ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МЕТРОЛОГИИ

**Р 50.2.071—
2009**

# Государственная система обеспечения единства измерений

# РЕФЛЕКТОМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИЕ

## Методика поверки

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

## 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. № 1119-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*

© Стандартинформ, 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 . . . . . 3
6 Условия поверки . . . . . 3
7 Подготовка к поверке . . . . . 3
8 Проведение поверки и обработка результатов измерений . . . . . 3
9 Оформление результатов поверки . . . . . 8
Библиография . . . . . 9

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТРОЛОГИИ

**Государственная система обеспечения единства измерений**

# РЕФЛЕКТОМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИЕ

**Методика поверки**

State system for ensuring the uniformity of measurements. Optical reflectometers.
Verification procedure

**Дата введения — 2011—01—01**

## 1 Область применения

Настоящие рекомендации распространяются на оптические рефлектометры (далее — ОР) — средства измерений ослабления и длины в волоконно-оптических системах передачи информации (ВОСП) 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 операций | |
|---|---|---|---|
| | | при первичной поверке | при периодической поверке |
| Внешний осмотр и проверка комплектности | 8.1 | Да | Да |
| Опробование | 8.2 | Да | Да |

**Издание официальное**

*Окончание таблицы 1*

| Наименование операции | Номер подраздела, пункта настоящих рекомендаций | Обязательность проведения операций | |
|---|---|---|---|
| | | при первичной поверке | при периодической поверке |
| Определение метрологических характеристик | 8.3 | | |
| Определение рабочих длин волн оптического излучения на выходе ОР* | 8.3.1 | Да | Нет |
| Определение диапазона измерений длины и основной абсолютной погрешности измерений длины | 8.3.2 | Да | Да |
| Определение динамического диапазона измерений ослабления | 8.3.3 | Да | Да |
| Определение основной абсолютной погрешности ОР при измерениях ослабления | 8.3.4 | Да | Да |
| Определение мертвой зоны при измерениях ослабления и положения неоднородности | 8.3.5 | Да | Нет |
| Определение длительности зондирующих импульсов | 8.3.6 | Да | Нет |
| * Возможно использование паспортных данных излучателей без проведения измерений. | | | |

## 4 Средства поверки

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

Таблица 2

| Номер пункта настоящих рекомендаций | Наименование и тип средства поверки | Основные технические характеристики |
|---|---|---|
| 8.3.1 | Спектральная установка из состава рабочего эталона единицы средней мощности в волоконно-оптических системах передачи по ГОСТ 8.585 (РЭСМ-ВС) | Спектральный диапазон чувствительности 0,75—1,65 мкм.<br>Погрешность градуировки по длине волны не более 2 нм |
| 8.3.2;<br>8.3.3;<br>8.3.4 | Рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде (далее — РЭ) | Диапазон воспроизводимых длин<br>0,6—500 км.<br>Погрешность установки длины<br>$(0,1 + 5 \cdot 10^{-6} L)$ м,<br>где $L$ — значение измеряемой длины.<br>Диапазон воспроизводимых ослаблений<br>0—40 дБ.<br>Погрешность измерения ослабления<br>0,015 дБ/дБ<br>(в диапазоне до 20 дБ — для одномодового режима; в диапазоне до 10 дБ — для многомодового режима).<br>Рабочие длины волн*:<br>1,31; 1,55 мкм — для одномодового режима;<br>0,85; 1,3 мкм — для многомодового режима.<br>Длина оптического волокна, входящего в состав РЭ:<br>- не менее 25 км — для одномодового режима;<br>- не менее 8 км — для многомодового режима |
| 8.3.5 | Аттенюатор оптический регулируемый | Диапазон регулируемых ослаблений 30—40 дБ |

*Окончание таблицы 2*

| Номер пункта настоящих рекомендаций | Наименование и тип средства поверки | Основные технические характеристики |
|---|---|---|
| 8.3.5 | Ответвитель оптический | Собственное ослабление 3 дБ |
| 8.3.6 | Осциллограф С1-75 | Полоса пропускания 150 МГц |
| 8.3.6 | Фотоприемное устройство | Полоса пропускания 150 МГц.<br>Абсолютная чувствительность 10 В/Вт.<br>Рабочие длины волн:<br>1,31; 1,55 мкм — для одномодового режима;<br>0,85; 1,3 мкм — для многомодового режима |
| * Возможно исполнение РЭ с другими рабочими длинами волн. | | |

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].

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 оптические рефлектометры и средства их поверки.

## 6 Условия поверки

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

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

## 7 Подготовка к поверке

7.1 Все оптические детали средств измерений, используемых при поверке, очищают от пыли и протирают безворсовой салфеткой, смоченной в спирте.

7.2 Подготавливают к работе поверяемый ОР и средства поверки согласно разделам «Подготовка к работе» их руководств по эксплуатации.

## 8 Проведение поверки и обработка результатов измерений

### 8.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре ОР устанавливают:

- соответствие комплектности поверяемого ОР разделу «Комплект поставки» его руководства по эксплуатации;
- отсутствие видимых механических повреждений;
- исправность кабелей и разъемов;
- исправность органов управления.

### 8.2 Опробование

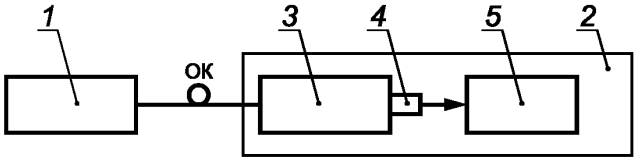
8.2.1 Подготавливают ОР к работе согласно разделу «Подготовка к работе» руководства по эксплуатации.

8.2.2 Проверяют правильность работы органов управления и переключения режимов ОР в соответствии с руководством по эксплуатации, подключив к выходному разъему ОР оптический кабель.

**8.3 Определение метрологических характеристик**

**8.3.1 Определение рабочих длин волн оптического излучения на выходе оптического рефлектометра**

8.3.1.1 Собирают установку, приведенную на рисунке 1.




*1* — поверяемый ОР; *2* — спектральная установка РЭСМ-ВС (СУ); *3* — монохроматор; *4* — фотоприемное устройство; *5* — регистратор, ОК — оптический кабель

Рисунок 1

8.3.1.2 Оптическим кабелем соединяют выход ОР с входным разъемом спектральной установки. На поверяемом ОР проводят установку одной из рабочих длин волн и максимального значения длительности зондирующего импульса.

8.3.1.3 Изменяя длину волны на шкале монохроматора спектральной установки (СУ), регистрируют длину волны, соответствующую максимальному значению сигнала.

8.3.1.4 На поверяемом ОР проводят установку другой рабочей длины волны и выполняют операцию по 8.3.1.3.

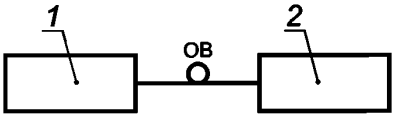
Зарегистрированные значения длин волн должны находиться в пределах допуска, заданного для каждой из рабочих длин волн в руководстве по эксплуатации ОР.

**8.3.2 Определение диапазона измерений длины и основной абсолютной погрешности измерений длины**

Определение диапазона измерения длины и основной абсолютной погрешности измерения длины проводят на каждой рабочей длине волны путем сравнения заданных с помощью оптического генератора (ОГ) рабочего эталона значений времени задержки оптического импульса (выраженных в единицах длины на шкалах ОГ и ОР), подаваемого с ОГ в ОР, с соответствующими значениями времени задержки, полученными при измерении с помощью ОР.

При этом выполняют следующие операции.

8.3.2.1 Собирают схему, приведенную на рисунке 2.




*1* — поверяемый ОР; *2* — оптический генератор рабочего эталона (ОГ РЭ); ОВ — оптическое волокно

Рисунок 2

8.3.2.2 При включении ОГ РЭ в рабочий режим на экране дисплея рефлектометра появляется импульс. В меню ОР устанавливают значение показателя преломления *n* оптического волокна одинаковым с заданным на ОГ. С помощью ОГ устанавливают время задержки оптического импульса, соответствующее расстоянию не более 1 км. Измеряют расстояние *L* от начала шкалы до точки, соответствующей положению маркера, установленного на переднем фронте импульса (рекомендуется устанавливать маркер в точке, соответствующей уровню 15 дБ от вершины импульса).

Примечание — Полученные по 8.3.2.2 результаты определяют составляющую погрешности *dl* вследствие смещения начала шкалы длин ОР [см.формулу (4)].

8.3.2.3 Повторяют измерения не менее пяти раз.

8.3.2.4 Поочередно устанавливают с помощью ОГ РЭ временные задержки, соответствующие минимальному и максимальному значениям длины для каждого предела шкалы ОР согласно его спецификации и проводят измерения каждой из длин в соответствии с 8.3.2.2—8.3.2.3. При этом в меню ОГ и ОР выставляют минимальную длительность импульса, соответствующую расстоянию $L$.

8.3.2.5 Рассчитывают средние значения измеряемых длин $\overline{L}$ по формуле

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

где $L_i$ — $i$-е значение длины;

$n$ — число измеряемых длин.

Определяют для каждого значения длин основную абсолютную погрешность $\Delta$ (при доверительной вероятности $P = 0{,}95$) по формуле

$$\Delta = 1{,}1\sqrt{\Theta^2 + \Delta_0^2}, \quad (2)$$

где $\Delta_0$ — погрешность ОГ РЭ;

$\Theta$ — неисключенная систематическая погрешность,

$$\Theta = \overline{L} - L_0, \quad (3)$$

где $L_0$ — значение длины по шкале ОГ РЭ.

Случайную составляющую погрешности в данном случае не учитывают, так как для всех современных рефлектометров она пренебрежимо мала.

Результаты поверки считают положительными, если ОР обеспечивает измерения установленных длин, а значение основной абсолютной погрешности $\Delta$ для всех шкал не превышает значений, определяемых по формуле

$$\Delta = dl + kL + \delta_{\text{счит}}, \quad (4)$$

где $L$ — измеряемая длина, м;

$dl$ — составляющая погрешности ОР вследствие смещения начала шкалы длин;

$k$ — коэффициент, определяющий нелинейность шкалы длин ОР;

$\delta_{\text{счит}}$ — дискретность считывания на рассматриваемом пределе шкалы расстояний.

Примечание — Значения $dl$, $k$, $\delta_{\text{счит}}$ соответствуют значениям, указанным в технической документации на поверяемый ОР.

**8.3.3 Определение динамического диапазона измерений ослабления**

8.3.3.1 Подключают к поверяемому ОР оптическое волокно из состава РЭ. Устанавливают параметры ОР (режим и время усреднения, длительность импульса) согласно спецификации.

8.3.3.2 По рефлектограмме определяют для каждой длины волны динамический диапазон как разность в децибеллах между уровнем сигнала, рассеянного от ближнего к ОР конца измеряемого оптического волокна, и уровнем шумов, равным 98 % максимума шумов в последней четверти диапазона длин.

Результаты поверки считают положительными, если полученное значение динамического диапазона не менее значения, приведенного в технической документации ОР.

**8.3.4 Определение основной абсолютной погрешности оптического рефлектометра при измерениях ослабления**

Определение предела допускаемой основной абсолютной погрешности измерения ОР при измерениях ослабления проводят на каждой рабочей длине волны путем сравнения заданных с помощью ОГ РЭ значений перепадов амплитуд двух оптических импульсов, имитирующих ослабление, подаваемых в ОР, с соответствующими значениями перепадов, полученными при измерении с помощью ОР.

При этом проводят следующие операции:

8.3.4.1 Подключают поверяемый ОР к генератору ОГ РЭ с помощью короткого отрезка оптического волокна (рисунок 2).

8.3.4.2 При включении ОГ РЭ в рабочий режим на экране дисплея ОР появляются два импульса длительностью не менее 1 мкс. С помощью ОГ РЭ устанавливают первый импульс в начале шкалы и поочередно вводят значения ослабления между импульсами 1,0; 3,0; 5,0; 10,0; 15,0 дБ (значения могут быть изменены в зависимости от шкалы данного ОР). При этом желательно второй импульс устанавливать на таком расстоянии от первого, которое соответствует типовому коэффициенту ослабления оптического волокна для данной длины волны.

8.3.4.3 Определяют поочередно значения ослаблений $A$ по шкале ОР для каждого из установленных на ОГ РЭ значений ослабления для каждой длины волны. Измерения проводят не менее $m$ = 10 раз.

8.3.4.4 Определяют средние значения ослабления $\overline{A}$ по формуле

$$\overline{A} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n}, \tag{5}$$

где $A_i$ — $i$-е значение ослабления.

Рассчитывают среднее квадратическое отклонение результата измерений $S$ по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (A_i - \overline{A})^2}{n(n-1)}}. \tag{6}$$

Определяют основную абсолютную погрешность ОР $\Delta$ при измерениях ослабления по формуле

$$\Delta = 2\sqrt{\frac{1}{3}(\Theta^2 + \Delta_0^2) + S^2}, \tag{7}$$

где $\Theta = \overline{A} - A_0$, где $A_0$ — значение ослабления, установленное по РЭ;

$\Delta_0$ — погрешность установки ослабления РЭ.

Определяют значение приведенной погрешности измерения ослабления ОР $\delta_A$, дБ/дБ, при измерениях ослабления $A$ по формуле

$$\delta_A = \Delta / A. \tag{8}$$

Значение $\delta_A$ (определяемое нелинейностью шкалы ослабления ОР) не должно превышать значения, указанного в технической документации на поверяемый ОР.

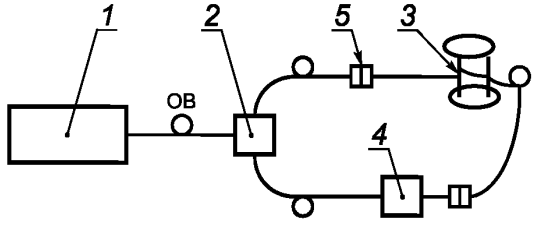
Примечания

1 Допускается поверка по 8.3.4 путем последовательного сравнения амплитуд импульсов ОГ РЭ.

2 При необходимости оценки линейности шкалы в узких участках рефлектограммы проводят аналогичные операции, располагая импульсы на расстоянии порядка 1 км друг от друга.

**8.3.5 Определение мертвой зоны при измерениях ослабления и положения неоднородности**

8.3.5.1 Собирают схему, представленную на рисунке 3.




*1* — поверяемый ОР; *2* — оптический ответвитель; *3* — оптический кабель; *4* — оптический аттенюатор; *5* — оптический соединитель; ОВ — оптическое волокно

Рисунок 3

8.3.5.2 Устанавливают минимальную длительность зондирующего импульса ОР, указанную в технической документации на поверяемый ОР, и диапазон измерений по шкале длин 10 км. С помощью аттенюатора устанавливают значение ослабления, достаточное для отсутствия насыщения отраженного импульса (как правило, порядка 35 дБ). Отраженный импульс находится в средней части рефлектограммы.

8.3.5.3 Определяют мертвую зону при измерениях ослабления как расстояние между началом отраженного импульса и точкой заднего фронта отраженного импульса, отстоящей от кривой обратного рассеяния на 0,5 дБ, в соответствии с рисунком 4.

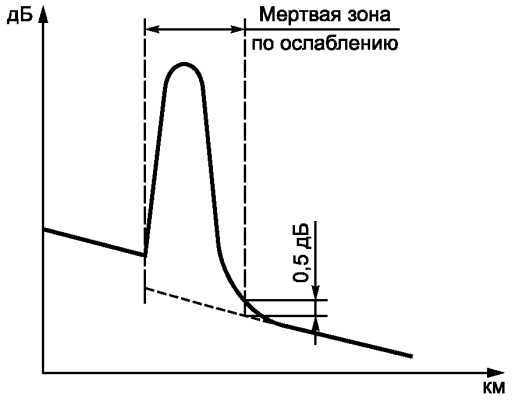



Рисунок 4

Результаты проверки считают положительными, если полученные значения мертвой зоны при измерениях ослабления и расстояния до положения неоднородности не превышают значений, приведенных в технической документации на поверяемый ОР.

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

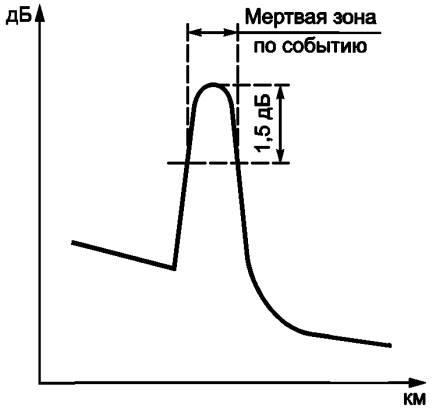
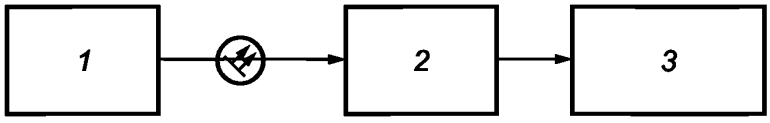



Рисунок 5

Результаты проверки считают положительными, если полученные значения мертвой зоны при измерениях ослабления и положения неоднородности не превышают значений, приведенных в технической документации на поверяемый ОР.

**8.3.6 Определение длительности зондирующих импульсов**

8.3.6.1 Собирают схему, представленную на рисунке 6.




*1* — поверяемый ОР, *2* — фотоприемное устройство, *3* — осциллограф

Рисунок 6

8.3.6.2 Поочередно устанавливая имеющиеся в меню ОР длительности импульсов и включая лазер ОР, регистрируют с помощью фотоприемного устройства и осциллографа их длительность по уровню 0,5.

8.3.6.3 Фактические значения длительности импульса вносят в свидетельство о поверке.

## 9 Оформление результатов поверки

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

9.2 При отрицательных результатах поверки оптический рефлектометр 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 |

УДК 681.785:006.354 ОКС 17.020 Т88.10

Ключевые слова: рефлектометры оптические, волоконно-оптические системы, средства измерений ослабления и длины

**Рекомендации по метрологии**

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**РЕФЛЕКТОМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИЕ**

**Методика поверки**

**Р 50.2.071—2009**

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

Сдано в набор 21.04.2011. Подписано в печать 06.05.2011. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,05. Тираж 126 экз. Зак. 336. Изд. № 4000/4.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru