

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕПЛОПРИЕМНИК СУММАРНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ФОА 020

Методика поверки

МП 012.М4-21

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

«18» 2021 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков

«18» 2021 г.

г. Москва

2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на теплоприемник суммарного теплового потока ФОА 020 (далее – теплоприемник) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

По итогам поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 86-2017 «Государственный первичный эталон единиц радиометрических и спектрометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм». Поверка теплоприемника выполняется методом сличений при помощи компаратора.

Метрологические характеристики теплоприемника указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений энергетической освещенности, Вт/м ²	от 10 до 1000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений энергетической освещенности, %	± 5,0
Коэффициент преобразования, В·м ² /Вт, не менее	3
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования, %	± 5,0

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 Поверку теплоприемника осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

2.2 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

№п/п	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность выполнения операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
2	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
3	Определение метрологических характеристик средства измерений	9	Да	Да
4	Определение значений и относительной погрешности измерений коэффициента преобразования	9.1	Да	Да
5	Определение диапазона и относительной погрешности измерений энергетической освещенности	9.2	Да	Да
6	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

2.3 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

3.1 При проведении первичной и периодических поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки теплоприемника

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
Определение метрологических характеристик средства измерений п. 9	Вторичный эталон единицы энергетической освещенности по государственной поверочной схеме для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм, спектральной плотности потока излучения в диапазоне длин волн от 0,25 до 2,5 мкм, энергетической освещенности и энергетической яркости монохроматического излучения в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,6 мкм, спектральной плотности потока излучения возбуждения флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,8 мкм и	Диапазон измерений энергетической освещенности от 10 до 1000 Вт/м ² ; Пределы допускаемых относительных погрешностей результатов измерений при передаче размера единицы энергетической освещенности рабочим эталонам 1-го разряда и высокоточным рабочим средствам измерений не превышает $1,0 \cdot 10^{-2}$.	Государственный вторичный эталон единиц силы излучения и энергетической освещенности непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм (далее – ГВЭ)

	спектральной плотности потока излучения эмиссии флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,85 мкм (далее – ГПС), утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2815		
Определение условий проведения поверки	Средства измерений температуры окружающего воздуха	Диапазон измерений от минус 10 до плюс 50 °С; Абсолютная погрешность $\pm 0,2$ °С	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06
	Средства измерений относительной влажности воздуха	Диапазон измерений от 30 до 98 %; Абсолютная погрешность ± 3 %	
	Средства измерений атмосферного давления	Диапазон измерений от 80 до 110 кПа; Абсолютная погрешность $\pm 0,13$ кПа	
	Средства измерений напряжения сети	Диапазон измерений напряжения от 100 до 750 В; Абсолютная погрешность $\pm (0,0006 \cdot U_n + 0,0003 \cdot U_k)$, где U_n – измеренное значение; U_k – предел измерений	Мультиметр цифровой 34401А, рег. № 54848-13
	Средства измерений частоты сети напряжения переменного тока	Диапазон измерений от 40 Гц до 300 кГц; Абсолютная	

		погрешность $\pm 0,0001 \cdot F_n$, где F_n – измеренное значение	
--	--	---	--

3.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, но обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого теплоприемника с требуемой точностью. Средства поверки, указанные в таблице 3, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

3.3 Средства поверки, указанные в таблице 3, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица:

- изучившие настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на теплоприемники;
- соблюдающие требования, установленные руководством по эксплуатации теплоприемника и средств поверки, имеющие квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.20 № 903н;
- прошедшие полный инструктаж по технике безопасности;
- прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемым видам измерений.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности:

- предусмотренные эксплуатационной документацией на теплоприемники и средства поверки;
- воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ;
- помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83;

5.2 Теплоприемник не оказывает опасных воздействий на окружающую среду и не требует специальных мер по защите окружающей среды.

6 Требования к условиям проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- | | |
|--------------------------------------|----------------|
| - температура окружающей среды, °C | от +15 до +25; |
| - относительная влажность воздуха, % | от 50 до 80; |
| - атмосферное давление, кПа | от 96 до 104; |
| - напряжение питающей сети, В | от 216 до 224; |
| - частота питающей сети, Гц | от 49 до 51. |

6.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим. В помещение не должно быть кислотных, щелочных и других газов, способных вызвать значительную коррозию металлов, а также газообразных органических растворителей (бензина и разбавителя), способных вызвать коррозию красок.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1.1 Проверку проводят визуально. Проверяют соответствие расположения надписей и обозначений требованиям технической документации; отсутствие механических повреждений на наружных поверхностях теплоприемника, влияющих на его работоспособность; чистоту гнезд и разъемов, состояние соединительных кабелей.

7.1.2 Теплоприемник считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если внешние элементы не повреждены, отсутствуют механические повреждения элементов конструкции.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед началом работы с теплоприемником необходимо внимательно изучить его руководство по эксплуатации.

8.2 Проверить наличие средств поверки по таблице 2, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

8.3 При опробовании с помощью мультиметра 34401А из состава ГВЭ проводят проверку значений сопротивлений электрических цепей теплоприемника:

- сопротивление термобатареи при температуре 20 °С, Ом;
- сопротивление терморезистора при температуре 20 °С, Ом;
- сопротивление нагревателя при температуре 20 °С, Ом.

8.4 При проверке сопротивлений электрической цепи теплоприемника к клеммам мультиметра 34401А подсоединяются соответствующие (в соответствии со схемой электрической принципиальной теплоприемника) контакты розетки кабеля теплоприемника. Измерения проводятся с точностью ± 1 Ом.

8.5 Теплоприемник считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если выполняются операции пп. 8.3 – 8.4. и измеренные значения электрических сопротивлений теплоприемника соответствуют требованиям, указанным в технической документации теплоприемника.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение значений и относительной погрешности измерений коэффициента преобразования

9.1.1 Включают ГВЭ в соответствии с его Правилами хранения и содержания. Энергетическую освещенность, создаваемую излучателями ГВЭ в плоскости измерений на расстоянии l , м, определяют методом прямых измерений неселективным приемником излучения типа ПП-1 (далее – приемник ПП-1) из состава ГВЭ.

9.1.2 Приемник ПП-1 устанавливают перед излучателем на расстоянии l , м, которое контролируется нутромером из состава ГВЭ. Выбор значения расстояния определяется значением измеряемой энергетической освещенности. Закрывают заслонку, выдерживают 3 мин и измеряют напряжение электрического «темнового» сигнала U_0 , В, приемника ПП-1. Затем, открывают заслонку, выдерживают 3 мин и измеряют напряжение электрического «светового» сигнала U_l , В, приемника ПП-1.

9.1.3 Измерения по п. 9.1.2 проводят не менее 5 раз при одном режиме питания излучателя.

9.1.4 Теплоприемник устанавливают напротив излучателя ГВЭ таким образом, чтобы в поле зрения теплоприемника находилась рабочая зона излучателя, а приемная площадка теплоприемника находилась на таком же расстоянии l , м, от излучателя ГВЭ, как и при измерениях приемником ПП-1. Проводят измерения напряжения выходного электрического

сигнала теплоприемника при начальных, конечных и средних значениях диапазона энергетической освещенности излучателя из состава ГВЭ от 10 до 1000 Вт/м². Измерения в каждой точке определяемого диапазона выполняются не менее 5 раз и рассчитывают среднее значение.

9.1.5 Производят обработку результатов измерений в соответствии с п. 10.1.

9.2 Определение диапазона и относительной погрешности измерений энергетической освещенности

9.2.1 Определение диапазона и относительной погрешности измерений энергетической освещенности осуществляется расчётным методом с использованием данных, полученных при определении коэффициента преобразования по п. 9.1.

9.2.2 Произвести определение диапазона и относительной погрешности измерений энергетической освещенности в соответствии с п. 10.2.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Обработка результатов измерений при определении энергетической освещенности.

10.1.1 Определяют напряжение электрического сигнала приемника ПП-1 из состава ГВЭ по формуле:

$$U_i = U_l - U_0, \quad (1)$$

где U_l – измеренное значение напряжения электрического «светового» сигнала приемника ПП-1 с открытой заслонкой, В, установленного перед излучателем из состава ГВЭ;

U_0 – измеренное значение напряжения электрического «темнового» сигнала приемника ПП-1 с закрытой заслонкой, В, установленного перед излучателем из состава ГВЭ.

10.1.2 Значение энергетической освещенности приемника ПП-1 E_i , Вт/м², вычисляют по формуле:

$$E_i = \frac{U_i}{K_0}, \quad (2)$$

где U_i – напряжение электрического сигнала приемника ПП-1, В;

K_0 – коэффициент преобразования приемника ПП-1, взятый из свидетельства о поверке на приемник ПП-1, В·м²/Вт.

10.1.3 Определяют среднее значение энергетической освещенности приемника ПП-1 по формуле:

$$E_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (3)$$

где n – количество измерений.

10.1.4 Рассчитывают коэффициент преобразования теплоприемника по формуле:

$$K_1 = \frac{U}{E_o}, \quad (4)$$

где E_o – значение энергетической освещенности излучателя из состава ГВЭ, Вт/м²;

U – напряжение выходного электрического сигнала теплоприемника, В.

10.1.5 Рассчитывают среднее значение коэффициента преобразования теплоприемника по формуле:

$$K_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{li}, \quad (5)$$

где n – количество измерений.

10.1.6 Рассчитывают среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического коэффициента преобразования теплоприемника по формуле:

$$S_k = \frac{1}{K_{cp}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - K_{cp})^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

10.1.7 Рассчитывают доверительные границы случайной погрешности коэффициента преобразования теплоприемника по формуле:

$$\varepsilon = t \cdot S_k \quad (7)$$

где t – коэффициент Стьюдента в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011.

10.1.8 Рассчитывают границы неисключенной систематической погрешности (НСП) коэффициента преобразования теплоприемника Θ_k при доверительной вероятности $P=0,95$ по формуле 8:

$$\Theta_{\Sigma} = \sum_{i=1} |\Theta_i| \quad (8)$$

где Θ_1 – неисключенная систематическая погрешность, определяемая погрешностью ГВЭ, характеризующейся пределом допускаемой относительной погрешности измерений энергетической освещенности, %, в соответствии с паспортом ГВЭ.

Θ_2 – неисключенная систематическая погрешность, обусловленная погрешностью измерения расстояния от источника излучения ГВЭ до приемника излучения.

Основную относительную погрешность теплоприемника определяют по формуле (9):

$$\Delta = \kappa \cdot S_{\Sigma} = \kappa \sqrt{S_k^2 + \frac{1}{3} \Delta_0^2} \quad (9)$$

где Δ_0 – пределы допускаемой относительной погрешности измерений энергетической освещенности, %, в соответствии с паспортом ГВЭ.

10.1.9 Рассчитывают среднее квадратическое отклонение НСП коэффициента преобразования теплоприемника по формуле

$$S_{\theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

10.1.10 Рассчитывают суммарное среднее квадратическое отклонение коэффициента преобразования теплоприемника по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_k^2} \quad (11)$$

10.1.11 Рассчитывают относительную погрешность коэффициента преобразования по формуле:

$$\delta_k = S_{\Sigma} \cdot K, \quad (12)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, определяется по формуле (13).

10.1.12 Рассчитывают коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, по формуле:

$$K = \frac{\varepsilon + \theta_{\Sigma}}{S_k + S_{\theta}} \quad (13)$$

10.1.13 Теплоприемник считается прошедшим операцию поверки по п. 9.1 с положительным результатом, если коэффициент преобразования не менее 3 и относительная погрешность коэффициента преобразования не более $\pm 5 \%$.

10.2 Обработка данных для определения диапазона и относительной погрешности измерений энергетической освещенности

10.2.1 Рассчитывают энергетическую освещенность E , Вт/м², измеренную теплоприемником, по формуле (14):

$$E = \frac{U}{K_{cp}} \quad (14)$$

где U – среднее измеренное значение напряжения выходного электрического сигнала теплоприемника, В;

K_{cp} – среднее значение коэффициента преобразования теплоприемника, В·м²/Вт, рассчитанное по формуле (5).

10.2.2 Рассчитывают относительную погрешность энергетической освещенности по формуле (15):

$$\delta_{\%} = \frac{E_o - E}{E_o} \cdot 100\% \quad (15)$$

где E_o – среднее значение энергетической освещенности, измеренное приемником ПП-1, Вт/м², рассчитанное по формуле (3).

10.2.3 Теплоприемник считается прошедшим операцию поверки по п. 9.2 с положительным результатом, если в диапазоне измерений энергетической освещенности от 10 до 1000 Вт/м² относительная погрешность измерений энергетической освещенности теплоприемником $E_{тн}$ более $\pm 5 \%$.

10.3 Теплоприемник считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом. В ином случае теплоприемник считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

Теплоприемник допускается к применению в качестве рабочего эталона 1-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2815, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям к рабочим эталонам 1-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2815.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

11.2 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

11.3 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

11.4 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

9.2 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

9.3 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

9.4 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Заместитель начальника отделения М-4
ФГУП «ВНИИОФИ»



М.Н. Павлович

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Рекомендуемое)
К Методике поверки МП 012.М4-21
Теплоприемник суммарного теплового потока ФОА 020

ПРОТОКОЛ
первичной (периодической) поверки
от «_____» _____ 20__ г.

Средство измерений: Теплоприемник суммарного теплового потока ФОА 020
наименование средства измерений, тип

Заводской номер _____
заводской номер средства измерений

Принадлежащее _____
наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки МП 012.М4-21 «ГСИ. Теплоприемник суммарного теплового потока ФОА 020. Методика поверки», согласованной ФГУП «ВНИИОФИ» «18» ноября 2021 г.
наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

С применением эталонов _____
наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность

При следующих значениях влияющих факторов: _____
приводят перечень и значения влияющих факторов

- температура окружающей среды, °C _____
- относительная влажность воздуха, % _____
- атмосферное давление, кПа _____
- напряжение питающей сети, В _____
- частота питающей сети, Гц _____

Внешний осмотр: _____

Опробование: _____

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Таблица А.2 - Метрологические характеристики

Характеристика	Результат		Требования методики поверки	
Диапазон измерений энергетической освещенности, Вт/м ²				
Коэффициент преобразования теплоприемника, (В·м ² /Вт)				
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента преобразования теплоприемника, %			± 5,0	

Рекомендации _____
 средство измерений признать пригодным (или непригодным) к применению

Исполнители: _____
 должность подпись фамилия, инициалы