ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.841— 2013

Государственная система обеспечения единства измерений

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН 1—10 нм

Методика поверки

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом ТК 386 «Основные нормы и правила по обеспечению единства измерений в области ультрафиолетовой спектрорадиометрии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 октября 2013 г. № 1286-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2015, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен 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 к квалификации поверителей 2
6 Требования безопасности 2
7 Условия поверки 3
8 Подготовка и проведение поверки 3
9 Обработка результатов измерений 6
10 Оформление результатов поверки 7

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН 1—10 нм

Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements. Instruments for measurement of exposure and irradiance in the wavelength range 1 to 10 nm. Verification procedure

Дата введения — 2015—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на средства измерений характеристик экстремального ультрафиолетового (далее — ЭУФ) излучения — радиометры (дозиметры) ЭУФ-излучения, используемые для измерений энергетической освещенности (далее — ЭО) и экспозиционной дозы (далее — ЭД) в диапазоне длин волн 1—10 нм, и устанавливает методику их поверки.

Средства измерений характеристик УФ излучения обеспечивают в диапазоне длин волн 1—10 нм измерения ЭД в динамическом диапазоне, нижняя граница которого составляет не более 10^{-7} Дж, верхняя — не менее $2 \cdot 10^{-1}$ Дж и ЭО в динамическом диапазоне, нижняя граница которого составляет не более 0,01 Вт/м^2, верхняя — не менее 20 Вт/м^2.

Межповерочный интервал — один год.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.552 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 Р 8.736 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом 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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Издание официальное

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта настоящего стандарта	Проведение операций при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	8.1	+	+
Опробование	8.2	+	+
Определение метрологических характеристик	8.3	+	+
Определение погрешности спектральной коррекции чувствительности	8.3.1	+	+
Определение погрешности абсолютной чувствительности	8.3.2	+	+
Определение погрешности, обусловленной отклонением коэффициента линейности от единицы. Определение границ диапазона измерений экспозиционной дозы и энергетической освещенности	8.3.3	+	+
Определение погрешности угловой коррекций чувствительности	8.3.4	+	+
Примечание — Знак «+» означает, что выполнение операций обязательно.			

4 Средства поверки

При проведении поверки применяются средства, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта настоящего стандарта	Наименование средства поверки, метрологические характеристики
8.3.1	Установка для измерений спектральной чувствительности приемников излучения в диапазоне длин волн 1—10 нм в составе вторичного эталона потока излучения и энергетической освещенности ВЭТ 162-3—2003 по ГОСТ 8.552. Относительное суммарное среднее квадратическое отклонение (далее — СКО) — не более 3 %
8.3.2	Установка для измерений абсолютной чувствительности радиометров ЭУФ-излучения в диапазоне длин волн 1—10 нм в составе вторичного эталона потока излучения и энергетической освещенности ВЭТ 162-3—2003 по ГОСТ 8.552. Относительное суммарное СКО — не более 3 %
8.3.3	Установка для измерений коэффициента линейности чувствительности радиометров ЭУФ-излучения в составе вторичного эталона потока излучения и энергетической освещенности ВЭТ 162-3—2003 по ГОСТ 8.552. Относительное суммарное СКО — не более 5 %
8.3.4	Установка для измерений угловой зависимости чувствительности радиометров ЭУФ-излучения в составе вторичного эталона потока излучения и энергетической освещенности ВЭТ 162-3—2003 по ГОСТ 8.552. Относительное суммарное СКО — не более 5 %

5 Требования к квалификации поверителей

Поверку должны проводить лица, аттестованные в качестве поверителей, освоившие работу с радиометрами (дозиметрами) и используемыми средствами поверки, изучившие настоящий стандарт и эксплуатационную документацию на средства поверки и радиометры (дозиметры) ЭУФ-излучения.

6 Требования безопасности

При поверке радиометров (дозиметров) ЭУФ-излучения соблюдают правила электробезопасности. Измерения должны проводить два оператора, аттестованные по группе электробезопасности не ниже III, прошедшие инструктаж на рабочем месте по безопасности труда при эксплуатации электрических установок.

7 Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды . . . . . (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха . . . . . (65 ± 15) %,
- атмосферное давление . . . . . 84—104 кПа;
- напряжение питающей сети . . . . . (220 ± 4) В;
- частота питающей сети . . . . . (50 ± 1) Гц.

8 Подготовка и проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности радиометров (дозиметров) ЭУФ-излучения паспортным данным;
- отсутствие механических повреждений блоков радиометров (дозиметров) ЭУФ-излучения, сохранность соединительных кабелей и сетевых разъемов;
- четкость надписей на панели радиометров (дозиметров) ЭУФ-излучения;
- наличие маркировки (тип и заводской номер радиометров (дозиметров) ЭУФ-излучения);
- отсутствие сколов, царапин и загрязнений на оптических деталях радиометров (дозиметров) ЭУФ-излучения.

8.2 Опробование

При опробовании должно быть установлено:

- наличие показаний радиометра при освещении ЭУФ-излучением;
- правильное функционирование переключателей пределов измерений, режимов работы радиометров.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Определение погрешности спектральной коррекции чувствительности

Погрешность радиометра (дозиметра) ЭУФ-излучения, вызванную неидеальной спектральной коррекцией чувствительности, определяют по результатам измерений отклонений относительной спектральной чувствительности (далее — ОСЧ) поверяемого радиометра (дозиметра) от стандартной, равной единице в пределах рабочего спектрального диапазона 1—10 нм и нулю вне рабочего диапазона. ОСЧ поверяемого радиометра сравнивают с известной спектральной чувствительностью эталонного приемника ЭУФ-излучения, поверенного в ранге рабочего эталона (далее — РЭ) по ГОСТ 8.552 в диапазоне длин волн от 1 до 10 нм. Измерения ОСЧ поверяемого радиометра (дозиметра) ЭУФ-излучения проводят с использованием источника синхротронного излучения, монохроматора скользящего падения, комплекта многослойных светофильтров, фотоприемников типов AXUV, поверенных в ранге РЭ ПИ и ЭО по ГОСТ 8.552. При определении погрешности измерений относительной спектральной чувствительности в диапазоне длин волн от 1 до 10 нм эталонный приемник излучения и поверяемый радиометр поочередно устанавливают за выходной щелью монохроматора таким образом, чтобы поток монохроматического излучения проходил в апертурную диафрагму. Показания эталонного приемника излучения $I^{\circ}(\lambda)$ и поверяемого радиометра ЭУФ-излучения $I(\lambda)$ регистрируют поочередно пять раз на каждой длине волны с шагом 1 нм в диапазоне 1—10 нм. Затем за выходной щелью монохроматора устанавливают светофильтр и регистрируют показания эталонного приемника излучения $J^{\circ}(\lambda)$ и поверяемого радиометра $J(\lambda)$, соответствующие рассеянному излучению в монохроматоре. Результат i-го измерения ОСЧ поверяемого радиометра $S_i(\lambda)$ рассчитывают по известным значениям ОСЧ $S^{\circ}(\lambda)$ эталонного приемника излучения по формуле

$$S_i(\lambda) = S^{\circ}(\lambda)\,[I_i(\lambda) - J_i(\lambda)]/[I_i^{\circ}(\lambda) - J_i^{\circ}(\lambda)]. \qquad (1)$$

Для каждой длины волны определяют среднее значение ОСЧ $S(\lambda)$. Оценку относительного СКО S_0 результатов измерений для n независимых измерений определяют по формуле

$$S_0 = \frac{\left\{\sum_{i=1}^{n}[S(\lambda) - S_i(\lambda)]^2\right\}^{1/2}}{S(\lambda)[n\,(n-1)]^{1/2}}. \qquad (2)$$

Граница относительной неисключенной систематической погрешности результата измерений ОСЧ Θ_0 определяется погрешностью эталонного приемника по ГОСТ 8.552 (из свидетельства о поверке).

Относительное суммарное СКО результатов измерения ОСЧ S_Σ определяют по формуле

$$S_\Sigma = (S_0^2 + \Theta_0^2/3)^{1/2}. \quad (3)$$

Погрешность спектральной коррекции поверяемого радиометра ЭУФ-излучения Θ_1 в процентах, вызванную отклонением относительной спектральной чувствительности $S(\lambda)$ от стандартной $S^{ст}(\lambda)$, определяют по формуле

$$\Theta_1 = \left| \frac{\int_1^{10} E(\lambda)\cdot S(\lambda)\,d\lambda \cdot \int_1^{10} E^{ст}(\lambda)\cdot S^{ст}(\lambda)\,d\lambda}{\int_1^{10} E(\lambda) S^{ст}(\lambda)\,d\lambda \cdot \int_1^{10} E^{ст}(\lambda)\cdot S(\lambda)\,d\lambda} - 1 \right| \cdot 100, \quad (4)$$

где $E(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической освещенности контрольных источников;

$E^{ст}(\lambda)$ — относительная спектральная плотность энергетической освещенности стандартного источника.

Для оценки погрешности спектральной коррекции поверяемого радиометра в таблицах 3—7 приведены и значения $E(\lambda)$ и $E^{ст}(\lambda)$ контрольных и стандартных источников излучения.

Таблица 3 — Значения $E^{ст}(\lambda)$ для стандартного источника синхротронного излучения при энергии 450 МэВ и радиусе орбиты 1,0 м

Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$	Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$
0,8	0,151	6,0	0,323
0,9	0,257	7,0	0,246
1,0	0,365	8,0	0,186
2,0	1,000	9,0	0,146
3,0	0,857	10,0	0,117
4,0	0,629	12,0	0,077
5,0	0,446		

Таблица 4 — Значения $E(\lambda)$ для контрольного источника синхротронного излучения при энергии 2500 МэВ и радиусе орбиты 6,0 м

Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$	Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$
0,9	1,000	6,0	0,0068
1,0	0,802	7,0	0,0045
2,0	0,126	8,0	0,0032
3,0	0,0431	9,0	0,0023
4,0	0,0199	10,0	0,0017
5,0	0,0110	12,0	0,0011

Таблица 5 — Значения $E(\lambda)$ для контрольного источника — плазмы типа I

Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$	Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$
0,9	0,000	1,7	0,250
1,0	0,050	2,0	0,010
1,2	0,200	2,5	0,020
1,3	0,100	3,0	0,000
1,6	1,000		

Таблица 6 — Значения $E(\lambda)$ для контрольного источника — плазмы типа II

Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$	Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$
0,803	1,000	5,0	0,014
0,992	0,330	6,0	0,050
1,24	0,290	7,0	0,090
1,02	0,221	8,0	0,100
2,5	0,170	9,0	0,110
4,0	0,011	10,0	0,130

Таблица 7 — Значения $E(\lambda)$ для контрольного источника — лазерной плазмы типа IV

Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$	Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$
1,0	0,175	5,50	0,095
1,25	0,226	5,75	0,153
1,50	0,263	6,00	0,474
1,75	0,336	6,25	0,803
2,00	0,584	6,50	1,000
2,25	0,504	6,75	0,978
2,50	0,460	7,00	0,832
2,75	0,474	7,25	0,788
3,00	0,299	7,50	0,825
3,25	0,394	7,75	0,672
3,50	0,489	8,00	0,474
3,75	0,292	8,25	0,394
4,00	0,161	8,50	0,336
4.25	0,146	8,75	0,285
4,50	0,175	8,00	0,321
4,75	0,102	9,25	0,263
5,00	0,109	10,00	0,175
5,25	0,073		

8.3.2 Определение погрешности абсолютной чувствительности

Определение погрешности абсолютной чувствительности радиометров ЭУФ-излучения в диапазоне длин волн 1—10 нм проводят с использованием источника синхротронного излучения. Эталонный и поверяемый радиометры поочередно устанавливают на одинаковом расстоянии от излучателя и юстируют по углу для получения изображения излучающей области источника. Показания эталонного радиометра I° и поверяемого радиометра I регистрируют поочередно пять раз. Значение абсолютной чувствительности поверяемого радиометра рассчитывают по формуле

$$S = S^{\circ} I / I^{\circ}, \qquad (5)$$

где S° — значение абсолютной чувствительности эталонного радиометра.

Определяют среднеарифметическое значение абсолютной чувствительности поверяемого радиометра, СКО результата измерений с учетом погрешности эталонного радиометра по формулам (1)—(3).

Предельная погрешность определения абсолютной чувствительности поверяемого радиометра Θ_2 не должна превышать 8 %.

8.3.3 Определение погрешности, обусловленной отклонением коэффициента линейности от единицы. Определение границ диапазона измерений энергетической освещенности и энергетической экспозиции

Измерение коэффициента линейности радиометра ЭУФ-излучения проводят для определения границ диапазона измерений энергетической освещенности и энергетической экспозиции. Коэффициент линейности определяют по отклонению значения чувствительности радиометра от постоянного значения в рабочем диапазоне измеряемой величины. Фиксируют ток источника синхротронного излучения, соответствующий нижней границе диапазона измерений энергетической освещенности и экспозиционной дозы, указанных в паспорте поверяемого радиометра и составляющих соответственно

не более 0,01 Вт/м^2 и не более 10^{-7} Дж. Увеличивают ток источника вдвое и регистрируют показания поверяемого радиометра I_2. Измерения проводят пять раз. Определяют средние значения измеренных сигналов, СКО S_0, СКО результатов измерений по формулам (1)—(3) и рассчитывают коэффициент линейности по формуле

$$K = |1 + I_2 / I_1|. \quad (6)$$

Погрешность поверяемого радиометра Θ_3, вызванную нелинейностью чувствительности радиометра, рассчитывают по формуле

$$\Theta_3 = 100|K - 1|. \quad (7)$$

При определении границ диапазона измерений энергетической освещенности и экспозиционной дозы поверяемого радиометра ток излучателя увеличивают таким образом, чтобы значение энергетической освещенности (экспозиционной дозы) увеличилось на один порядок. Измеряют значения сигналов и рассчитывают соответствующее значение погрешности Θ_3. Измерения повторяют до достижения верхней границы диапазона измерений, указанной в паспорте поверяемого радиометра и составляющей не менее 20 Вт/м^2 для энергетической освещенности и не менее $2 \cdot 10^{-1}$ Дж для экспозиционной дозы.

8.3.4 Определение погрешности угловой коррекции чувствительности

Поверяемый радиометр устанавливают на поворотный столик с микрометрическим винтом таким образом, чтобы обеспечить нормальное падение потока излучения на приемник излучения. Регистрируют показания $I(\varphi)$ поверяемого радиометра в зависимости от угла падения φ потока излучения в пределах от 0° до 85° с шагом 5°. Показания радиометра для угла φ нормируют на показание радиометра при нормальном падении потока излучения. Рассчитывают угловую зависимость $f(\varphi)$ отклонения относительной чувствительности поверяемого радиометра от функции cos φ по формуле

$$f(\varphi) = 100\ \{I(\varphi)/[I(\varphi_0)\cos\varphi] - 1\}. \quad (8)$$

Косинусную погрешность радиометра Θ_4 рассчитывают по формуле:

$$\Theta_4 = \int_{0^\circ}^{85^\circ} |f(\varphi)| \sin 2\varphi d\varphi. \quad (9)$$

9 Обработка результатов измерений

Определение предела основной относительной допускаемой погрешности радиометра ЭУФ-излучения проводят в соответствии с ГОСТ Р 8.736.

СКО S_0 определяется по результатам измерений в соответствии с 8.3.3. Оценку относительного СКО S_0 результатов измерений для n независимых измерений проводят по формуле (2).

Границу относительной неисключенной систематической погрешности Θ_0 определяют по формуле

$$\Theta_0 = 1{,}1\left(\sum_{j=1}^{4} \Theta_j^2\right)^{1/2}, \quad (10)$$

где Θ_j — составляющие неисключенной систематической погрешности:

Θ_1 — погрешность спектральной коррекции;

Θ_2 — погрешность определения абсолютной чувствительности;

Θ_3 — погрешность, возникающая из-за отклонения коэффициента линейности от единицы;

Θ_4 — погрешность, возникающая из-за неидеальной коррекции угловой зависимости чувствительности.

Предел основной относительной допускаемой погрешности радиометра ЭУФ-излучения для измерений экспозиционной дозы и энергетической освещенности Δ_0 рассчитывают по формуле

$$\Delta_0 = KS_{\Sigma 0} = K\left(\sum_{j=1}^{4} \Theta_j^2 / 3 + S_0^2\right)^{1/2}, \quad (11)$$

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

Если $\Theta_0 > 8S_0$, то случайной погрешностью по сравнению с систематической пренебрегают и принимают $\Delta_0 = \Theta_0$.

Результаты поверки радиометров ЭУФ-излучения считаются положительными, если предел основной относительной допускаемой погрешности радиометра ЭУФ-излучения для измерений энергетической освещенности (экспозиционной дозы) не превышает 10 %.

10 Оформление результатов поверки

10.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке и радиометр допускают к применению в качестве средства измерений энергетической освещенности (экспозиционной дозы) ЭУФ-излучения.

10.2 При отрицательных результатах поверки свидетельство аннулируют и выдают извещение о непригодности.

УДК 543.52:535.214.535.241:535.8:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: экстремальный ультрафиолет, энергетическая освещенность, экспозиционная доза, средства измерений, ультрафиолетовое излучение, радиометр

Редактор *Н.Е. Рагузина*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 12.03.2019. Подписано в печать 27.03.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,10.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru