

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
генерального директора –
заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.Н. Щипунов

03 2020 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
ДАТЧИКИ ПЛОТНОСТИ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

ДРТП-15

Методика поверки

651-20-048 МП

р.п. Менделеево,
2020 г.

1 Введение

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок датчиков радиационного теплового потока ДРТП-15 (далее – датчик), изготавливаемых ФГУП «ВНИИФТРИ».

1.2 Интервал между поверками – один год.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки датчиков ДРТП-15 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Проверка сопротивления электрической цепи датчика	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик датчика	8.3	да	да
3.1 Определение относительной погрешности измерений плотности радиационного теплового потока	8.3.1	да	да
3.2 Определение параметров функции коэффициента преобразования датчика	8.3.2	нет	да
3.3 Определение времени теплового переходного процесса	8.3.3	да	нет

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться средства измерения и оборудование, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3.1 - 8.3.3	Государственный эталон единицы плотности радиационного теплового потока в диапазоне от 5 до 2500 кВт/м ² № 3.1.ZZT.0159.2015; паспорт эталона, $HCP = \pm 2,9 \%$, $CKO = 0,3\%$
8.3.1 - 8.3.3	Государственный рабочий эталон единицы плотности радиационного теплового потока в диапазоне от 1 до 5 кВт/м ² № 3.1.ZZT.0229.2016; паспорт эталона, суммарная расширенная неопределённость при уровне доверительной вероятности 0,95, $U_c = \pm 2,0 \%$

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3.1 - 8.3.3	Вольтметр универсальный цифровой В7-78/1; паспорт вольтметра, пределы измерений от 0 до 100 Ом от 0 до 100 мВ, пределы погрешности: при измерении $R \pm (0,001 \cdot R + 0,008 \text{ Ом})$; при измерении $V \pm (0,00012 \cdot V + 0,008 \text{ мВ})$
8.3.3	Секундомер механический СОСпр-26-2-010 2-ой класс точности

3.2 При поверке допускается применять другие средства измерений, обеспечивающие определение метрологических характеристик датчиков с требуемой точностью. Все средства и оборудование, используемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке и быть аттестованы.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие квалификацию инженера, ознакомленные с эксплуатационными документами на государственный эталон единицы плотности радиационного теплового потока, датчики теплового потока и средства измерений, руководствующиеся «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок».

5 Требования безопасности

5.1 При подготовке и проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019 - 80, «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Гостехнадзором.

6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С	от 10 до 40;
относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80;
атмосферное давление, кПа;	от 84 до 106,7.

6.2 Операции, производимые со средствами поверки и с поверяемыми датчиками должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

7 Подготовка к поверке

7.1 Средства поверки и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке, должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 6.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Комплектность, упаковка, маркировка и габаритные размеры датчика должны соответствовать требованиям РЭ.

Корпус датчика не должен иметь механических повреждений и дефектов.

8.1.2 В комплект эксплуатационной документации должны входить РЭ датчика с отметкой ОТК и свидетельство о предыдущей поверке (при периодической поверке).

8.1.3 Датчики, не удовлетворяющие требованиям, изложенным выше, дальнейшим операциям поверки не подвергать.

8.2 Проверка сопротивления электрической цепи датчика

8.2.1 Сопротивление электрической цепи измерить с помощью вольтметра универсального цифрового. Сопротивление электрической цепи датчика должно соответствовать паспортным данным. При обнаружении несоответствия датчик бракуется.

8.3 Определение метрологических характеристик датчика

Принцип измерения плотности теплового потока датчиком ДРТП-15 заключается в выработке термо-ЭДС медь-константановой дифференциальной термопарой при нагреве потоком приёмной константановой мембраны. Известно, что в такой конструкции увеличение чувствительности термопары с ростом температуры достаточно точно компенсируется увеличением теплопроводности константана, и коэффициент преобразования датчика $K_0 \left[\frac{\text{мкВ} \cdot \text{м}^2}{\text{кВт}} \right]$ является константой, не зависящей от интенсивности теплового потока. При этом тепловой поток $q \left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right]$ рассчитывается по сигналу датчика $V \left[\text{мкВ} \right]$ согласно формуле: $q = \frac{V}{K_0}$. Однако технологический разброс состава константана может приводить к неточной компенсации, и тогда возникает зависимость коэффициента преобразования от теплового потока, которую следует учитывать в виде функции:

$$K(V) \left[\frac{\text{мкВ} \cdot \text{м}^2}{\text{кВт}} \right] = K_0 \left[\frac{\text{мкВ} \cdot \text{м}^2}{\text{кВт}} \right] \left(1 + A \left[\frac{1}{\text{мкВ}} \right] \cdot V \left[\text{мкВ} \right] \right) \quad (1)$$

В этом случае функция коэффициента преобразования зависит от двух параметров K_0 и A .

8.3.1 Определение относительной погрешности измерений плотности радиационного теплового потока

8.3.1.1 Подключить выходные клеммы датчика к входным клеммам вольтметра универсального цифрового. Включить вольтметр в режим измерения постоянного напряжения на диапазон 100 мВ.

8.3.1.2 Установить датчик в зону действия теплового потока на государственном эталоне единицы плотности радиационного теплового потока.

8.3.1.3 Включить подачу охлаждающей воды.

8.3.1.4 Поверку проводить при тепловых потоках с плотностью, указанной в столбце 2 таблицы 3

Таблица 3

№ измерений	Плотность радиационного теплового потока в долях от верхней границы ННН рабочего диапазона
1	2
1	0,2
2	0,4
3	0,6
4	0,8
5	1,0

При проведении поверки допускается увеличить число измерений плотности теплового потока в пределах рабочего диапазона датчика сверх указанных в таблице 3. Для каждого потока, плотностью q_i выполнить 5 измерений напряжения сигнала датчика $V_{i,j}$ и вычислить среднее значение:

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^5 V_{i,j}}{5} \quad (3)$$

Вычислить расчетное значение плотности теплового потока по формуле:

$$q_{\text{расч}i} = \frac{V_i}{K_0(1+A \cdot V_i)}, \quad (4)$$

где K_0 и A – калибровочные константы датчика, указанные в руководстве по эксплуатации.

Вычислить относительную погрешность измерения плотности радиационного теплового потока по формуле:

$$\delta_{q_i} = \left| \frac{q_i - q_{\text{расч}i}}{q_i} \right| \cdot 100\% \quad (5)$$

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности в контрольных точках не превышают 5 %.

8.3.2 Определение параметров функции коэффициента преобразования датчика

8.3.2.1 Для каждой пары значений V_i и q_i , определенных в п. 8.3.1.4, рассчитать коэффициент чувствительности датчика по формуле:

$$K_i = \frac{V_i}{q_i}, \quad (6)$$

8.3.2.2 По полученным данным (V_i, K_i) методом наименьших квадратов рассчитать параметры функции коэффициента чувствительности в соответствии с видом функции, указанным в руководстве по эксплуатации (МГФК411405.001 РЭ):

$$K_{0p} = \frac{\sum_{i=1}^N K_i \cdot \sum_{i=1}^N V_i^2 - \sum_{i=1}^N V_i \cdot \sum_{i=1}^N K_i V_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N V_i^2 - (\sum_{i=1}^N V_i)^2} \quad (7)$$

$$A_{0p} = \frac{1}{K_{0p}} \cdot \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N K_i V_i - \sum_{i=1}^N V_i \cdot \sum_{i=1}^N K_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N V_i^2 - (\sum_{i=1}^N V_i)^2} \quad (8)$$

Для функции вида

$$K(V) = K_{0p}(1 + A_p \cdot V)$$

Или

$$K_{0p} = \frac{\sum_{i=1}^N K_i}{N} \quad (9)$$

Для функции вида

$$K(V) = K_{0p}$$

где K_{0p} и A_p – параметры функции, N – количество измерений плотности теплового потока.

Полученные параметры функции коэффициента преобразования указать в свидетельстве о поверке и использовать весь следующий интервал между поверками.

8.3.3 Определение времени теплового переходного процесса

8.3.6.1 Датчик с водоохлаждаемым радиатором установить в зону действия теплового потока на государственном эталоне единицы плотности радиационного теплового потока.

8.3.6.2 Включить подачу охлаждающей воды.

8.3.6.3 Включить тепловой поток плотностью $0,5 \cdot \text{ННН}$ от верхней границы рабочего диапазона датчика и закрыть датчик заслонкой.

8.3.6.4 Прогреть лампу источника в течение 5 минут.

8.3.6.5 Включить цифровой вольтметр в режиме считывания напряжения сигнала датчика с интервалом 2-3 секунды. При считывании фиксировать время считывания и напряжение сигнала датчика. Открыть заслонку и считать последовательность показаний вольтметра. Показания вольтметра возрастают по закону

$$V(t) = V_k - (V_k - V_0) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \quad (10)$$

где V_0 – начальное значение напряжения сигнала датчика в момент времени t_0 ,

V_k – конечное (стационарное) значение напряжения сигнала датчика при $t \rightarrow \infty$,

τ – постоянная времени реакции датчика.

8.3.6.6 По полученным данным определить V_k , как значение напряжения сигнала датчика через 40 - 50 секунд после открытия заслонки. Выбрать начальный момент времени t_0 , соответствующий первой точке, когда напряжение сигнала датчика начало возрастать, и зафиксировать это напряжение как V_0 . По полученным данным (V_i, t_i) построить зависимость $\frac{V_k - V_i}{V_k - V_0} \cdot 100\%$ от $t_i - t_0$. По графику определить интервал времени, прошедший от начальной точки $t_i = t_0$, которая по графику соответствует 100 % до момента, когда кривая графика опустится ниже отметки 2 %. Этот интервал времени считать временем теплового переходного процесса.

8.3.6.7 Результат поверки считать положительным, если время теплового переходного процесса не превышает 10 секунд.

9 Не допускается проведение поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений.

10 Оформление результатов поверки

10.1 При положительных результатах поверки параметры функции коэффициента преобразования занести в таблицу 4 (руководство по эксплуатации датчика МГФК405411РЭ, раздел «Периодический контроль основных эксплуатационно-технических характеристик») и оформить свидетельство о поверке. В свидетельстве указать:

рабочий диапазон плотностей теплового потока;

параметры функции коэффициента преобразования;

относительную погрешность.

10.2В случае отрицательных результатов поверки датчик не допускается к применению, оттиск поверительного клейма гасится, «Свидетельство о поверке» аннулируется, владельцу выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в технической документации.

И.о. начальника лаборатории 310
ФГУП «ВНИИФТРИ»


_____ Петухов А.А.

Старший научный сотрудник
ФГУП «ВНИИФТРИ»


_____ Потапов Б.Г.