

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО МЕТРОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

**Р 50.2.044—  
2005**

Государственная система обеспечения  
единства измерений

# **ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ИМИТАТОРОВ**

**Методика выполнения измерений**

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2005

## 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) Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, Техническим комитетом по стандартизации ТК 386 «Основные нормы и правила по обеспечению единства измерений в области ультрафиолетовой спектрорадиометрии»

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 6 октября 2005 г. № 237-ст

### 4 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящих рекомендаций, изменениях и поправках к ним, а также тексты изменений и поправок публикуются в информационном указателе «Национальные стандарты»*

© Стандартиформ, 2005

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

---

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТРОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**Государственная система обеспечения единства измерений****ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ИМИТАТОРОВ****Методика выполнения измерений**

State system for ensuring the uniformity of measurements. Characteristics of optical radiation of solar simulators.  
Methods for measurements

---

Дата введения — 2006—03—01

**1 Область применения**

Настоящие рекомендации распространяются на методы определения энергетических характеристик (энергетической освещенности, энергетической экспозиции) оптического излучения солнечных имитаторов непрерывного и импульсного излучения (далее — солнечные имитаторы), основанные на использовании радиометров (спектрорадиометров, дозиметров) в диапазоне длин волн от 0,2 до 3,0 мкм.

В состав солнечных имитаторов входят мощные ксеноновые, галогенные и другие лампы, корригирующие светофильтры, а также радиометры. Солнечные имитаторы создают поток импульсного или непрерывного оптического излучения, спектральные характеристики которого близки к спектральным характеристикам солнечного излучения в соответствии с требованиями ГОСТ 20.57.406.

Измерения энергетических характеристик — энергетической освещенности, энергетической экспозиции — оптического излучения солнечных имитаторов проводят в диапазоне длин волн 0,2—3,0 мкм с использованием рабочих средств измерений в соответствии с требованиями ГОСТ 8.195, ГОСТ 8.197 и ГОСТ 8.552.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.195—89 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,25 ÷ 25,00 мкм; силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,2 ÷ 25,0 мкм

ГОСТ 8.197—2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости оптического излучения в диапазоне длин волн 0,04 ÷ 0,25 мкм

ГОСТ 8.207—76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

ГОСТ 8.552—2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений потока излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн от 0,03 до 0,40 мкм

ГОСТ 20.57.406—81 Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний

ГОСТ 427—75 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 9411—91 Стекло оптическое цветное. Технические условия

СанПиН 4557—88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях

**Примечание** — При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации 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 документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Требования к погрешности измерений

Границы относительной погрешности результатов измерений энергетической освещенности (далее — ЭО) и энергетической экспозиции (далее — ЭЭ) непрерывного и импульсного оптического излучения солнечных имитаторов по данной методике выполнения измерений не должны превышать в диапазонах длин волн:

от 0,20 до 0,28 мкм . . . . .	35 %,	св. 0,52 — 0,64 мкм . . . . .	10 %,
св. 0,28 до 0,32 мкм. . . . .	35 %,	св. 0,64 — 0,78 мкм . . . . .	10 %,
св. 0,32 до 0,40 мкм. . . . .	25 %,	св. 0,78 — 3,00 мкм . . . . .	20 %,
св. 0,40 до 0,52 мкм. . . . .	10 %,	св. 0,20 — 3,00 мкм . . . . .	10 %.

### 4 Средства измерений и вспомогательные устройства

При выполнении измерений применяют следующие средства измерений и вспомогательные устройства:

а) многоканальный радиометр «Аргус», включающий в себя радиометры «Аргус-03», УФ-А «Аргус-04», УФ-В «Аргус-05», УФ-С «Аргус-06» или другой радиометр (спектрорадиометр, дозиметр), со следующими характеристиками:

- диапазон длин волн, мкм. . . . . 0,2—3,0,
- диапазон измерений энергетической освещенности, Вт/м<sup>2</sup>, в диапазонах длин волн:  
0,4—3,0 мкм. . . . . 1,0—3500,  
0,315—0,400 мкм (УФ-А). . . . . 0,1—200,  
0,280—0,315 мкм (УФ-В). . . . . 0,1—200,  
0,20—0,28 мкм (УФ-С). . . . . 0,01—20,
- основная относительная погрешность, % . . . . . 8,0—10,0;

б) комплект светофильтров типов ЖС-16, ЖС-11, ЖС-12, БС-8 по ГОСТ 9411;

в) нейтральный ослабитель;

г) измерительную линейку по ГОСТ 427:

- цена деления, мм. . . . . 1,
- основная относительная погрешность, %, не более . . . . . 1.

Применяемые средства измерений должны быть поверены органом Государственной метрологической службы.

### 5 Метод измерений

Метод измерений ЭО и ЭЭ оптического излучения солнечных имитаторов, основанный на прямых измерениях с использованием радиометра (спектрорадиометра, дозиметра), заключается в преобразовании потока оптического излучения в электрический сигнал радиометра (спектрорадиометра, дозиметра) при условии спектральной и угловой коррекции чувствительности фотопреобразователя радиометра (спектрорадиометра, дозиметра).

## 6 Требования безопасности

Измерения ЭО и ЭЭ оптического излучения солнечных имитаторов могут проводить операторы, прошедшие инструктаж по безопасности труда при работе с источниками УФ-излучения в соответствии с СанПиН 4557.

## 7 Требования к квалификации операторов

К выполнению измерений допускают лиц, изучивших инструкции по эксплуатации основных и вспомогательных средств измерений, настоящие рекомендации, а также прошедших инструктаж по безопасности труда при эксплуатации источников оптического излучения.

## 8 Условия измерений

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С . . . . . от 10 до 35,
- относительная влажность воздуха при температуре 20 °С, %, не более . . . . . 80,
- атмосферное давление, кПа . . . . . от 84 до 104,
- напряжение питающей сети, В . . . . .  $220 \pm 4$ ,
- частота питающей сети, Гц . . . . .  $50 \pm 1$ .

## 9 Подготовка к выполнению измерений

При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы:

9.1 Включают и подготавливают к работе радиометр (спектрорадиометр, дозиметр) и солнечный имитатор в соответствии с их инструкциями по эксплуатации.

9.2 Проверяют состояние оптики радиометра (спектрорадиометра, дозиметра). На поверхности оптических деталей не допускаются царапины, помутнения и пятна.

## 10 Порядок проведения измерений

10.1 Для измерения ЭО оптического излучения солнечного имитатора выполняют следующие операции:

10.1.1 Устанавливают измерительный блок радиометра или спектрорадиометра, или дозиметра (далее — измерительный прибор) в рабочую точку облучаемой поверхности и ориентируют его параллельно облучаемой поверхности.

10.1.2 Определяют угловые размеры излучающей области облучателя солнечного имитатора в градусах — горизонтальный угол  $\varphi$  и вертикальный угол  $\psi$  по формулам:

$$\varphi = \arctg (L/R); \quad (1)$$

$$\psi = \arctg (H/R), \quad (2)$$

где  $L$  — длина излучающей области, мм;

$H$  — ширина излучающей области, мм;

$R$  — расстояние от измерительного блока измерительного прибора до центра излучающей области, мм.

10.1.3 Включают и прогревают в течение 10 мин солнечный имитатор.

10.1.4 Юстируют измерительный блок измерительного прибора по углу в горизонтальной и вертикальной плоскостях для достижения максимального отсчета.

10.1.5 Регистрируют показания каналов измерительного прибора, соответствующие интегральной ЭО  $E_{(A)}$ ,  $E_{(B)}$ ,  $E_{(C)}$  и  $E_r$  в ваттах на квадратный метр ( $Вт/м^2$ ) в диапазонах соответственно УФ-А, УФ-В, УФ-С и 0,4—3,0 мкм. Если регистрируемые сигналы превышают верхнее значение диапазона измерений ЭО измерительного прибора, необходимо установить на измерительный блок измерительного прибора нейтральный ослабитель.

10.1.6 Для оценки погрешности измерений ЭО в диапазонах УФ-А, УФ-В и УФ-С, обусловленной влиянием потока инфракрасного излучения, устанавливают на измерительный блок измерительного

прибора светофильтр типа ЖС-16. Показания измерительного прибора не должны превышать 5 % значений ЭО, полученных по 10.1.5.

10.1.7 Устанавливают поочередно на измерительный блок измерительного прибора светофильтр типа БС-8 для диапазона УФ-А, светофильтр ЖС-11 для диапазона УФ-В, светофильтр ЖС-12 для диапазона УФ-С и регистрируют сигналы  $j_A$ ,  $j_B$ ,  $j_C$  каналов измерительного прибора, соответствующие ЭО  $E_{j(A)}$ ,  $E_{j(B)}$ ,  $E_{j(C)}$ , Вт/м<sup>2</sup>, в диапазонах соответственно УФ-А, УФ-В и УФ-С.

10.1.8 По результатам измерений угловых размеров излучателя солнечного имитатора выбирают относительный коэффициент угловой коррекции  $K(\varphi, \psi)$ , приведенный в паспорте измерительного прибора.

10.1.9 Значения ЭО солнечного имитатора в диапазонах УФ-А, УФ-В и УФ-С  $E_A$ ,  $E_B$ ,  $E_C$ , Вт/м<sup>2</sup>, рассчитывают по формулам:

$$E_A = (E_{i(A)} - E_{j(A)}) K(\varphi, \psi) / K_{\tau_A}, \quad (3)$$

$$E_B = (E_{i(B)} - E_{j(B)}) K(\varphi, \psi) / K_{\tau_B}, \quad (4)$$

$$E_C = (E_{i(C)} - E_{j(C)}) K(\varphi, \psi) / K_{\tau_C}, \quad (5)$$

где  $K_{\tau_A}$ ,  $K_{\tau_B}$  и  $K_{\tau_C}$  — интегральные коэффициенты пропускания нейтрального ослабителя в диапазонах соответственно УФ-А, УФ-В и УФ-С, указанные в паспорте на нейтральный ослабитель.

10.1.10 Для оценки среднеквадратичного отклонения (СКО) результатов измерений повторяют операции 10.1.4—10.1.9 пять раз.

10.2 ЭЭ оптического излучения солнечного имитатора  $Q_C$  в джоулях на квадратный метр (Дж/м<sup>2</sup>) определяют интегрированием спектральной плотности энергетической освещенности  $E(t)$  по времени  $t$  в пределах длительности экспонирования  $T$  по формуле

$$Q_C = \int_0^T E(t) dt. \quad (6)$$

10.3 Импульсные солнечные имитаторы характеризуются средней ЭО, которую определяют на основании измерений по 10.1.5—10.1.9. Среднюю ЭО импульсного периодического излучения  $E_{cp}$ , Вт/м<sup>2</sup>, за период  $T$  определяют интегрированием  $E(t)$  по формуле

$$E_{cp} = T^{-1} \int_0^T E(t) dt. \quad (7)$$

## 11 Контроль погрешности результатов измерений

Контроль погрешности результатов измерений проводят по ГОСТ 8.207 в следующем порядке:

11.1 Оценивают в соответствии с 10.1.10 СКО результатов измерений ЭО и ЭЭ —  $S_o$ , %, по формуле

$$S_o = \frac{[\sum_{i=1}^n (\bar{E} - E_i)^2]^{1/2}}{\bar{E} [n(n-1)]^{1/2}}, \quad (8)$$

где  $E_i$  — результат независимого измерения;

$\bar{E}$  — среднееарифметическое значение результатов пяти измерений ( $n = 5$ ).

11.2 Границы относительной неисключенной систематической погрешности результатов измерений  $\Theta_o$ , %, определяют при доверительной вероятности  $P = 0,95$  по формуле

$$\Theta_o = 1,1(\Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2 + \Theta_4^2)^{1/2}, \quad (9)$$

где  $\Theta_1$  — относительная погрешность рабочего средства измерений (из свидетельства о поверке); значение  $\Theta_1$  не должно превышать 8 %;

$\Theta_2$  — относительная погрешность определения ЭО УФ-излучения в диапазоне соответственно УФ-А, УФ-В и УФ-С; значение  $\Theta_2$  не должно превышать 3 %;

$\Theta_3$  — погрешность определения коэффициента угловой коррекции; значение  $\Theta_3$  не должно превышать 2 %;

$\Theta_4$  — погрешность определения пропускания нейтрального ослабителя; значение  $\Theta_4$  не должно превышать 2 %.

11.3 Границы основной относительной погрешности  $\Delta_o$  результатов измерений рассчитывают по формуле

$$\Delta_o = K(\Theta_o^2/3 + S_o^2)^{1/2}, \quad (10)$$

где  $K$  — коэффициент, определяемый соотношением случайной и неисключенной систематической погрешностей.

Границы основной относительной погрешности результатов измерений ЭО оптического излучения солнечных имитаторов не должны превышать значений, указанных в разделе 3.

## 12 Оформление результатов измерений

12.1 Форма представления результатов измерений — в соответствии с формой, принятой на предприятии, проводившем измерения.

12.2 Форма представления результатов измерений должна содержать:

- дату проведения измерений;
- тип и номер средства измерений — измерительного прибора;
- цель проведения измерений;
- геометрические размеры излучателя солнечного имитатора;
- расстояние от центра излучателя солнечного имитатора до измерительного прибора;
- угловые размеры излучателя солнечного имитатора;
- значения ЭО и ЭЭ;
- границы относительной неисключенной систематической погрешности результатов измерений;
- границы относительной погрешности результатов измерений;
- фамилию и подпись оператора.

Ключевые слова: солнечный имитатор, энергетическая освещенность, средство измерений, радиометр, спектрорадиометр, дозиметр

---

**Рекомендации по метрологии Российской Федерации**

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ИМИТАТОРОВ**

**Методика выполнения измерений**

**Р 50.2.044—2005**

**БЗ 2—2005/16**

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

Сдано в набор 17.11.2005. Подписано в печать 01.12.2005. Формат 60х84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,60. Тираж 182 экз. Зак. 884. Изд. № 3411/4. С 2169.

---

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