

УТВЕРЖДЕНА  
приказом Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии  
от «13» мая 2022 г. № 1180

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи термоэлектрические ТП-2000

Методика поверки

651-21-065 МП

03 2022 г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на преобразователи термоэлектрические ТП-2000 (далее – ТП-2000), изготовленные ФГУП «ВНИИФТРИ», и устанавливает объем и методы периодической поверки.

1.2 При проведении поверки обеспечена прослеживаемость к ГЭТ 34-2020, 3.1.ZZT.0159.2015.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	№ пункта методики	Проведение операции при периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	9	да
Определение погрешности измерений температуры	9.1	да
Определение относительной погрешности измерений плотности радиационного теплового потока	9.2	да
Оформление результатов поверки	11	да

2.2 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2.3 При получении отрицательных результатов поверки ТП-2000 признается непригодным к применению.

## 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С: от +15 до +25;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 85;
- атмосферное давление, кПа: от 84,0 до 106,7.

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться поверителями – специалистами организаций, аккредитованных на поверку средств измерений в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации.

## 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Для поверки применять средства поверки, приведенные в таблице 2.



Таблица 2 – Средства поверки

№ пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9.1	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ модификации ПТСВ-2-2, рег. № 23040-07, диапазон измерений температуры от минус 200 до 200 °С, 2 разряд
9.1	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ8.15, рег. № 19736-11
9.2	Вольтметр универсальный В7-78/1, рег. № 31773-06
9.2	Государственный эталон единицы плотности радиационного теплового потока в диапазоне от 5 до 2500 кВт/м <sup>2</sup> № 3.1.ZZT.0159.2015; паспорт эталона, НСП не более 2,9 %, СКО не более 0,3 %
9.2	Измеритель температуры и влажности микропроцессорный ИТВ 1522D, рег. № 20857-07, диапазон измеряемых температур от -50 до 100 °С, диапазон измеряемой влажности от 0 до 100 %, пределы допускаемой погрешности измерения температуры $\pm 0,5$ °С, влажности $\pm 3$ %

5.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускаются другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемого ТП-2000 с требуемой точностью.

5.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь сведения о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

## 6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Корпуса средств измерений должны быть заземлены.

6.2 При проведении измерений запрещается проводить работы по монтажу и демонтажу участвующего в поверке оборудования.

6.3 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, изложенные в эксплуатационной документации (далее – ЭД) на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки.

## 7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие ТП-2000 следующим требованиям:

- отсутствие коррозии;
- отсутствия трещин, сколов корпуса и механических повреждений на поверхностях;
- отсутствие видимых нарушений кабеля.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если выполняются выше перечисленные требования.

## 8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо провести следующие подготовительные работы.

8.1.1 Для ТП-2000 поверхностного типа (проволочно-фольговой конструкции):

- разместить поверяемый ТП-2000 внутри теплоизолятора в виде кварцевой трубы, так как показано на схеме, приведенной на рисунке 1;



- привести в тепловой контакт передающий цилиндр блока сравнения и центральную рабочую площадку поверяемого ТП-2000 (можно использовать слой пудры окиси магния MgO, D-15, после поверки налет пудры удаляется мягкой кисточкой);
- подключить соединительный кабель ТП-2000 к входному разъему МИТ8.15;
- подключить соединительный кабель эталонного термометра к другому входному разъему МИТ8.15;
- подсоединить трубку подачи охлаждающей воды ТП-2000 к водопроводной сети;
- другую трубку ТП-2000 подсоединить к сливу водопроводной сети;
- измерить напряжение на сигнальных концах соединительного кабеля ТП-2000.

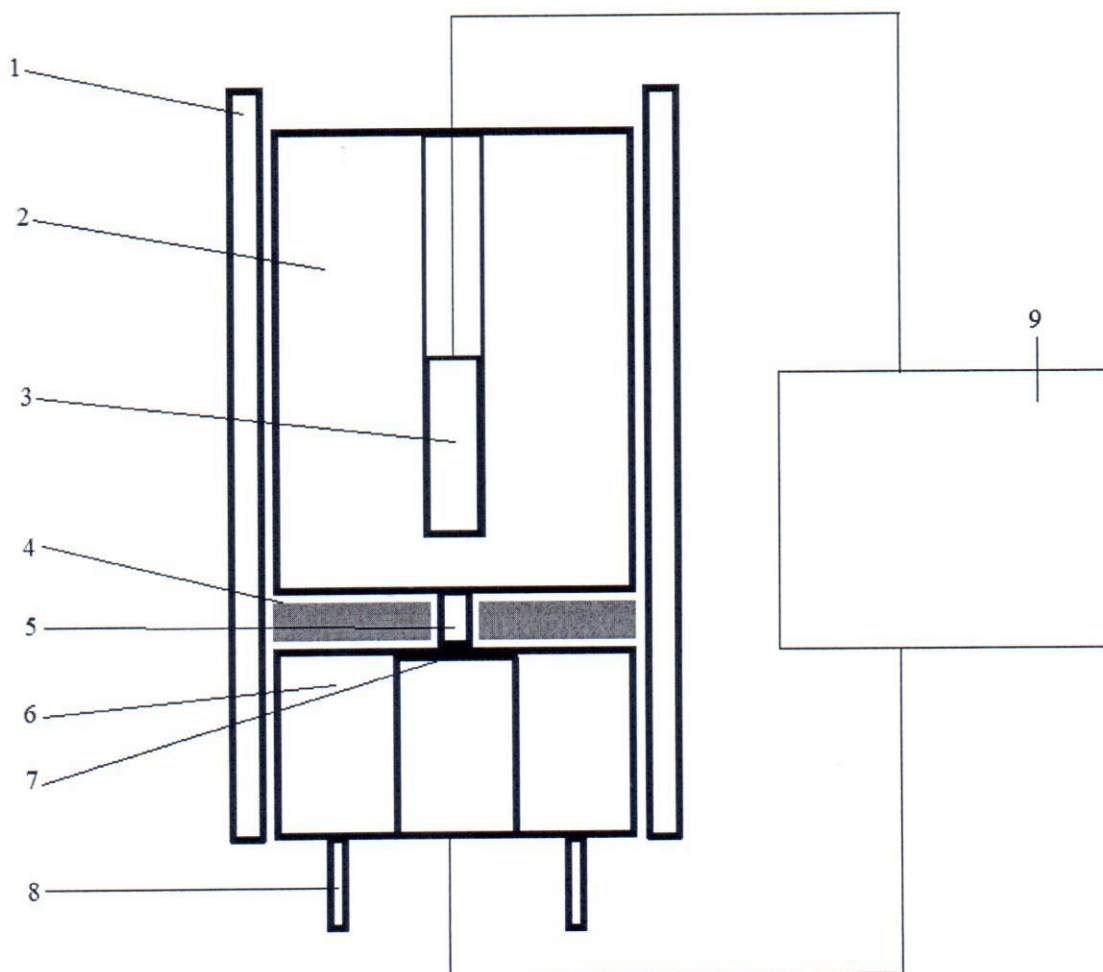


Рисунок 1

Схема расположения ТП-2000 для определения относительной погрешности измерений температуры.

- 1 – кварцевая трубка; 2 – медный блок сравнения с нагревателем; 3 – эталонный термометр;
- 4 – пенокерамический диск; 5 – передающий цилиндр; 6 – поверяемый ТП-2000; 7 – приемная площадка ТП-2000; 8 – трубки водяного охлаждения ТП-2000; 9 – МИТ8.15.

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если выполняются вышеперечисленные требования и измеренное значение напряжения не превышает 10 мкВ.

## 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение погрешности измерений температуры ТП-2000 поверхностного типа

(проволочно-фольговой конструкции).

9.1.1 Установить поверяемый ТП-2000 в соответствии с п.8.1.

9.1.2 Обеспечить с помощью нагревателя блока сравнения температуру  $40 \pm 3$  °С. Температуру блока сравнения определять по эталонному термометру, используя его индивидуальную градуировочную характеристику.

9.1.3. Измерить напряжение  $U$  на сигнальных концах соединительного кабеля ТП 2000. Вычислить  $E_{\Delta T}$  - ТЭДС, вызванную разностью температур между нагретым центром и холодной периферией рабочей площадки.

$$E_{\Delta T} = U \quad (1)$$

9.1.4. Измерить температуру охлаждающей воды  $t_{\text{охл}}$  измерителем температуры и влажности микропроцессорным ИТВ 1522D. Рассчитать по формуле (2) (ГОСТ Р 8.585-2001 «ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования», приложение А1) числовое значение ТЭДС термопары  $E_{\text{охл}}$ , которое соответствовало бы температуре  $t_{\text{охл}}$ , если бы холодный конец был бы при температуре 0 °С, а горячий конец – при температуре  $t_{\text{охл}}$ .

$$E_{\text{охл}} = \sum_{i=0}^{i=8} A_i \cdot t_{\text{охл}}^i \quad (2)$$

Где

$$A_0 = 0$$

$$A_1 = 3,8748106364 \cdot 10^{-2}$$

$$A_2 = 3,3292227880 \cdot 10^{-5}$$

$$A_3 = 2,0618243404 \cdot 10^{-7}$$

$$A_4 = -2,1882256846 \cdot 10^{-9}$$

$$A_5 = 1,0996880928 \cdot 10^{-11}$$

$$A_6 = -3,0815758772 \cdot 10^{-14}$$

$$A_7 = 4,5479135290 \cdot 10^{-17}$$

$$A_8 = -2,7512901673 \cdot 10^{-20}$$

9.1.5. Вычислить суммарное значение ТЭДС:

$$E = E_{\Delta T} + E_{\text{охл}} \quad (3)$$

Рассчитать по формуле (4) (ГОСТ Р 8.585-2001 «ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования», приложение А2) по полученному значению  $E$  температуру нагретого центра рабочей площадки.

$$t = \sum_{i=0}^{i=6} C_i \cdot E^i \quad (4)$$

Где

$$C_0 = 0$$

$$C_1 = 2,592800$$

$$C_2 = -7,602961 \cdot 10^{-1}$$

$$C_3 = 4,637791 \cdot 10^{-2}$$

$$C_4 = -2,165394 \cdot 10^{-3}$$

$$C_5 = 6,048144 \cdot 10^{-5}$$

$$C_6 = -7,293422 \cdot 10^{-7}$$

Измерения температуры провести при достижении дрейфа температуры, определяемого по результатам измерений температуры эталонного термометра, не превышающего 0,01 °С/мин. Провести не менее 9 измерений температуры ТП-2000 и эталонного термометра. Вычислить среднеарифметические значения по формулам:

$$T_{\text{пов ср } j} = \frac{\sum_{i=1}^M T_{\text{пов } ji}}{M}, \quad (5)$$

$$T_{\text{э ср } j} = \frac{\sum_{i=1}^M T_{\text{э } ji}}{M}, \quad (6)$$

где  $j = 1$ , для температуры блока сравнения  $T_{\text{э ср } j} = 40 \pm 3$  °С;

$M$  – количество измерений;



$T_{\text{пов } ji}$  – результат  $i$ -ого измерения температуры ТП-2000, рассчитанный по формуле (4) в  $j$ -ой точке.

$T_{\text{э } ji}$  – результат  $i$ -ого измерения температуры эталонного термометра в  $j$ -ой точке.

При превышении дрейфа температуры, определяемого по результатам измерения контрольного СИ значения  $0,01 \text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$  в любую минуту измерений, измерения в эту минуту не учитывать.

9.1.6 Вычислить погрешность измерений температуры по формуле:

$$\Delta T_j = |T_{\text{пов ср } j} - T_{\text{э ср } j}|, \quad (7)$$

9.1.7 Повторить пункты 9.1.2 – 9.1.6 для значений температуры  $80 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $j=2$ ),  $120 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $j=3$ ),  $160 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $j=4$ ),  $200 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $j=5$ ).

Вычислить среднеарифметические значения  $T_{\text{пов ср } j}$  и  $T_{\text{э ср } j}$  по формулам (5) и (6).

9.1.8 Вычислить погрешности измерений температуры  $\Delta T_j$  по формуле (7)

9.2 Определение относительной погрешности измерений плотности радиационного теплового потока.

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

9.2.2 Установить ТП-2000 в зону действия теплового потока на эталоне единицы плотности радиационного теплового потока.

9.2.3 Включить подачу охлаждающей воды.

9.2.4 Включить тепловой поток плотностью  $20 \pm 5 \%$  от верхней границы рабочего диапазона ТП-2000

Выполнить 5 измерений напряжения сигнала ТП-2000  $V_{i,j}$  и вычислить среднее значение:

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^5 V_{i,j}}{5} \quad (8)$$

где  $i=1$

Вычислить расчетное значение плотности теплового потока по формуле:

$$q_{\text{расч } i} = \frac{V_i}{K_0(1+A \cdot V_i)}, \quad (9)$$

где  $K_0$  и  $A$  – калибровочные константы датчика, указанные в паспорте (руководстве по эксплуатации).

Вычислить относительную погрешность измерения плотности радиационного теплового потока по формуле:

$$\delta_{q_i} = \left| \frac{q_i - q_{\text{расч } i}}{q_i} \right| \cdot 100 \% \quad (10)$$

9.2.5 Повторить пункт 9.2.4 для значений плотности радиационного теплового потока  $40 \pm 5 \%$ ,  $60 \pm 5 \%$ ,  $80 \pm 5 \%$ ,  $100 \pm 5 \%$  от верхней границы рабочего диапазона ТП-2000.

9.2.6 При проведении поверки допускается увеличить число измерений плотности теплового потока в пределах рабочего диапазона ТП-2000 сверх указанных в пункте 9.2.5.

## 10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Результаты поверки по определению погрешности измерений температуры ТП-2000 поверхностного типа (проволочно-фольговой конструкции) считать положительными, если значения погрешностей  $\Delta T_j$  в контрольных точках не превышают  $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

10.2 Результаты поверки по определению относительной погрешности измерений плотности радиационного теплового потока ТП-2000 поверхностного типа (проволочно-фольговой конструкции) считать положительными, если значения относительных погрешностей  $\delta_{q_i}$  в контрольных точках не превышают  $\pm 5 \%$ .

## 11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки занести в протокол. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А.

11.2 Результаты поверки ТП-2000 подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с действующими нормативными документами.

11.3 По заявлению владельца ТП-2000 или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт (формуляр) ТП-2000 вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Начальник лаборатории 310  
ФГУП «ВНИИФТРИ»



Петухов А.А.

Старший научный сотрудник лаборатории 310  
ФГУП «ВНИИФТРИ»



Потапов Б.Г.



**Приложение А  
(обязательное)**

**к документу 651-21-065 «ГСИ. Преобразователи термоэлектрические ТП-2000.  
Методика поверки»**

**Протокол №\_\_**  
**периодической поверки**  
**от «    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года**

**Средство измерений \_\_\_\_\_,**

**Серийный № \_\_\_\_\_**

**Средства поверки**

Наименование, тип СИ, заводской номер	Метрологические характеристики

**Условия поверки**

**Температура \_\_\_\_\_ °С**

**Относительная влажность \_\_\_\_\_ %**

**Результаты внешнего осмотра \_\_\_\_\_**

**Результаты опробования \_\_\_\_\_**

**Таблица А1 - Определение погрешности измерений температуры ТП-2000**

№ изме- рения	Значение температу- ры по эталонному термометру, °С	Значение темпера- туры, измеренное ТП-2000, °С	Абсолютная погреш- ность измерений температуры, °С	Допуск, °С

**Таблица А.2 - Определение относительной погрешности измерений плотности радиаци-  
онного теплового потока**

№ изме- рения	Значение плотности радиационного теп- лового потока, вос- производимое этало- ном, кВт/м <sup>2</sup>	Значение плотно- сти радиационного теплового потока, измеренное ТП-2000, кВт/м <sup>2</sup>	Относительная по- грешность измере- ний, %	Допуск, %

**Заключение:**

ТП-2000 является пригодным (непригодным) к применению.

Поверитель \_\_\_\_\_