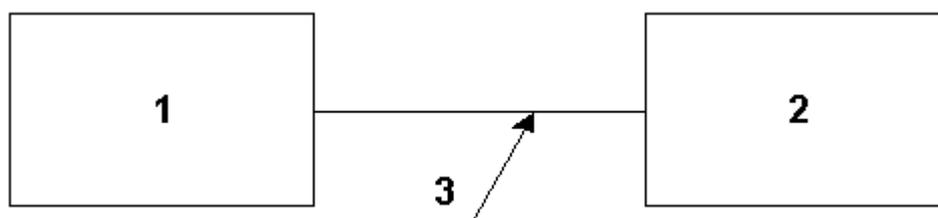


Рис 2.

1. Источник.

2. Образцовый ваттметр ОСИ СМ 2-го разряда.

3. Волоконно-оптический кабель.

6.5.2. Подготавливают источник и ОСИ СМ 2-го разряда к работе согласно руководствам по эксплуатации.

6.5.3. Подают оптическое излучение от источника с помощью волоконного кабеля на оптический вход ОСИ СМ 2-ого разряда и измеряют оптическую мощность на выходе волоконного кабеля, регистрируя значение  $P_1$ .

6.5.4. Повторяют операцию по п. 6.5.3 еще девять раз, каждый раз, предварительно вынув и вставив оптический разъем.

6.5.5. Определяют значение мощности на выходе оптического кабеля по формуле

$$P_{\text{из}} = (1/10) \times \sum_{i=1}^{10} P_i ; \quad (5)$$

где

$i$  – номер измерения.

#### 6.6. Определение длины волны излучения источника

6.6.1. Проводят измерение длины волны и ширины спектра излучения по уровню 0,5 источника на установке для измерения относительных спектральных характеристик приемников и источников согласно методике работы на этой установке.

6.7. Определение стабильности источников.

6.7.1. Собирают установку, приведенную на рис. 3.

**Блок-схема установки для проверки стабильности источников.**

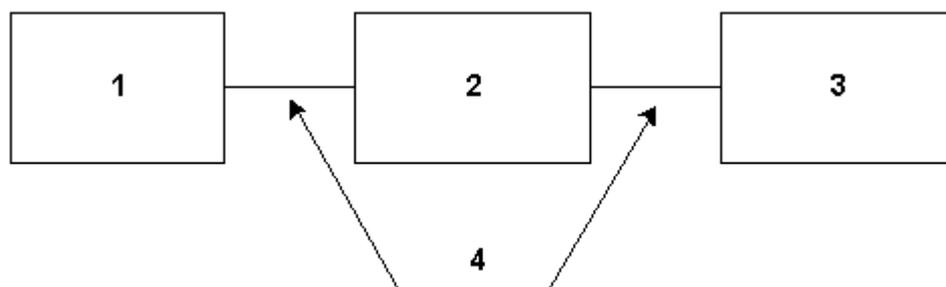


Рис. 3.

1. Источник.
2. Оптический аттенюатор.
3. Образцовый ваттметр ОСИ СМ 2-го разряда.
4. Волоконно-оптический кабель.

6.7.2. Подают мощность от источника 1 на образцовый ваттметр ОСИ СМ 2-го разряда через оптический аттенюатор и с его помощью устанавливают фиксированную мощность излучения в диапазоне 0,01 ... 1 мВт (-20 ... 0 дБм).

6.7.3. Снимают показания образцового ваттметра 3 в течение времени, за которое нормируется нестабильность источника в его технической документации, но не менее, чем за 15 минут с интервалом в 1 минуту и определяют нестабильность источника по формуле

$$S = 2 (P_{\max} - P_{\min}) / (P_{\max} + P_{\min}) \times 100\% ; \quad (6)$$

где

$P_{\max}$ ;  $P_{\min}$  – соответственно, максимальное и минимальное значение мощности, зафиксированные за время измерений.

При измерении нестабильности более чем за 1 час допускается увеличивать время между двумя измерениями до 10 минут.

6. 8. Определение временных характеристик источников.

6.8.1. Проверка временных характеристик проводят для источников, работающих не только в непрерывном, но и в импульсном режиме. Как правило, источники тестеров имеют частоту модуляции 270 Гц и одно или несколько фиксированных значений частоты в диапазоне 1 ... 100 кГц.

По данному разделу рекомендации проверяют отсутствие выброса более 10% на переднем фронте оптического импульса, а так же его временные характеристики, нормируемые в технической документации на источник из следующего перечня

- ◆ - частота повторения импульса;
- ◆ - скважность;
- ◆ - длительность фронта;
- ◆ - неравномерность плоской вершины.

6.8.2. Собирают установку, блок-схема которой приведена на рис. 4.

### Блок-схема установки для измерения временных характеристик источников.

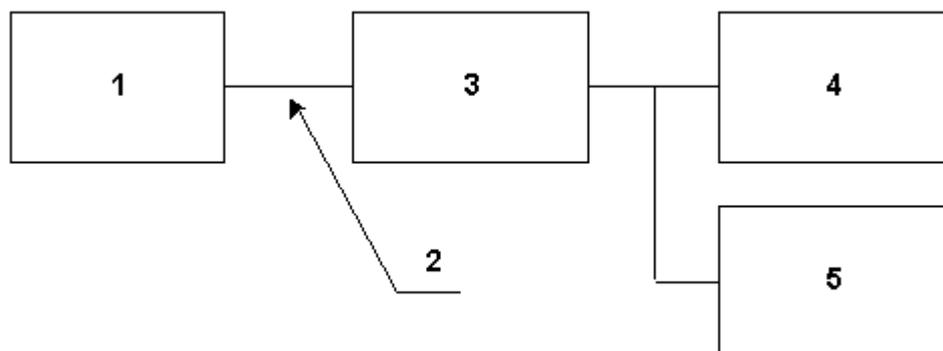


Рис. 4.

1. Источник.
2. Волоконно-оптический кабель.
3. Фотоприемное устройство.
4. Осциллограф.
5. Частотомер.

6.8.3. Подают излучение на вход фотоприемного устройства 3 и по картинке на экране осциллографа 4 определяют требуемые в технической документации временные характеристики импульсного излучения (из перечня п. 6.8.1), а так же отсутствие выброса на переднем фронте оптического импульса.

6.8.4. Если осциллограф не обеспечивает требуемой в технической документации на проверяемый источник точности определения частоты следования импульсов, то подключают к выходу фотоприемного устройства 3 частотомер 5.

#### 6.9. Определение основной погрешности.

6.9.1. Источник считают прошедшим поверку, если:

- ◆ длины волн излучения;
- ◆ мощность;
- ◆ стабильность;
- ◆ временные характеристики

соответствуют требованиям его технической документации.

6.9.2. Ваттметр считают прошедшим поверку, если его погрешность удовлетворяет требованиям его технической документации.

6.9.3. Для ваттметров и тестеров нормируется основная погрешность на длинах волн калибровки, а так же может нормироваться погрешность измерений относительных уровней мощности и основная погрешность в рабочем спектральном диапазоне. Допускается нормировать погрешность в спектральном диапазоне как дополнительную погрешность от неравномерности чувствительности в рабочем спектральном диапазоне.

6.9.4. Если основная погрешность на длине волны, калибровки  $\Delta_k$  и погрешность измерений относительных уровней мощности  $\Delta_{отн}$ , записанная в технической документации на проверяемый ваттметр, не более чем в три раза больше соответствующих погрешностей ОСИ СМ 2-го разряда (т.е.  $\Delta_k$  равна 12 ... 15% или 0,6 ... 0,7 дБ, а  $\Delta_{отн}$  – 4 ... 7% или 0,2 ... 0,3 дБ), то ваттметр считают прошедшим поверку, если на всех рабочих длинах волн калибровки выполняется условие

$$\Delta_k \geq \max |\theta_j|; \quad (7)$$

где

$\theta_j$  – разница в показаниях образцового и поверяемого ваттметра, полученная по п. 6.3.6 на всех длинах волн калибровки;

$$\Delta_{отн} \geq \max (|\theta_{ср.}| - |\theta_j|); \quad (8)$$

где

$$\theta_{ср.} = (1/M) \sum_{j=1}^M \theta_j; \quad (9)$$

M – количество точек динамического диапазона поверяемого ваттметра, в котором проводилось сличение на данной длине волны калибровки.

6.9.5. Фактическое значение основной погрешности на длине волны калибровки по результатам поверки вычисляют по формуле

$$\Delta_k = 2\sqrt{(\theta_1^2 + \theta_o^2)/3 + S_1^2}; \quad (10)$$

где

$$\theta_1 = \max |\theta_j|; \quad (11)$$

( $\theta_j$  выражено в %)

$\theta_o$  – основная погрешность ОСИ СМ 2-го разряда на длине волны калибровки, %;

$$S_1 = \max \sqrt{\sum_{j=1}^N (\theta_{ij} - \theta_j)^2 / [N(N-1)]}; \quad (12)$$

6.9.6. Фактическое значение погрешности измерения относительных уровней мощности по результатам поверки определяют по формуле

$$\Delta_{отн} = 2\sqrt{(\theta_2^2 + \theta_{оо}^2)/3 + S_1^2}; \quad (13)$$

$\theta_{оо}$  – погрешность измерений относительных уровней мощности ОСИ СМ 2-го разряда, выраженная в %;

$$\theta_2 = \max (|\theta_{ср.}| - |\theta_j|). \quad (14)$$

6.9.7. Фактическое значение основной погрешности в рабочем спектральном диапазоне определяют по формуле:

- ♦ - если в ваттметре не предусмотрена предварительная установка длины волны излучения

$$\Delta_\lambda = 2\sqrt{(\theta_1^2 + \theta_o^2 + \theta_\lambda^2)/3 + S_1^2}; \quad (15)$$

где

$\theta_\lambda$  – основная погрешность установки для измерения спектральных характеристик;

- ♦ - если в ваттметре предусмотрена предварительная установка длины волны излучения

$$\Delta_\lambda = 2\sqrt{(\theta_1^2 + \theta_o^2 + \theta_\lambda^2 + \Delta S_n^2)/3 + S_1^2}; \quad (16)$$

где

$\Delta S_n$  – неравномерность спектральных характеристик в данном диапазоне (если их несколько), полученная по п. 6.4.2.

Если погрешность в спектральном диапазоне нормируется как дополнительная погрешность от неравномерности чувствительности в рабочем спектральном диапазоне, то её определяют по формуле

$$\Delta_{\lambda, \text{доп.}} = 2\sqrt{(\theta_{\lambda}^2 + \Delta S_n^2)/3}. \quad (17)$$

6.9.8. Расчет погрешности по п. 6.9.1 ... 6.9.7 проводят на каждой рабочей длине волны (или в каждом спектральном диапазоне) отдельно.

6.9.9. Если полученные значения погрешности измерений относительных уровней мощности удовлетворяют требованиям документации наверяемый прибор, а основная погрешность на длине волны калибровки превышает требуемые значения и нет технической возможности перекалибровать поверяемый ваттметр (т.е. исключить систематическую составляющую погрешности), то допускается нормировать погрешности с учетом поправки  $A_k$ , если мощность измеряют в дБм или поправочного коэффициента  $K_k$ , если мощность измеряется в Вт. В этом случае измеренное значение мощности определяют по формуле

$$P = A_k + B; \quad (18)$$

где

$B$  - показания ваттметра в дБм

или

$$P = K_k \times B; \quad (19)$$

где  $B$  - показания ваттметра в Вт.

6.9.10. Поправку и поправочный коэффициент на длинах волн калибровки определяют по формулам

$$A_k = \theta_{\text{ср.}}$$

где

$\theta_{\text{ср.}}$  – определяют по формуле (9) для  $\theta_j$ , выраженных в дБм;

$$K_k = 1/(\theta_{\text{ср.}} - 1); \quad (21)$$

$\theta_{\text{ср.}}$  – определяется по формуле (9) и выражено в %.

6.9.11. Для ваттметров, у которых не предусмотрена предварительная установка длины волны излучения, вводится спектральная поправка  $A_{\lambda}$  или спектральный поправочный коэффициент  $K_{\lambda}$ . Измеренную ваттметром мощность излучения с длиной волны  $\lambda$ , отличной от длины волны калибровки, определяют по формулам

$$P = A_{\lambda} + B; \quad (22)$$

$$P = K_{\lambda} \times B; \quad (23)$$

6.9.12. Спектральную поправку определяют по формуле

$$A_{\lambda} = A_{K+} (S_{\lambda} - S_K); \quad (24)$$

где

$S_{\lambda}$ ;  $S_K$  – значения относительных спектральных характеристик на длине волны  $\lambda$  и длине волны калибровки, выраженные в дБ.

6.9.13. Спектральный поправочный коэффициент определяют по формуле

$$K_{\lambda} = K_K \times S_K / S_{\lambda}; \quad (25)$$

где

$S_{\lambda}$ ;  $S_K$  – выражены в %.

## **7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

7.1. Результаты измерений при поверке заносят в протокол по форме, установленной метрологической службой, осуществляющей поверку.

7.2. При положительных результатах поверки выдают свидетельство по форме, установленной ПР50.2.006. При отрицательных результатах поверки свидетельство аннулируют, ваттметры (тестеры) к эксплуатации не допускают и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с ПР50.2.006.

**О ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ ЕДИНИЦАХ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СРЕДНЕЙ  
МОЩНОСТИ В ВОСП.**

Использование логарифмических единиц в технике связи регламентируется ГОСТ 24204-80 (СТ СЭВ 1349-78) "Единица децибел для измерений уровней, затуханий и усиления в технике проводной связи".

Наряду с такими общепринятыми в технике измерений лазерного излучения характеристиками, как затухание устройства (отношение мощности на выходе устройства к мощности на входе), мощность излучения (Вт), относительная погрешность (%), в ВОСП широко используются следующие логарифмические характеристики

- затухание устройства (дБ)

$$10\lg(P_1/P_2); (1п)$$

где  $P_1; P_2$  – соответственно, мощности на выходе и входе устройства;

- относительный уровень мощности (дВт)

$$10\lg(P_x/P_0); (2п)$$

где  $P_x; P_0$  – соответственно, измеренное и выбранное за сравнение значение мощности;

- абсолютный уровень мощности (дБм)

$$10\lg P_x; (3п)$$

- относительная погрешность (дБ)

$$10\lg(1 + \Delta/P_x); (4п)$$

$$10\lg(1 + \theta/100) (5п)$$

где

$\Delta, \theta$  – соответственно, абсолютная (Вт) и относительная (%) погрешности.

Абсолютный уровень мощности (дБм) – это относительный уровень, приведенный к 1 мВт. Вот связь некоторых значений мощности, выраженных в Вт и дБм

1Вт	+ 30 дБм	$10^{-6}$ Вт (1 мкВт)	-30 дБм
$10^{-1}$ Вт (100 мВт)	+20 дБм	$10^{-7}$ Вт (100 нВт)	-40 дБм
$10^{-2}$ Вт (10 мВт)	+10 дБм	$10^{-8}$ Вт (10 нВт)	-50 дБм
$10^{-3}$ Вт (1 мВт)	0 дБм	$10^{-9}$ Вт (1 нВт)	-60 дБм
$10^{-4}$ Вт (100 мкВт)	-10 дБм	$10^{-10}$ Вт (100 пВт)	-70 дБм
$10^{-5}$ Вт (10 мкВт)	-20 дБм	$10^{-11}$ Вт (10 пВт)	-80 дБм

В приложении 2 приведен пересчет отрицательных дБ в отношении мощности (или уровень мощности, выраженный в мВт). Так, если нужно определить уровень мощности, соответствующий -2,75 дБм, на пересечении строки 2.70 дБ и столбца .05дБ находим число 0,5309 мВт.

$\lg(A \times B) = \lg A + \lg B$ , поэтому -32,75 дБм (-30 дБм + -2,75 дБм) соответствует:

$$0,5309 \times 10^{-3} \text{ мВт} = 0,5309 \text{ мкВт.}$$

Если мощность равна 0,2601 нВт ( $0,2601 \times 10^{-9}$  Вт), то  $10^{-9}$  Вт соответствует -60 дБм. Числу 0,2601 соответствует -5,85 дБм (ближайшее к искомому числу – 0,2600). Оно находится на пересечении строки 5.8 дБ и столбца .05дБ. Таким образом, 0,2601 нВт соответствует:

$$(-60 \text{ дБм}) + (-5,85 \text{ дБм}) = -65,85 \text{ дБм}$$

Если мощность равна 1,581 мВт ( $0,158 \times 10^{-2}$ Вт), то числу 0,1581 соответствует -8,01 дБм, а  $10^{-2}$  Вт – +10 дБм. Таким образом, 1,581 мВт соответствует:

$$(+10 \text{ дБм}) + (-8,01 \text{ дБм}) = +1,99 \text{ дБм}$$

Если мощность равна +25,65 дБм т. е.:

$$(+30 \text{ дБм}) + (-4,35 \text{ дБм}),$$

то +30 дБм соответствует  $10^{+3}$  мВт, а -4,35 дБм - 0,3673 мВт. Таким образом, мощности +25,65 дБм соответствует:

$$0,3673 \times 10^{+3} \text{ мВт} = 0,3673 \text{ Вт}$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ПЕРЕСЧЕТ ДЕЦИБЕЛ В ОТНОШЕНИЕ МОЩНОСТИ (ДЕЦИБЕЛЫ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ)

дБ	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
0.00	1.000	.9977	.9954	.9931	.9908	.9886	.9863	.9840	.9817	.9795
-0.10	.9772	.9750	.9727	.9705	.9683	.9661	.9618	.9616	.9594	.9572
-0.20	.9550	.9528	.9506	.9484	.9462	.9441	.9419	.9197	.9376	.9354
-0.30	.9333	.9311	.9290	.9268	.9247	.9226	.9204	.9183	.9162	.9141
-0.40	.9120	.9099	.9078	.9057	.9036	.9016	.8995	.8974	.8954	.8933
-0.50	.8913	.8892	.8872	.8851	.8831	.8810	.8790	.8770	.8750	.8730
-0.60	.8710	.8690	.8670	.8650	.8630	.8610	.8590	.8570	.8551	.8511
-0.70	.8511	.8492	.8472	.8453	.8433	.8414	.8395	.8375	.8356	.8337
-0.80	.8318	.8299	.8279	.8260	.8241	.8222	.8204	.8185	.8166	.8147
-0.90	.8128	.8110	.8091	.8072	.8054	.8035	.8017	.7998	.7980	.7962
-1.00	.7943	.7923	.7907	.7889	.7870	.7852	.7834	.7816	.7798	.7780
-1.10	.7762	.7745	.7727	.7709	.7691	.7674	.7656	.7638	.7621	.7603
-1.20	.7586	.7568	.7551	.7534	.7516	.7499	.7482	.7464	.7447	.7430
-1.30	.7413	.7396	.7379	.7362	.7345	.7328	.7311	.7295	.7278	.7261
-1.40	.7244	.7228	.7211	.7194	.7178	.7161	.7145	.7129	.7112	.7096
-1.50	.7079	.7063	.7047	.7031	.7015	.6998	.6982	.6966	.6950	.6934
-1.60	.6918	.6902	.6887	.6871	.6855	.6839	.6823	.6808	.6792	.6776
-1.70	.6761	.6745	.6730	.6714	.6699	.6683	.6668	.6653	.6637	.6622
-1.80	.6607	.6392	.6377	.6361	.6346	.6531	.6516	.6501	.6486	.6471
-1.90	.6457	.6442	.6427	.6412	.6397	.6383	.6368	.6353	.6339	.6324
-2.00	.6310	.6295	.6281	.6266	.6252	.6237	.6223	.6209	.6194	.6180
-2.10	.6166	.6152	.6138	.6124	.6109	.6095	.6081	.6067	.6053	.6039
-2.20	.6026	.6012	.5998	.5984	.5970	.5957	.5943	.5929	.5916	.5902
-2.30	.5888	.5875	.5861	.5848	.5834	.5821	.5808	.5794	.5781	.5768
-2.40	.5754	.5741	.5728	.5715	.5702	.5689	.5675	.5662	.5649	.5636
-2.50	.5623	.5610	.5598	.5585	.5572	.5559	.5546	.5534	.5521	.5508
-2.60	.5495	.5483	.5470	.5458	.5445	.5433	.5420	.5408	.5395	.5383
-2.70	.5370	.5358	.5346	.5333	.5321	.5309	.5297	.5284	.5272	.5260
-2.80	.5248	.5236	.5224	.5212	.5200	.5188	.5176	.5164	.5152	.5140
-2.90	.5129	.5117	.5105	.5093	.5082	.5070	.5058	.5047	.5035	.5023
-3.00	.5012	.5000	.4989	.4977	.4966	.4955	.4943	.4932	.4920	.4909
-3.10	.4898	.4887	.4875	.4864	.4853	.4842	.4831	.4819	.4808	.4797
-3.20	.4786	.4775	.4764	.4753	.4742	.4732	.4721	.4710	.4699	.4688
-3.30	.4677	.4667	.4656	.4645	.4634	.4624	.4613	.4601	.4592	.4581
-3.40	.4571	.4560	.4550	.4539	.4529	.4519	.4508	.4498	.4487	.4477
-3.50	.4467	.4457	.4446	.4436	.4426	.4416	.4406	.4395	.4385	.4175
-3.60	.4165	.4355	.4345	.4335	.4325	.4315	.4305	.4295	.4285	.4276
-3.70	.4266	.4256	.4246	.4236	.4227	.4217	.4207	.4198	.4188	.4178
-3.80	.4169	.4159	.4150	.4140	.4130	.4121	.4112	.4102	.4093	.4083
-3.90	.4074	.4064	.4055	.4046	.4036	.4027	.4018	.4009	.3999	.3990

дБ	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
-4.00	.3981	.3972	.3963	.3954	.3945	.3936	.3926	.3917	.3908	.3899
-4.10	.3890	.3882	.3873	.3864	.3855	.3846	.3837	.3828	.3819	.3811
-4.20	.3802	.3793	.3784	.3776	.3767	.3758	.3750	.3741	.3732	.3724
-4.30	.3715	.3707	.3698	.3690	.3681	.3673	.3664	.3656	.3648	.3619
-4.40	.3631	.3622	.3614	.3606	.3597	.3589	.3581	.3573	.3565	.3556
-4.50	.3548	.3540	.3532	.3524	.3516	.3508	.3499	.3491	.3483	.3475
-4.60	.3467	.3459	.3451	.3443	.3436	.3428	.3420	.3412	.3404	.3396
-4.70	.3388	.3381	.3373	.3365	.3357	.3350	.3142	.3334	.3127	.3319
-4.80	.3311	.3304	.3296	.3289	.3281	.3273	.3266	.3258	.3251	.3241
-4.90	.3236	.3228	.3221	.3211	.3206	.3199	.3192	.3184	.3177	.3170
-5.00	.3162	.3155	.3148	.3140	.3133	.3126	.3119	.3112	.3105	.3097
-5.10	.3090	.3083	.3076	.3069	.3062	.3055	.3048	.3041	.3014	.3027
-5.20	.3020	.3013	.3006	.2999	.2992	.2985	.2978	.2972	.2965	.2958
-5.30	.2951	.2944	.2918	.2931	.2924	.2917	.2911	.2904	.2897	.2891
-5.40	.2884	.2877	.2871	.2864	.2858	.2851	.2844	.2818	.2831	.2825
-5.50	.2818	.2812	.2805	.2799	.2793	.2786	.2780	.2771	.2767	.2761
-5.60	.2754	.2748	.2742	.2735	.2729	.2723	.2716	.2710	.2704	.2698
-5.70	.2692	.2685	.2679	.2673	.2667	.2661	.2655	.2648	.2642	.2636
-5.80	.2630	.2624	.2618	.2612	.2606	.2600	.2594	.2588	.2582	.2576
-5.90	.2570	.2564	.2559	.2551	.2547	.2541	.2535	.2529	.2523	.2518
-6.00	.2512	.2506	.2500	.2495	.2489	.2483	.2477	.2472	.2466	.2460
-6.10	.2455	.2449	.2443	.2418	.2412	.2427	.2421	.2415	.2410	.2404
-6.20	.2399	.2393	.2388	.2382	.2377	.2371	.2366	.2360	.2355	.2350
-6.30	.2344	.2339	.2333	.2328	.2323	.2317	.2312	.2307	.2301	.2296
-6.40	.2291	.2286	.2280	.2275	.2270	.2265	.2259	.2254	.2249	.2244
-6.50	.2239	.2234	.2228	.2223	.2218	.2213	.2208	.2203	.2198	.2193
-6.60	.2188	.2183	.2178	.2173	.2168	.2163	.2158	.2153	.2148	.2143
-6.70	.2138	.2133	.2128	.2123	.2118	.2113	.2109	.2104	.2099	.2094
-6.80	.2089	.2084	.2080	.2075	.2070	.2065	.2061	.2056	.2051	.2046
-6.90	.2042	.2037	.2032	.2028	.2023	.2018	.2014	.2009	.2004	.2000
-7.00	.1995	.1991	.1986	.1981	.1977	.1972	.1968	.1963	.1959	.1954
-7.10	.1950	.1945	.1941	.1936	.1932	.1927	.1923	.1919	.1914	.1910
-7.20	.1905	.1901	.1897	.1892	.1888	.1884	.1879	.1875	.1871	.1866
-7.30	.1862	.1858	.1854	.1849	.1845	.1841	.1837	.1832	.1828	.1824
-7.40	.1820	.1815	.1811	.1807	.1803	.1799	.1795	.1791	.1786	.1782
-7.50	.1778	.1774	.1770	.1766	.1762	.1758	.1754	.1750	.1746	.1742
-7.60	.1738	.1734	.1730	.1726	.1722	.1718	.1714	.1710	.1706	.1702
-7.70	.1698	.1694	.1690	.1687	.1683	.1679	.1675	.1671	.1667	.1663
-7.80	.1660	.1656	.1652	.1648	.1644	.1641	.1637	.1633	.1629	.1626
-7.90	.1622	.1618	.1614	.1611	.1607	.1603	.1600	.1596	.1592	.1589
-8.00	.1585	.1581	.1578	.1574	.1570	.1567	.1563	.1560	.1556	.1552
-8.10	.1549	.1545	.1542	.1538	.1535	.1531	.1528	.1524	.1521	.1517
-8.20	.1514	.1510	.1507	.1503	.1500	.1496	.1493	.1489	.1486	.1482
-8.30	.1479	.1476	.1472	.1469	.1466	.1462	.1459	.1455	.1452	.1449
-8.40	.1445	.1442	.1439	.1435	.1432	.1429	.1426	.1422	.1419	.1416
-8.50	.1413	.1409	.1406	.1403	.1400	.1396	.1393	.1390	.1387	.1384
-8.60	.1380	.1377	.1374	.1371	.1368	.1365	.1361	.1358	.1355	.1352
-8.70	.1349	.1346	.1343	.1340	.1337	.1333	.1330	.1327	.1324	.1321
-8.80	.1318	.1315	.1312	.1309	.1306	.1303	.1300	.1297	.1294	.1291
-8.90	.1288	.1285	.1282	.1279	.1276	.1273	.1271	.1268	.1265	.1262
-9.00	.1259	.1256	.1253	.1250	.1247	.1244	.1242	.1239	.1236	.1233
-9.10	.1230	.1227	.1225	.1222	.1219	.1216	.1213	.1211	.1208	.1205
9 20	.1202	.1199	.1197	.1194	.1191	.1188	.1186	.1183	.1180	.1178
-9.30	.1175	.1172	.1169	.1167	.1164	.1161	.1159	.1156	.1153	.1151
-9.40	.1148	.1145	.1143	.1140	.1138	.1135	.1132	.1130	.1127	.1125
-9.50	.1122	.1119	.1117	.1114	.1112	.1109	.1107	.1104	.1102	.1099
-9.60	.1096	.1094	.1091	.1089	.1086	.1084	.1081	.1079	.1076	.1074

дБ	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
-9.70	.1071	.1069	.1067	.1064	.1062	.1059	.1057	.1054	.1052	.1050
-9.80	.1047	.1045	.1042	.1040	.1037	.1035	.1033	.1030	.1028	.1026
-9.90	.1023	.1021	.1019	.1016	.1014	.1012	.1009	.1007	.1005	.1002