



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

« 29 » апреля 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

РАДИОМЕТРЫ КОМБИНИРОВАННЫЕ "ФОТОН-М"

Методика поверки

РТ-МП-7210-448-2020

г. Москва  
2020 г.

Настоящая методика поверки распространяется на радиометры комбинированные «ФОТОН-М» (далее радиометр комбинированный), изготовленных ООО "ЭЛЕКТРОСТЕКЛО", г. Москва, и устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками 1 год.

## 1. Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	№ пункта документа по поверке	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	6.1	да	да
Опробование	6.2	да	да
Определение погрешности абсолютной чувствительности	6.3.1	да	да
Определение погрешности спектральной коррекции чувствительности	6.3.2	да	нет
Определение погрешности угловой зависимости чувствительности	6.4.1	да	нет
Определение погрешности нелинейности	6.5.1	да	да
Определение основной относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической освещенности, энергетической освещенности, яркости, коэффициента пульсации освещенности	6.6	да	да

1.2 Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, то дальнейшая поверка прекращается.

1.3 По заявлению владельца радиометра комбинированного допускается проведение поверки отдельных измерительных блоков (приборов) из состава радиометра комбинированного для меньшего числа измеряемых величин с отметкой об объеме проведенной поверки в свидетельстве о поверке.

## 2 Средства поверки

При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2. Средства поверки при проведении первичной и периодической поверок

Номер пункта методики	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение НД, регламентирующего метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.3.1-6.5.1	<p>Основное оборудование:</p> <p>Вторичный эталон спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности потока излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, спектральной плотности силы излучения потока и силы непрерывного излучения по ГОСТ 8.197-2013,  энергетическая освещенность от <math>1 \cdot 10^{-4}</math> до <math>2 \cdot 10^3</math> Вт/м<sup>2</sup>  энергетическая яркость от <math>5 \cdot 10^{-4}</math> до <math>2 \cdot 10^3</math> Вт/м<sup>2</sup>  в диапазоне длин волн от 0,12 до 1,1 мкм</p> <p>Рабочий эталон по ГОСТ 8.197-2013 (радиометр),  энергетическая освещенность от 0,001 до 300 Вт/м<sup>2</sup>  в диапазоне длин волн от 0,2 до 0,4 мкм</p>



Рабочий эталон 1-го разряда по приказу Росстандарта № 2815 от 29 декабря 2018 г. (приемники излучения с комплексом измерительной и вспомогательной аппаратуры), относительная чувствительность фотоприемников от 0,01 до 1,00 отн. ед. в диапазоне длин волн от 0,2 до 1,7 мкм
Рабочий эталон по приказу Росстандарта № 3460 от 30 декабря 2019 г. (три источника излучения (светоизмерительные лампы типа СИС или аналогичные), переменные по своему составу, номинальными значениями силы света 35, 100, 500, 1000 и 1500 кд при цветовой температуре $(2360 \pm 25)$ К, $(2800 \pm 25)$ К, $(2860 \pm 25)$ К, или не менее трех фотометров с диапазоном измерений от 1 до $1 \cdot 10^5$ лк; компаратор (фотометр или осветитель), оптический стенд (фотомерная скамья в комплекте с поворотным столиком), освещенность от $1 \cdot 10^3$ лк, яркость от 10 до $2 \cdot 10^4$ кд/м <sup>2</sup>
Рабочий эталон по приказу Росстандарта № 3460 от 30 декабря 2019 г. (люксметр), освещенность от 1 до $2 \cdot 10^5$ лк
Рабочий эталон по приказу Росстандарта № 3460 от 30 декабря 2019 г. (яркомер), освещенность от 1 до $2 \cdot 10^5$ кд/м <sup>2</sup>
Рабочий эталон по приказу Росстандарта № 3460 от 30 декабря 2019 г. (пульсметр), коэффициент пульсации освещенности от 1 до 100 %
Вспомогательное оборудование:
Нейтральный светофильтр (неселективный или из стекла марки НС) с известным коэффициентом направленного пропускания
Апертурная диафрагма диаметром 30 мм
Цифровой мультиметр Agilent 34410А измерение силы постоянного тока до 100 мкА, ПГ $\pm (0,00050 \cdot I_{изм} + 0,0025 \cdot I_{пр})$
Опорные источники света типа ЛД 20, ЛУФ, ЛЭ, ДБ, КГМ, ДКсШ
Светофильтр из стекла МС-14
Прибор комбинированный Testo-622, температура $(-10 \dots +60)$ °С, ПГ $\pm 0,4$ °С, влажность $(10 \dots 95)$ %, ПГ $\pm 3$ %, давление $(300 \dots 1200)$ гПа, ПГ $\pm 5$ гПа

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

### 3 Требования к квалификации повелителей

К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и Руководство по эксплуатации радиометров, прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

### 4 Требования безопасности

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на средства измерений, используемые при поверке.

### 5 Условия поверки

Поверка радиометров комбинированных должна производиться при следующих внешних условиях:

- температура окружающей среды от +15 до +25 °С;
- относительная влажность, не более 85 %

### 6 Проведение поверки

#### 6.1 Внешний осмотр

6.1.1 Проверку внешнего вида проводят визуально. Проверяют соответствие надписей и обозначений требованиям технической документации; отсутствие механических повреждений (блоков, сколов, царапин и загрязнений) на оптических деталях.



6.1.2 Радиометры комбинированные считаются прошедшими операцию поверки, если отсутствуют механические повреждения корпуса, сколы, царапины и загрязнения на оптических деталях, и соединительных проводов.

## 6.2 Опробование

6.2.1 Для спектро радиометров ФОТОН М-1, ФОТОН М-2, ультрафиолетовых радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4 и УФ-С ФОТОН М-5 включить источник излучения - лампу типа ДКсШ-125.

6.2.2 Для люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7, люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 включить источник излучения - лампу типа СИС или аналогичную.

6.2.3 Установить поверяемый прибор перед источником излучения и включить в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

6.2.4 Радиометры комбинированные считаются прошедшими операцию опробования, если установлено наличие показаний при освещении источником излучения.

## 6.3 Определение основных метрологических характеристик.

### 6.3.1 Определение погрешности абсолютной чувствительности.

#### Способ 1.

6.3.1.1 Для определения погрешности абсолютной чувствительности спектро радиометров ФОТОН М-1, ФОТОН М-2, ультрафиолетовых радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4 и УФ-С ФОТОН М-5, люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7, люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 используют источники излучения типов ДКсШ, ЛБ, КГМ и эталонные приборы - спектро радиометры, ультрафиолетовые радиометры УФ-А, УФ-В и УФ-С, люксметр, яркомер и пульсметр. На расстоянии 1 м от излучателя поочередно устанавливают эталонный и поверяемый приборы. Показания эталонного  $I_i^{\circ}$  и поверяемого  $I_i$  прибора регистрируют поочередно 5 раз. Значение абсолютной чувствительности  $K_i^{abc}$  поверяемого прибора рассчитывают по формуле:

$$K_i^{abc} = \frac{I_i}{I_i^{\circ}}, \text{ безразмерная величина} \quad (1)$$

По результатам измерений  $K_i^{abc}$  определяют относительное среднее арифметическое значение абсолютной чувствительности поверяемого прибора  $\bar{K}^{abc}$ . Относительное среднеквадратическое отклонение (ОСКО)  $S_1$  от  $\bar{K}^{abc}$  для  $n$  независимых измерений определяют по формуле:

$$S_1 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{K}^{abc} - K_i^{abc})^2}}{\bar{K}^{abc} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1)}} \cdot 100, \text{ безразмерная величина} \quad (2)$$

ОСКО  $S_1$  результатов измерений абсолютной чувствительности спектро радиометров ФОТОН М-1, ФОТОН М-2, не должно превышать 0,4 %, НСП  $\Theta_1$  - не должно превышать 4 %.

ОСКО  $S_1$  результатов измерений абсолютной чувствительности радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4, УФ-С ФОТОН М-5, люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7, люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 не должно превышать 0,3 %, НСП  $\Theta_1$  - не должно превышать 3 %.

#### Способ 2.

6.3.1.2 Определение погрешности абсолютной чувствительности люксметра ФОТОН М-6:

6.3.1.2.1 Определить на фотометрической скамье расстояние  $l$  от тела накала эталонной лампы, соответствующее освещенности  $E_d$  в приблизительно равной 900 лк. Измерения освещенности допускается проводить на расстоянии не менее 1 м от лампы.



Установить измерительный блок люксметра на оптической оси скамьи, на расстоянии  $l$  от тела накала эталонной лампы, произвести измерения  $E_{\text{изм}i}$  освещенности с каждой эталонной лампой. Общее число измерений  $E_{\text{изм}}$  должно быть не менее 5.

6.3.1.2.2 Значение абсолютной чувствительности  $K_i^{\text{abc}}$  поверяемого люксметра рассчитывают по формуле:

$$K_i^{\text{abc}} = \frac{E_d}{E_{\text{изм}i}}, \text{ безразмерная величина} \quad (3)$$

где  $E_d$  - действительная освещенность в точке измерения,  $E_d = I / l^2$ , лк;

$I$  - сила света эталонной лампы СИС (из свидетельства о поверке лампы);

$l$  - расстояние от тела накала эталонной лампы до приемной поверхности фотометрической головки, м.

6.3.1.2.4 По результатам измерений  $K_i^{\text{abc}}$  определяют среднее арифметическое значение абсолютной чувствительности поверяемого люксметра  $\bar{K}^{\text{abc}}$ . Относительное среднеквадратическое отклонение (ОСКО)  $S_1 \bar{K}^{\text{abc}}$  для  $n$  независимых измерений определяют по формуле 2, НСП  $\Theta_1$  принимают равным пределу относительной погрешности результата измерения силы света светоизмерительной лампы.

ОСКО  $S_1$  результатов измерений абсолютной чувствительности люксметра ФОТОН М-6, не должно превышать 0,3 %, НСП  $\Theta_1$  - не должно превышать 3 %.

6.3.1.3 Определение погрешности абсолютной чувствительности яркомера ФОТОН М-7. Определение проводится методом прямых измерений протяженного источника яркости. Источник яркости состоит из светоизмерительной лампы и диффузного рассеивателя из стекла МС-14, работающего на пропускание, в комплекте с выходной апертурой Q.

Яркость эталонного источника  $L_d$  определяют по формуле:

$$L_d = \frac{E \cdot l^2}{Q \cdot \Omega_0} = \frac{4 \cdot I_\phi \cdot l^2}{\pi \cdot d^2 \cdot S_{\text{фг}}}, \text{ кд/м}^2 \quad (4)$$

$E$  - освещенность, создаваемая на расстоянии  $l$  от выходной апертуры, лк;

$l$  - расстояние от выходной апертуры до приемника излучения, м;

$Q$  - площадь выходной апертуры, м<sup>2</sup>;

$\Omega_0$  - единичный телесный угол, рад;

$I_\phi$  - фототок фотоголовки на расстоянии  $l$  от выходной апертуры, измеренный мультиметром, А;

$d$  - диаметр выходной апертуры, м;

$S_{\text{фг}}$  - коэффициент преобразования фотоголовки, А/лк.

Провести не менее 5 измерений яркости  $L_{\text{изм}}$ , рассчитать значение абсолютной чувствительности  $K_i^{\text{abc}}$  по формуле:

$$K_i^{\text{abc}} = \frac{L_d}{L_{\text{изм}i}}, \text{ безразмерная величина} \quad (5)$$

где  $L_d$  - действительная яркость в точке измерения, кд/м<sup>2</sup>;

$L_{\text{изм}i}$  - измеренная яркость в точке измерения, кд/м<sup>2</sup>.

6.3.1.3.1 По результатам измерений  $K_i^{\text{abc}}$  определяют среднее арифметическое значение абсолютной чувствительности поверяемого прибора  $\bar{K}^{\text{abc}}$ . Относительное среднеквадратическое отклонение (ОСКО)  $S_1 \bar{K}^{\text{abc}}$  для  $n$  независимых измерений определяют по формуле 2.

6.3.1.3.2 Неисключенную систематическую погрешность  $\Theta_1$  определяют по формуле:

$$\Theta_1 = 1.1 \cdot \sqrt{\delta_l^2 + \delta_r^2 + \delta_{\text{фг}}^2}, \% \quad (6)$$

где  $\delta_l$  - предел относительной погрешности результата измерения силы света светоизмерительной лампы;



$\delta_T$  - предел допускаемой относительной погрешности измерения фототока, рассчитывается исходя из типа используемого измерителя тока;

$\delta_{фг}$  - предел основной относительной погрешности измерения коэффициента преобразования фотометрической головки.

ОСКО  $S_1$  результатов измерений абсолютной чувствительности яркомера ФОТОН М-7, не должно превышать 0,3 %, НСП  $\Theta_1$  - не должно превышать 3 %.

6.3.1.3.3 Для определения погрешности абсолютной чувствительности канала измерения коэффициента пульсации люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 используют лампу типа ЛД 20-2 или аналогичную с коэффициентом пульсации 20-50 %. Повторяют операции по п. 6.3.1.1.

6.3.1.3.4 Для определения погрешности абсолютной чувствительности канала измерения освещенности люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 повторяют операции по п. 6.3.1.2.

Выбирают максимальные по модулю значения ОСКО  $S_1$  и НСП  $\Theta_1$ .

ОСКО  $S_1$  результатов измерений абсолютной чувствительности люксметра-пульсметра ФОТОН М-8, не должно превышать 0,3 %, НСП  $\Theta_1$  - не должно превышать 3 %.

6.3.2 Определение погрешности спектральной коррекции чувствительности.

6.3.2.1 Для определения погрешности спектральной коррекции чувствительности спектрорадиометра ФОТОН М-1 измеряют СПЭО излучателей типа ЛУФ, ЛЭ, ДБ с апертурной диафрагмой диаметром 30 мм в диапазоне длин волн от 200 до 400 нм и эталонного прибора из состава вторичного эталона спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности потока излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, спектральной плотности силы излучения потока и силы непрерывного излучения по ГОСТ 8.197-2013. Для определения погрешности спектральной коррекции чувствительности спектрорадиометра ФОТОН М-2 измеряют СПЭО излучателя типа КГМ в диапазоне длин волн от 400 до 1000 нм и эталонного прибора из состава вторичного эталона спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности потока излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, спектральной плотности силы излучения потока и силы непрерывного излучения по ГОСТ 8.197-2013. Эталонный и поверяемый приборы поочередно устанавливают на расстоянии 1 м от излучателя и юстируют по максимуму сигнала. Регистрируют показания эталонного  $I^\circ(\lambda)$  и поверяемого  $I(\lambda)$  приборов поочередно по 5 раз на каждой длине волны с шагом 20 нм. Устанавливают светофильтр и регистрируют показания эталонного  $J^\circ(\lambda)$  и поверяемого  $J(\lambda)$  приборов, соответствующие рассеянному излучению. Относительную спектральную чувствительность (ОСЧ) поверяемого радиометра  $S_i(\lambda)$  рассчитывают по ОСЧ  $S^\circ(\lambda)$  эталонного прибора по формуле:

$$S(\lambda) = S^\circ(\lambda) \cdot \left( \frac{I(\lambda) - J(\lambda)}{I^\circ(\lambda) - J^\circ(\lambda)} \right), \text{ безразмерная величина} \quad (7)$$

Для каждой длины волны определяют среднее арифметическое значение ОСЧ  $\bar{S}(\lambda)$  и значение  $E(\lambda)$  контрольного источника. Оценку относительного ОСКО  $S_2$  результата измерений от среднего арифметического для  $n$  независимых измерений определяют по формуле:

$$S_2 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{S}(\lambda) - S_i(\lambda))^2}}{\bar{S}(\lambda) \cdot \sqrt{n \cdot (n-1)}} \cdot 100, \text{ безразмерная величина} \quad (8)$$

ОСКО  $S_2$  результатов измерений спектральной коррекции чувствительности спектрорадиометров ФОТОН М-1 и ФОТОН М-2, не должно превышать 0,4 %, НСП  $\Theta_2$  - не должно превышать 4,0 %.

6.3.2.2 Для определения погрешности спектральной коррекции чувствительности ультрафиолетовых радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4 и УФ-С ФОТОН М-5 используют эталонные ультрафиолетовые радиометры УФ-А, УФ-В и УФ-С и контрольные



источники излучения типа ЛУФ, ЛЭ, ДБ. Устанавливают эталонный ультрафиолетовый радиометр на расстоянии 1 м от контрольного источника излучения с апертурной диафрагмой диаметром 30 мм и определяют значение ЭО. На место эталонного радиометра устанавливают измерительный блок поверяемого радиометра и регистрируют показания  $I_i$ . Показания эталонного  $I_i^\circ$  и поверяемого  $I_i$  приборов регистрируют поочередно по 5 раз. Для поверяемого радиометра значения коэффициента спектральной коррекции  $K_i^{CK}$  для контрольных источников излучения рассчитывают по формуле:

$$K_i^{CK} = K^\circ \cdot \frac{I_i^{CK}}{I_i^{\circ CK}}, \text{ безразмерная величина} \quad (9)$$

где  $K^\circ$  - коэффициент спектральной коррекции эталонного радиометра для контрольного источника из свидетельства о поверке. Определяют среднее значение коэффициента спектральной коррекции чувствительности поверяемого радиометра  $\bar{K}^{CK}$  для каждого контрольного источника, указанного в свидетельстве о поверке эталонного радиометра. Оценку ОСКО  $S_2$  среднего арифметического коэффициента  $\bar{K}^{CK}$  для 5 независимых измерений определяют по формуле:

$$S_2 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{K}^{CK} - K_i^{CK})^2}}{\bar{K}^{CK} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1)}} \cdot 100, \% \quad (10)$$

ОСКО  $S_2$  результатов измерений спектральной коррекции чувствительности радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4, УФ-С ФОТОН М-5, не должно превышать 0,4 %, а НСП  $\Theta_2$  - не должно превышать 4,0 %.

Значения коэффициентов спектральной коррекции чувствительности радиометров указывают в свидетельстве о поверке.

6.3.2.3 Для оценки погрешности спектральной коррекции люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7 и люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 измеряют ОСЧ поверяемого прибора в диапазоне длин волн от 400 до 1000 нм с использованием излучателя типа КГМ, монохроматора и эталонного приемника излучения. Эталонный приемник излучения и поверяемый прибор поочередно устанавливают за выходной щелью монохроматора таким образом, чтобы поток монохроматического излучения полностью перекрывал апертурную диафрагму поверяемого прибора. Регистрируют показания эталонного приемника  $I^\circ(\lambda)$  и поверяемого прибора  $I(\lambda)$  поочередно по 5 раз на каждой длине волны с шагом 20 нм. За выходной щелью монохроматора устанавливают светофильтр и регистрируют показания эталонного приемника  $J^\circ(\lambda)$  и показания поверяемого прибора  $J(\lambda)$ , соответствующие рассеянному излучению в монохроматоре. ОСЧ поверяемого прибора  $S_i(\lambda)$  рассчитывают по известным значениям абсолютной чувствительности  $S^\circ(\lambda)$  эталонного приемника по формуле (7).

Для каждой длины волны определяют среднее арифметическое значение ОСЧ  $\bar{S}(\lambda)$ . Оценку относительного ОСКО  $S_2$  результата измерений от среднего арифметического для 5 независимых измерений определяют по формуле 2.

Для люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7 и люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 НСП спектральной коррекции  $\Theta_2$  чувствительности, вызванную отклонением относительной спектральной чувствительности  $S(\lambda)$  поверяемого прибора от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения, определяют по формуле:

$$\Theta_2 = \left( \left( \frac{\int_{400}^{1000} \varphi_A(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda \cdot \int_{400}^{1000} E^{CT}(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda}{\int_{400}^{1000} \varphi_A(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda \cdot \int_{400}^{1000} E^{CT}(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda} - 1 \right) \right) \cdot 100, \% \quad (11)$$

где  $V(\lambda)$  - относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения для дневного зрения ГОСТ 8.332-2013;

$\varphi_A(\lambda)$  - относительное спектральное распределение энергии излучения источника типа А ГОСТ 7721-89;



$E^{CT}(\lambda)$  - относительное спектральное распределение энергии излучения одного из пяти контрольных источников излучения: трехполосная люминесцентная лампа, ртутная лампа высокого давления, натриевая лампа высокого давления, металлогалогенная лампа с тремя добавками и металлогалогенная лампа с редкими землями (по публикации СІЕ № 53 (ТС-2.2) 1982).

ОСКО  $S_2$  результатов измерений спектральной коррекции чувствительности люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7, люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 не должно превышать 0,3 %, НСП  $\Theta_2$  - не должно превышать 3 %.

#### 6.4.1 Определение погрешности угловой зависимости чувствительности.

При измерении погрешности угловой зависимости чувствительности спектро radiометров ФОТОН М-1, ФОТОН М-2, ультрафиолетовых радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4, УФ-С ФОТОН М-5, люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7 и люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 от угла падения потока излучения могут использоваться гониометр или поворотный столик из комплекта скамьи ФС-М. При работе с гониометром поверяемый прибор устанавливается на неподвижное плечо гониометра. На подвижное плечо гониометра устанавливаются источники излучения типа ДКсШ (КГМ). Регистрируются показания  $I(\varphi)$  поверяемого прибора в зависимости от угла падения  $\varphi$  потока излучения 5 раз. Для спектро radiометров ФОТОН М-1, ФОТОН М-2 измерения проводятся в углах от  $-5^\circ$  до  $+5^\circ$  с шагом  $1^\circ$ . Для приборов ФОТОН М-3, ФОТОН М-4, ФОТОН М-5, ФОТОН М-6 и ФОТОН М-8 измерения проводятся в углах от  $-40^\circ$  до  $+40^\circ$  с шагом  $10^\circ$ . Для яркомера ФОТОН М-7 измерения проводятся в углах от  $-4^\circ$  до  $+4^\circ$  с шагом  $1^\circ$ . При работе с поворотным столиком прибор закрепляется на нем, далее выполняются операции аналогичные вышеописанным. Показания поверяемого прибора при угле падения потока излучения  $\varphi$  нормируются на показания при нормальном падении потока излучения. Рассчитывают угловую зависимость чувствительности  $K(\varphi)$  по формуле:

$$K(\varphi) = \frac{I(\varphi)}{I(0) \cdot \cos(\varphi)} - 1, \text{ безразмерная величина} \quad (12)$$

Оценку ОСКО  $S_3$  угловой зависимости чувствительности от среднего арифметического коэффициента  $\bar{K}(\varphi)$  для  $n$  независимых измерений определяют по формуле:

$$S_3 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n ((\bar{K}(\varphi) - K_i(\varphi))^2)}}{\bar{K}(\varphi) \cdot \sqrt{n \cdot (n-1)}} \cdot 100, \% \quad (13)$$

Оценку НСП  $\Theta_3$  угловой зависимости чувствительности поверяемых приборов принимают равным максимально полученному значению  $K(\varphi)$ .

ОСКО  $S_3$  результатов измерений погрешностей угловой зависимости чувствительности спектро radiометров ФОТОН М-1 и ФОТОН М-2 (для угла зрения в диапазоне от  $-5$  до  $+5$  градусов) ультрафиолетовых радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4, УФ-С ФОТОН М-5 (для угла зрения в диапазоне от  $-40$  до  $+40$  градусов) не должно превышать 0,3%, НСП  $\Theta_3$  - не должно превышать 3,0%.

ОСКО  $S_3$  результатов измерений погрешностей угловой зависимости чувствительности люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7, люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 не должно превышать 0,3%, НСП  $\Theta_3$  - не должно превышать 3,0% (для угла зрения в диапазоне от  $-40$  до  $+40$  градусов для ФОТОН М-6, ФОТОН М-8; для угла зрения в диапазоне от  $-4$  до  $+4$  градусов для ФОТОН М-7).

#### 6.5.1 Определение погрешности нелинейности.

##### Способ 1.

Для определения погрешности нелинейности спектро radiометров ФОТОН М-1, ФОТОН М-2, ультрафиолетовых радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4, УФ-С ФОТОН М-5, люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7 и люксметра-пульсметра ФОТОН М-8 устанавливают эталонный прибор на расстоянии от источника излучения ДКсШ, при котором обеспечивается верхняя граница динамического диапазона поверяемого прибора, и регистрируют



показания  $I_i^{\circ\text{MAX}}$  эталонного прибора. На место эталонного прибора устанавливают поверяемый прибор и регистрируют показания  $I_i^{\text{MAX}}$ . Показания эталонного  $I_i^{\circ\text{MAX}}$  и поверяемого  $I_i^{\text{MAX}}$  приборов регистрируют поочередно по 5 раз. Коэффициент нелинейности поверяемого прибора  $K_i^{\text{MAX}}$  определяют по формуле:

$$K_i^{\text{MAX}} = \left| \left( \frac{I_i^{\text{MAX}}}{I_i^{\circ\text{MAX}}} \right) - 1 \right|, \text{ безразмерная величина} \quad (14)$$

Устанавливают эталонный прибор на расстоянии от источника излучения типа ДДС, при котором обеспечивается нижняя граница динамического диапазона поверяемого прибора, и регистрируют показания эталонного прибора  $I_i^{\circ\text{MIN}}$ . На место эталонного прибора устанавливают поверяемый прибор и регистрируют показания  $I_i^{\text{MIN}}$ . Показания эталонного  $I_i^{\circ\text{MIN}}$  и поверяемого  $I_i^{\text{MIN}}$  приборов регистрируют поочередно по 5 раз. Для поверяемого прибора значения коэффициента нелинейности  $K_i^{\text{MIN}}$  определяют по формуле:

$$K_i^{\text{MIN}} = \left| \left( \frac{I_i^{\text{MIN}}}{I_i^{\circ\text{MIN}}} \right) - 1 \right|, \text{ безразмерная величина} \quad (15)$$

Средние арифметические значения коэффициентов нелинейности поверяемого прибора  $\bar{K}^{\text{MAX}}$ ,  $\bar{K}^{\text{MIN}}$ ,  $\bar{I}^{\text{MAX}}$ ,  $\bar{I}^{\circ\text{MAX}}$ ,  $\bar{I}^{\text{MIN}}$ ,  $\bar{I}^{\circ\text{MIN}}$ , ОСКО  $S_4^{\text{MAX}}$  нелинейности поверяемого прибора среднего арифметического коэффициента  $\bar{K}^{\text{MAX}}$  и ОСКО  $S_4^{\text{MIN}}$  нелинейности поверяемого прибора среднего арифметического коэффициента  $\bar{K}^{\text{MIN}}$  для  $n$  независимых измерений определяют по формулам:

$$S_4^{\text{MAX}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{K}^{\text{MAX}} - K_i^{\text{MAX}})^2}}{\bar{K}^{\text{MAX}} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1)}} \cdot 100, \% \quad (16)$$

$$S_4^{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{K}^{\text{MIN}} - K_i^{\text{MIN}})^2}}{\bar{K}^{\text{MIN}} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1)}} \cdot 100, \% \quad (17)$$

Рассчитать НСП  $\Theta_4^{\text{MAX}}$  и  $\Theta_4^{\text{MIN}}$  по формуле:

$$\Theta_4 = 1.1 \cdot \sqrt{\left( \frac{(\bar{I}^{\text{MAX(MIN)}} - \bar{I}^{\circ\text{MAX(MIN)}})}{\bar{I}^{\circ\text{MAX(MIN)}}} \cdot 100 \right)^2}, \% \quad (18)$$

ОСКО  $S_4^{\text{MAX}}$ , или  $S_4^{\text{MIN}}$  определения нелинейности чувствительности поверяемого прибора при максимальном и минимальном значениях рабочего динамического диапазона не должно превышать 0,3%, НСП  $\Theta_4^{\text{MAX}}$ , или  $\Theta_4^{\text{MIN}}$  определения нелинейности чувствительности поверяемого прибора при максимальном и минимальном значениях рабочего динамического диапазона не должно превышать 4,0 %.

### Способ 2.

Для определения погрешности нелинейности люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7 и люксметра-пульсметра ФОТОН М-8.

Установить измерительный блок на оптической оси скамьи так, чтобы обеспечивалось от 80 до 100 % верхней границы диапазона поверяемого прибора и зафиксировать показания  $I_i^{\text{MAX}}$ . Для достижения необходимых значений допускается использование фокусирующей линзы.

Установить между источником света и поверяемым прибором нейтральный ослабитель с известным коэффициентом пропускания. Зафиксировать показания прибора  $I_{\text{тi}}^{\text{MAX}}$ . Показания регистрируют поочередно 5 раз.

Рассчитать теоретически получаемые значения  $I_{\text{теор.тi}}^{\text{MAX}}$  по формуле:

$$I_{\text{теор.тi}}^{\text{MAX}} = I_i^{\text{MAX}} \cdot \tau, \text{ лк (кд/м}^2\text{)} \quad (19)$$

где  $\tau$  - коэффициент направленного пропускания нейтрального светофильтра, отн.ед.



Коэффициент нелинейности поверяемого прибора  $K_i^{\text{MAX}}$  определяют по формуле:

$$K_i^{\text{MAX}} = \left| \left( \frac{I_{\pi}^{\text{MAX}}}{I_{\text{теор.}\pi}^{\text{MAX}}} \right) - 1 \right|, \text{ безразмерная величина} \quad (20)$$

Аналогично проводят операции для нижней границы диапазона, при этом изначально находя  $I_{\pi}^{\text{MIN}}$  равное минимальному пределу измерений поверяемого прибора.

Средние арифметические значения коэффициентов нелинейности поверяемого прибора  $\bar{K}^{\text{MAX}}$ ,  $\bar{K}^{\text{MIN}}$ ,  $\bar{I}_{\text{теор.}\tau}^{\text{MAX}}$ ,  $\bar{I}_{\text{теор.}\tau}^{\text{MIN}}$ ,  $\bar{I}_{\tau}^{\text{MIN}}$ ,  $\bar{I}_{\tau}^{\text{MAX}}$ , ОСКО  $S_4^{\text{MIN}}$  нелинейности поверяемого прибора среднего арифметического коэффициента  $\bar{K}^{\text{MAX}}$  и ОСКО  $S_4^{\text{MIN}}$  нелинейности поверяемого прибора среднего арифметического коэффициента  $\bar{K}^{\text{MIN}}$  для  $n$  независимых измерений определяют по формулам 16 и 17.

Рассчитать НСП  $\Theta_4^{\text{MAX}}$  и  $\Theta_4^{\text{MIN}}$  по формуле:

$$\Theta_4 = 1.1 \cdot \sqrt{\left( \left( \frac{\bar{I}_{\tau}^{\text{MAX(MIN)}} - \bar{I}_{\text{теор.}\tau}^{\text{MAX(MIN)}}}{\bar{I}_{\text{теор.}\tau}^{\text{MAX(MIN)}}} \right) \cdot 100 \right)^2 + \delta_n^2 + \delta_r^2}, \% \quad (21)$$

где  $\delta_n$  - предел относительной погрешности результата измерения силы света светоизмерительной лампы, %;

$\delta_r$  - относительная погрешность определения коэффициента направленного пропускания, %.

ОСКО  $S_4^{\text{MAX}}$ , или  $S_4^{\text{MIN}}$  определения нелинейности чувствительности поверяемого прибора при максимальном и минимальном значениях рабочего динамического диапазона не должно превышать 0,3%, НСП  $\Theta_4^{\text{MAX}}$ , или  $\Theta_4^{\text{MIN}}$  определения нелинейности чувствительности поверяемого прибора при максимальном и минимальном значениях рабочего динамического диапазона не должно превышать 4,0 %. В дальнейших расчетах используются максимальные по модулю из полученных значений.

#### 6.6 Определение предела допускаемой основной относительной погрешности.

Определение предела допускаемой основной относительной погрешности спектрорадиометров ФОТОН М-1, ФОТОН М-2, ультрафиолетовых радиометров УФ-А ФОТОН М-3, УФ-В ФОТОН М-4, УФ-С ФОТОН М-5, люксметра ФОТОН М-6, яркомера ФОТОН М-7 и люксметр-пульсметра ФОТОН М-8 проводят в соответствии с ГОСТ 8.736-2011.

6.6.1 ОСКО  $S_0$  результатов измерений определяют по формуле:

$$S_0 = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2}, \% \quad (22)$$

где  $S_1$  - ОСКО определения абсолютной чувствительности;

$S_2$  - ОСКО определения спектральной коррекции чувствительности;

$S_3$  - ОСКО определения угловой коррекции чувствительности;

$S_4$  - ОСКО определения нелинейности чувствительности.

6.6.2 НСП  $\Theta_0$  результатов измерений определяют по формуле:

$$\Theta_0 = 1.1 \cdot \sqrt{\Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2 + \Theta_4^2}, \% \quad (23)$$

где  $\Theta_1$  - НСП определения абсолютной чувствительности;

$\Theta_2$  - НСП определения спектральной коррекции;

$\Theta_3$  - НСП определения угловой коррекции чувствительности;

$\Theta_4$  - НСП определения нелинейности чувствительности.

6.6.3 Предел допускаемой основной относительной погрешности определяют по формуле:

$$\Delta_0 = K_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma} = K_{\Sigma} \cdot \left( \frac{\Theta_0^2}{3} + S_0^2 \right), \% \quad (24)$$

где  $K$  - коэффициент, определяемый соотношением случайной и неисключенной систематической погрешностей в соответствии с ГОСТ 8.736-2011.

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



Значение коэффициента  $K_{\Sigma}$  вычисляют по формуле:

$$K_{\Sigma} = \frac{(t \cdot S_i + \Theta_0)}{(S_i + S_{\Theta})}, \text{ безразмерная величина (25)}$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента.

$S_{\Theta}$  - СКО НСП вычисляют по формуле:

$$S_{\Theta}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{\Theta_i^2}{3}, \% \quad (26)$$

При периодической поверке,  $\Theta_2$  и  $\Theta_3$  принимают равными 4,0 % и 3,5 % соответственно.

Предел основной относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической освещенности, энергетической освещенности, освещенности, яркости, коэффициента пульсации освещенности приборов из состава радиометра комбинированного «ФОТОН-М» не должна превышать 10%.

## 7 Оформление результатов поверки

7.1 При положительных результатах поверки приборы признаются годными, и на них выдается свидетельство о поверке согласно действующим правовым нормативным документам.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде оттиска поверительного клейма.

7.2 Приборы, не удовлетворяющие хотя бы одному из требований п.п. 6.1 – 6.6 настоящей методики, признаются непригодными. Отрицательные результаты поверки оформляются выдачей извещения о непригодности с указанием причин.

Начальник лаборатории № 448



А.Г. Дубинчик

Начальник сектора 2 лаборатории № 448



С.В. Панков