ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.863— 2013

Государственная система обеспечения единства измерений

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПОТОКА ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН 10—30 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 по стандартизации 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 22 ноября 2013 г. № 2110-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 (www.gost.ru)

© Стандартинформ, оформление, 2014, 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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПОТОКА ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН 10—30 НМ

Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Insruments for measurement power and irradiance
in the wavelength range from 10 to 30 nm.
Verification procedure

Дата введения — 2015—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на средства измерений характеристик экстремального ультрафиолетового (далее — ЭУФ) излучения — радиометры ЭУФ-излучения, используемые для измерений потока излучения (далее — ПИ) и энергетической освещенности (далее — ЭО) в диапазоне длин волн 10—30 нм, и устанавливает методику их поверки.

Радиометры ЭУФ-излучения обеспечивают в диапазоне длин волн 10—30 нм измерения потока излучения в динамическом диапазоне, нижняя граница которого составляет не более 10^{-7} Вт, верхняя — не менее $2 \cdot 10^{-4}$ Вт, и энергетической освещенности 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.

Издание официальное

3 Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

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 радиометров ЭУФ-излучения в диапазоне длин волн 10—30 нм	8.3.2	+	+
Определение погрешности, обусловленной отклонением коэффициента линейности от единицы. Определение границ диапазонов измерений потока излучения 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 10—30 нм в составе вторичного эталона ПИ и ЭО 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 10—30 нм в составе вторичного эталона ПИ и ЭО ВЭТ 162-3-2003 по ГОСТ 8.552. Относительное суммарное СКО: не более 4 %.
8.3.3	Установка для измерений коэффициента линейности чувствительности радиометров ЭУФ-излучения в составе вторичного эталона ПИ и ЭО 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 ПИ и ЭО 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 и используемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию на средства поверки и радиометры ЭУФ-излучения.

6 Требования безопасности

При поверке радиометров 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 ЭУФ-излучения паспортным данным;
- отсутствие механических повреждений блоков радиометров ЭУФ-излучения, сохранность соединительных кабелей и сетевых разъемов;
- четкость надписей на панели радиометров ЭУФ-излучения;
- наличие маркировки (тип и заводской номер радиометров ЭУФ-излучения);
- отсутствие сколов, царапин и загрязнений на оптических деталях радиометров 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 спектральной коррекции чувствительности ЭУФ-радиометра, вызванную неидеальной спектральной коррекцией чувствительности, определяют по результатам измерений отклонений относительной спектральной чувствительности (далее — ОСЧ) поверяемого ЭУФ-радиометра от стандартной, равной 1 в пределах рабочего спектрального диапазона 10—30 нм и 0 вне рабочего диапазона. ОСЧ поверяемого ЭУФ-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 10 до 30 нм. Измерения относительной спектральной чувствительности поверяемого ЭУФ-радиометра проводят с использованием источника синхротронного излучения, монохроматоров скользящего падения, комплекта многослойных фильтров, фотоприемников типов AXUV, поверенных в ранге РЭ ПИ и ЭО по ГОСТ 8.552. При определении погрешности измерений ОСЧ в диапазоне длин волн от 10 до 30 нм эталонный приемник излучения и поверяемый ЭУФ-радиометр поочередно устанавливают за выходной щелью монохроматора таким образом, чтобы поток монохроматического излучения проходил в апертурную диафрагму. Показания эталонного приемника излучения $I^*(\lambda)$ и поверяемого ЭУФ-радиометра $I(\lambda)$ регистрируют поочередно пять раз на каждой длине волны с шагом 1 нм в диапазоне 10—30 нм. Затем за выходной щелью монохроматора устанавливают светофильтр и регистрируют показания эталонного приемника излучения $J^*(\lambda)$ и поверяемого ЭУФ-радиометра $J(\lambda)$, соответствующие рассеянному излучению в монохроматоре. Результат i-го измерения ОСЧ поверяемого ЭУФ-радиометра $S_i(\lambda)$ рассчитывают по известным значениям ОСЧ $S^*(\lambda)$ эталонного приемника излучения и отношению значений измеренных сигналов по формуле

$$S_i(\lambda) = S^*(\lambda)\,[I_i(\lambda) - J_i(\lambda)] / [I_i^*(\lambda) - J_i^*(\lambda)]. \quad (1)$$

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

$$S_0 = \frac{\left\{\sum_{i=1}^{5}\left[S(\lambda) - S_i(\lambda)\right]^2\right\}^{1/2}}{S(\lambda)\left[n(n-1)\right]^{1/2}}. \quad (2)$$

Границу относительной неисключенной систематической погрешности результата измерений ОСЧ Θ_0 определяют погрешностью РЭ ПИ и ЭО по ГОСТ 8.552 (из свидетельства о поверке).

Относительное суммарное СКО результатов измерения ОСЧ S_Σ определяют по формуле

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

Значение относительного суммарного СКО результатов измерений ОСЧ поверяемого ЭУФ-радиометра в диапазоне длин волн от 10 до 30 нм не должно превышать 5 %.

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

$$\Theta_1 = \left| \frac{\int_{10}^{30} E(\lambda)\cdot S(\lambda)\mathrm{d}\lambda \cdot \int_{10}^{30} E^{ст}(\lambda)S^{ст}(\lambda)\mathrm{d}\lambda}{\int_{10}^{30} E(\lambda)S^{ст}(\lambda)\mathrm{d}\lambda \int_{10}^{30} E^{ст}(\lambda)S(\lambda)\mathrm{d}\lambda} - 1 \right| \cdot 100, \quad (4)$$

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

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

Для определения возможности применения поверяемого радиометра ЭУФ-излучения в соответствии с настоящим стандартом установлен перечень контрольных и стандартных источников излучения. Значения $E(\lambda)$ и $E^{ст}(\lambda)$ приведены в таблицах 3—7.

Значение погрешности спектральной коррекции Θ_1 поверяемого радиометра УФ-излучения для каждого контрольного источника должно быть не более 8 %.

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

Длина волны λ, нм	$E^{ст}(\lambda)$
9,0	1,0
10	0,8114
12	0,5388
14	0,3768
16	0,2744
18	0,2064
20	0,1596
22	0,1260
24	0,1014
26	0,0830
28	0,0688
30	0,0576
31	0,0532

Таблица 4 — Значения $E(\lambda)$, отн. для контрольного источника — лазерной плазмы тип I

Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$	Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$
10,0	0,299	20,0	0,007
10,5	0,489	20,5	0,009
11,0	0,161	21,0	0,008
11,5	0,175	21,5	0,008
12,0	0,109	22,0	0,015
12,5	0,095	22,5	0,009
13,0	0,474	23,0	0,015
13,5	1,000	23,5	0,009
14,0	0,832	24,0	0,007
14,5	0,825	24,5	0,011
15,0	0,474	25,0	0,014
15,5	0,336	25,5	0,007
16,0	0,321	26,0	0,014
16,5	0,175	26,5	0,012
17,0	0,086	27,0	0,006
17,5	0,056	27,5	0,013
18,0	0,038	28,0	0,015
18,5	0,025	28,5	0,007
19,0	0,018	29,0	0,011
19,5	0,015	29,5	0,014
		30,0	0,009

Таблица 5 — Значения $E(\lambda)$, отн. для контрольного источника — лазерной плазмы тип II

Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$, отн.
9	0,220
11	0,288
13	0,920
13,5	1,000
14	0,910
15	0,733
16	0,522
18	0,264
20	0,204
30	0,173

Таблица 6 — Значения $E(\lambda)$, отн. для контрольного источника — лазерной плазмы тип III

Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$, отн.	Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$, отн.
10,0	0,009	20,0	0,086
10,5	0,009	20,5	0,084
11,0	0,009	21,0	0,079
11,5	0,010	21,5	0,086
12,0	0,013	22,0	0,083
12,5	0,039	22,5	0,082
13,0	0,106	23,0	0,086
13,5	1,000	23,5	0,079
14,0	0,508	24,0	0,085
14,5	0,267	24,5	0,088
15,0	0,164	25,0	0,082
15,5	0,113	25,5	0,087
16,0	0,132	26,0	0,083
16,5	0,109	26,5	0,085
17,0	0,096	27,0	0,084
17,5	0,094	27,5	0,083
18,0	0,092	28,0	0,086
18,5	0,087	28,5	0,084
19,0	0,074	29,0	0,083
19,5	0,081	29,5	0,085
		30,0	0,083

Таблица 7 — Значения $E(\lambda)$, отн. для контрольного источника — лазерной плазмы тип IV

Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$, отн.	Длина волны λ, нм	$E(\lambda)$, отн.
8,00	0,175	12,50	0,095
8,25	0,226	12,75	0,153
8,50	0,263	13,00	0,474
8,75	0,336	13,25	0,803
9,00	0,584	13,50	1,000
9,25	0,504	13,75	0,978
9,50	0,460	14,00	0,832
9,75	0,474	14,25	0,788
10,00	0,299	14,50	0,825
10,25	0,394	14,75	0,672
10,50	0,489	15,00	0,474
10,75	0,292	15,25	0,394
11,00	0,161	15,50	0,336
11,25	0,146	15,75	0,285
11,50	0,175	16,00	0,321
11,75	0,102	16,25	0,263
12,00	0,109	16,50	0,175
12,25	0,073		

8.3.2 Определение погрешности абсолютной чувствительности радиометров ЭУФ-излучения в диапазоне длин волн 10—30 нм

Определение погрешности абсолютной чувствительности радиометров в диапазоне длин волн 10—30 нм проводят с использованием источника синхротронного излучения. Эталонный и поверяемый радиометры для измерения ЭО (ПИ) 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

$$S = S^* I / I^*, \tag{5}$$

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 Θ_2 поверяемого радиометра не должна превышать 8 %.

8.3.3 Определение погрешности, обусловленной отклонением коэффициента линейности от единицы. Определение границ диапазонов измерений потока излучения и энергетической освещенности

Измерение коэффициента линейности радиометра ЭУФ-излучения проводят для определения границ диапазона измерений потока излучения и энергетической освещенности. 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 ЭО (ПИ), указанной в паспорте поверяемого радиометра и составляющей не более 0,01 Вт/м^2 для ЭО и не более 10^{-7} Вт для ПИ. Увеличивают ток источника в два раза и регистрируют показания поверяемого радиометра I_2. Измерения проводят пять раз. Определяют средние значения измеренных сигналов, СКО S_0 результатов измерений и рассчитывают коэффициент линейности по формуле

$$K = |1 + I_2 / I_1|. \tag{6}$$

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

$$\Theta_3 = 100\,|K - 1|. \tag{7}$$

При определении границ диапазона измерений ЭО (ПИ) поверяемого радиометра ток излучателя увеличивают таким образом, чтобы значение ЭО (ПИ) 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 ЭО и не менее $2 \cdot 10^{-4}$ Вт для ПИ. По результатам измерений определяют границы диапазона измерений ЭО (ПИ) поверяемого радиометра, в пределах которого значение погрешности Θ_3 не превышает 3 %.

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 радиометра от функции $\cos\varphi$ по формуле

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

Косинусную погрешность поверяемого радиометра Θ_4 рассчитывают по формуле

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

Значение Θ_4 должно быть не более 3 %.

9 Обработка результатов измерений

Обработку результатов измерений характеристик радиометров ЭУФ-излучения и предела допускаемой погрешности радиометра при измерении потока излучения и энергетической освещенности проводят в соответствии с ГОСТ Р 8.736.

9.1 Оценку относительного среднего квадратического отклонения S_0 результатов измерений для n независимых измерений проводят по формуле (2).

9.2 Границу относительной неисключенной систематической погрешности определяют по формуле

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

где Θ_j — составляющие неисключенной систематической погрешности:

Θ_1 — погрешность спектральной коррекции;

Θ_2 — погрешность определения абсолютной чувствительности;

Θ_3 — погрешность, обусловленная отклонением коэффициента линейности от единицы;

Θ_4 — погрешность, обусловленная неидеальной коррекцией угловой зависимости чувствительности фотоприемника.

9.3 Предел допускаемой погрешности радиометра Δ_0 рассчитывают по формуле

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

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 $\Delta_0 = \Theta_0$.

9.4 Результаты поверки радиометров ЭУФ-излучения считаются положительными, если предел допускаемой погрешности радиометра ЭУФ-излучения 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 потока излучения и энергетической освещенности 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 Т84.10

Ключевые слова: экстремальный ультрафиолет, энергетическая освещенность, поток излучения, спектральная чувствительность, средства измерений, радиометр, синхротронное излучение

Редактор *Г.Н. Симонова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Д.В. Кардановской*

Сдано в набор 12.03.2019. Подписано в печать 15.07.2019. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,20.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

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

gost.e-ecolog.ru