

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИМС»



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Энергосберегающая
компания «ТЭМ»



**Комплекты термопреобразователей сопротивления
платиновых ТЭСМА – К**

Методика поверки
ЭС 99556332.006.000 МП

г.Москва

СОДЕРЖАНИЕ

1. Ведение	3
2. Операции поверки	3
3. Средства поверки	4
4. Требования безопасности	4
5. Условия проведения поверки	4
6. Проведение поверки	5
6.1 <i>Внешний осмотр</i>	5
6.2 <i>Определение сопротивления изоляции</i>	5
6.3 <i>Определение метрологических характеристик</i>	5
7. Оформление результатов поверки	7
8. ПРИЛОЖЕНИЕ А. Решение системы трех линейных уравнений при определении коэффициентов ИСХ для ТС комплекта	8
9. ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Рекомендуемые точки проверки погрешности комплекта ТС	9
10. ПРИЛОЖЕНИЕ В. Критерии достоверности и параметры методики поверки (по МИ 187-86, МИ 188-86)	10
11. ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Перечень документов, на которые даны ссылки в МП	11

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика распространяется на комплекты термопреобразователей сопротивления (ТС) платиновых ТЭСМА-К, изготавливаемых по ТУ 4211-006-99556332-2012, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками 4 года.

Комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых ТЭСМА-К (далее – комплекты ТЭСМА-К или комплекты ТС) предназначены для измерения разности температуры жидких и газообразных сред, не агрессивных к материалу защитного корпуса и гильзы ТС. Комплекты ТС применяются в составе теплосчетчиков и информационно-измерительных систем учета количества теплоты.

1.2 В настоящей методике поверки приняты следующие сокращения:

- **комплекты ТС** — комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых;
- **ТС** — термопреобразователи сопротивления;
- **НСХ** — номинальная статическая характеристика преобразования ТС комплекта;
- **ИСХ** — индивидуальная статическая характеристика преобразования ТС комплекта

1.3 Основные технические характеристики комплектов ТС :

НСХ по ГОСТ 6651-2009

Pt100, Pt500

Диапазон измеряемых температур, °С

от 0 до плюс 160;
от 0 до плюс 100

Диапазон измеряемых разностей температур Δt , °С

от Δt_{\min} до Δt_{\max} ,
где: $\Delta t_{\min} = (1; 2; 3)$ °С;
 $\Delta t_{\max} = (100; 160)$ °С

Предел допускаемой относительной погрешности при измерении разности температур, %

$\pm(0,5+3\Delta t_{\min} / \Delta t)$,
где Δt – разность температур, °С.

Предел допускаемого отклонения от НСХ ТС комплекта, °С:

- для ТС класса допуска А $\pm(0,15 + 0,002 \cdot t)$;
- для ТС класса допуска В $\pm(0,3 + 0,005 \cdot t)$.

Время термической реакции в водной среде (0,4 м/с) ($t_{0,9}$), с, не более:

- для ТС модификации DS (\varnothing 4,8 мм) 52;
- для ТС модификаций PL (\varnothing 6,0 мм) 62;

Пределы значений измерительного тока, мА:

- для ТС с НСХ Pt100 0,3 ... 1,0;
- для ТС с НСХ Pt500 0,1 ... 0,7

Электрическое сопротивление изоляции между цепью чувствительного элемента и защитной арматурой не менее, МОм:

- 100 - при температуре (25 ± 10) °С и относительной влажности от 30 до 80 %;
- 0,5 - при температуре 35 °С и относительной влажности 98 %;
- 10 - при максимальной измеряемой температуре.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При поверке комплектов ТС должны быть выполнены операции, указанные в табл. 1.
Таблица 1.

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта рекомендации	Выполнение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр	6.1	да	да
2	Определение сопротивления электрической изоляции	6.2	да	да
3	Определение метрологических характеристик.	6.3		
3.1	Определение сопротивлений ТС комплекта в трех точках диапазона измерения температуры и расчет коэффициентов ИСХ	6.3.1	да	да
3.2	Определение отклонения ИСХ ТС комплекта от НСХ	6.3.2	да	да
3.3	Определение значений относительной погрешности комплекта ТС при измерении разности температур	6.3.3	да	да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При выполнении указанных в таблице 1 операций применяются следующие средства поверки:

- термометры сопротивления платиновые эталонные 2-го разряда типа ПТСВ-4-2 (2 шт.), диапазон измеряемых температур от минус 50 до 232 °С;
- термостаты жидкостные прецизионные переливного типа моделей ТПП-1.0, ТПП-1.1 с диапазоном воспроизводимых температур от минус 30 до плюс 300 °С и нестабильностью поддержания заданной температуры $\pm(0,004...0,02)$ °С;
- многоканальный прецизионный измеритель температуры МИТ 8.10(М) с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерения сопротивления $\pm(10^{-5} \cdot R + 5 \cdot 10^{-4})$, где R – измеряемое сопротивление, Ом;
- нулевой термостат или сосуд Дьюара для воспроизведения температуры таяния льда с погрешностью (неоднородностью температурного поля) не более $\pm 0,02$ °С;
- мегомметр типа М4109/3.

Примечание. Допускается применение других средств измерения и испытания, допущенных к применению в РФ и имеющих метрологические характеристики не хуже указанных.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении испытаний необходимо соблюдать требования безопасности, которые предусматривают «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ РМ-016-2001, а также указаниями по технике безопасности, приведенными в эксплуатационной документации на образцовые средства измерений и вспомогательные устройства.

5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- 1) температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С ;
- 2) относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80%;
- 3) атмосферное давление от 84,0 до 106,7кПа;

Должны отсутствовать внешние электрические и магнитные поля, влияющие на работу электроизмерительной аппаратуры.

Подготовка к поверке

Перед проведением поверки следует:

- Проверить наличие средств измерений и вспомогательных средств, необходимых для поверки, а также эксплуатационной документации
- Проверить наличие действующих свидетельств о поверке на применяемые средства измерений;
- Подготовить к работе средства измерений и вспомогательные средства согласно эксплуатационной документации на них.
- Проверить качество заземления средств измерений и вспомогательных средств и, при необходимости, заземлить их на внешний контур заземления.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие комплектов ТС требованиям эксплуатационных документов в части маркировки и пломбирования. Защитная арматура, контактные колодки, внешние кабели не должны иметь видимых повреждений.

Для комплектов, составленных из ТС, имеющих постоянно присоединенный двухпроводный внешний кабель, кабели должны иметь одинаковую длину и их длины должны соответствовать указанным в маркировке ТС или паспорте комплекта.

6.2 Определение сопротивления изоляции.

Сопротивление изоляции между выводами ТС и защитной арматурой определяют при условиях указанных в разделе 5 при двух направлениях приложенного испытательного напряжения 100 В.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 100 МОм.

6.3 Определение метрологических характеристик.

Метрологические характеристики комплектов ТС определяют, используя индивидуальные для каждого ТС комплекта коэффициенты ИСХ.

6.3.1 Определение сопротивлений ТС комплекта в трех точках диапазона измерения температуры.

6.3.1.1 Для каждого ТС комплекта должны быть определены значения сопротивления при трех температурах (t_1, t_2, t_3) в пределах температурного диапазона комплекта ТС.

Для температурных диапазонов:

- от 0 до плюс 160 °С соответствуют $t_1=0^\circ\text{C}, t_2=80^\circ\text{C}, t_3=150^\circ\text{C}$;

- от 0 до плюс 100 °С соответствуют $t_1=0^\circ\text{C}, t_2=50^\circ\text{C}, t_3=100^\circ\text{C}$.

6.3.1.2 При измерениях сопротивления ток через ТС должен быть таким, чтобы рассеиваемая мощность не превышала 0,1 мВт, а ТС были погружены в жидкостные ванны термостатов на глубину не менее $1,2 L_{\min}$, где L_{\min} – минимальная глубина погружения.

6.3.1.3 Определение сопротивления термопреобразователей должно выполняться после установления состояния теплового равновесия между термопреобразователями и термостатируемой средой термостата. Время выдержки термопреобразователей в термостатах должно быть не менее 10 мин. В процессе испытания температуру в термостатах контролируют термометром сопротивления платиновым образцовым ПТС-10М, 2-го разряда.

6.3.1.4 По трем полученным парам значений сопротивление – температура для каждого ТС комплекта из системы трех линейных уравнений рассчитывают значения коэффициентов ИСХ – **R(0), A и B**:

$$R_t = R(0) \cdot (1 + A \cdot t + B \cdot t^2) \quad (1)$$

Здесь R_t – сопротивление ТС (чувствительного элемента ТС) при температуре t .

Для ТС с четырехпроводной схемой соединения $R_t = R_{\text{и}}$.

Для ТС с постоянно присоединенными выводными двухпроводными кабелями

$$R_t = R_{\text{и}} - R_{\text{пр}},$$

где $R_{\text{и}}$ – значение сопротивления ТС, полученное при измерении;

$R_{\text{пр}}$ – сопротивление кабеля ТС, взятое из паспорта ТС, или рассчитанное как

$R_{\text{пр}} = L \cdot R$ по измеренной длине L выводных проводников и погонному сопротивлению R кабеля.

Решение системы трех линейных уравнений приведено в приложении А.

6.3.2 Определение отклонений ИСХ ТС комплекта от НСХ.

6.3.2.1 Соответствие ТС комплекта пределу допускаемого отклонения от НСХ, указанному в прилагаемом паспорте, определяют, рассчитывая отклонения ИСХ в температурном эквиваленте от НСХ по ГОСТ 6651 в начале, в середине и в конце температурного диапазона измерения (при периодической поверке допускается в начале и конце температурного диапазона измерения). Для ТС с постоянно присоединенными выводными кабелями к величинам R_t , полученным расчетом по уравнению (1), следует добавить сопротивление выводных проводников ТС.

Вычисленные отклонения не должны превышать предела допускаемого отклонения от НСХ, указанного в прилагаемом паспорте комплекта ТС.

6.3.3 Определение значений погрешности комплекта ТС при измерении разности температур.

6.3.3.1 Значения относительной погрешности комплекта ТС при измерении разности температур определяют по формуле:

$$\delta(\Delta t) = \frac{(t_{u1} - t_{u2}) - (t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} \quad (2)$$

Индексы “и1” и “и2” относятся к “измеренным” значениям температур на подающем трубопроводе “1” и обратном трубопроводе “2”, “действительные” значения температур в которых соответственно t_1 и t_2 .

6.3.3.2 Значения температур t_u определяют по формуле:

$$t_u = \frac{-A_H + \sqrt{A_H^2 + 4B_H \cdot \left(\frac{Rt}{R(0)_H} - 1\right)}}{2B_H} \quad (3)$$

В формуле (3) $R(0)_H$ – номинальное сопротивление ТС при 0°C, A_H и B_H – номинальные значения температурных коэффициентов сопротивления платинового ТС с $W_{100} = 1,3850$ по ГОСТ 6651

$$A_H = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}; \quad B_H = -5,7750 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}.$$

Сопротивление Rt для температуры t (“действительной” температуры в данной точке) рассчитывают для каждого ТС по уравнению (1) с использованием коэффициентов ИСХ, определенных по п. 6.3.1.3.

При этом для ТС с постоянно присоединенными двухпроводными кабелями к рассчитанному значению Rt прибавляют сопротивление кабеля.

6.3.3.3 Значения погрешности $\delta(\Delta t)$ вычисляют для достаточного количества точек внутри области, определяемой диапазоном температур и диапазоном разности температур комплекта ТС. При этом для температур Θ_2 (обратного потока теплоносителя) выше 80 °C учитывают только разности температур свыше 10 °C.

Таблица рекомендуемых точек проверки приведена в приложении Б

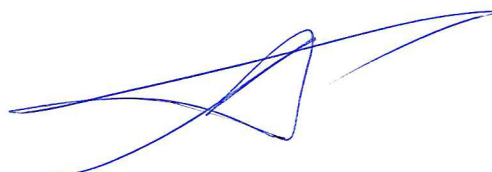
Значения погрешности комплекта ТС при измерении разности температур не должны превышать предела допускаемой погрешности, указанного в паспорте комплекта ТС.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 При положительных результатах первичной поверки в паспорте комплекта ТС ставятся подпись поверителя с расшифровкой (Ф.И.О.) и оттиск поверительного клейма, а также указываются дата поверки и дата следующей поверки.

При положительных результатах периодической поверки метрологической службой, проводившей поверку, выдается свидетельство о поверке.

7.2 При отрицательных результатах поверки применение комплекта ТС запрещается и выдается извещение о непригодности комплекта ТС.



ПРИЛОЖЕНИЕ А

Решение системы трех линейных уравнений при определении коэффициентов ИСХ для ТС комплекта

Коэффициенты $R(0)$, A и B рассчитывают по уравнениям:

$$R(0) = D_{R0} / D; A = D_{RA} / D_{R0}; B = D_{RB} / D_{R0},$$

где D , D_R , D_{RA} , D_{RB} – определитель и соответствующие алгебраические дополнения системы трех уравнений для искомых коэффициентов:

$$D = \det \begin{vmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 \\ 1 & t_2 & t_2^2 \\ 1 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = (t_2 \cdot t_3^2 - t_2^2 \cdot t_3) - (t_1 \cdot t_3^2 - t_1^2 \cdot t_3) + (t_1 \cdot t_2^2 - t_1^2 \cdot t_2);$$

$$D_{R0} = \det \begin{vmatrix} R_1 & t_1 & t_1^2 \\ R_2 & t_2 & t_2^2 \\ R_3 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = R_1 \cdot (t_2 \cdot t_3^2 - t_2^2 \cdot t_3) - R_2 \cdot (t_1 \cdot t_3^2 - t_1^2 \cdot t_3) + R_3 \cdot (t_1 \cdot t_2^2 - t_1^2 \cdot t_2);$$

$$D_{RA} = \det \begin{vmatrix} 1 & R_1 & t_1^2 \\ 1 & R_2 & t_2^2 \\ 1 & R_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = (R_2 \cdot t_3^2 - R_3 \cdot t_2^2) - (R_1 \cdot t_3^2 - R_3 \cdot t_1^2) + (R_1 \cdot t_2^2 - R_2 \cdot t_1^2);$$

$$D_{RB} = \det \begin{vmatrix} 1 & t_1 & R_1 \\ 1 & t_2 & R_2 \\ 1 & t_3 & R_3 \end{vmatrix} = (t_2 \cdot R_3 - t_3 \cdot R_2) - (t_1 \cdot R_3 - t_3 \cdot R_1) + (t_1 \cdot R_2 - t_2 \cdot R_1).$$

Подстрочные индексы 1, 2 и 3 относят величины к соответствующей точке поверки.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Рекомендуемые точки проверки погрешности комплекта ТС

№ точки	$\Delta\Theta, ^\circ\text{C}$	$\Theta_2, ^\circ\text{C}$	$\Theta_1 = \Theta_2 + \Delta\Theta, ^\circ\text{C}$
1	Δt_{\min}	$10 - \Delta t_{\min}$	10
2	5	40	45
3	10	80	90
4	20	70	90
5	30	130	160
6	35	40	75
7	70	90	160
8	140	20	160
9	40	60	100

Примечание – проверку погрешности комплектов, у которых максимальная измеряемая разность температур $\Delta t_{\max} = 100^\circ\text{C}$, в точках № 5, 7, 8 допускается не проводить

ПРИЛОЖЕНИЕ В

обязательное

Перечень документов, на которые даны ссылки в методике поверки

Обозначение документа	Наименование документа	Номер пункта МП
ГОСТ 6651-2009	Термопреобразователи сопротивления Общие технические требования и методы испытаний	1, 6.3
ТУ 4211-005-99556332-2012	Термопреобразователи сопротивления Технические условия	1