

СОГЛАСОВАНО

Директор по качеству
АО «ПГ «Метран»

А.И. Кондрашов

« 3 » _____ 2018 г.



УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора

ФБУ «Челябинский ЦСМ»

О. Ю. Маганцева

« 3 » _____ 2018 г.



ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

МЕТРАН-2000

Методика поверки

МИ 4211-017-2013

с изменением № 1



1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на термопреобразователи сопротивления Метран-2000 (далее – ТС), предназначенные для измерения температуры различных сред, температуры поверхностей твердых тел и малогабаритных подшипников, а также разности температур жидких и газообразных сред в составе приборов учета тепловой энергии, теплосчетчиков и информационно-измерительных систем учета количества теплоты.

Термопреобразователи сопротивления Метран-2000 с опцией «КТС» (комплект термопреобразователей сопротивления, далее – КТС), состоят из пары однотипных термопреобразователей сопротивления (далее – состав КТС) с номинальными статическими характеристиками преобразования (далее – НСХ) согласно ГОСТ 6651-2009, подобранных по принципу схожести индивидуальных статических характеристик.

Методика устанавливает порядок первичной (до ввода в эксплуатацию и после ремонта) и периодической поверки ТС.

(Измененная редакция, Изм. №3)

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 Поверка ТС без опции КТС проводится по ГОСТ 8.461-2009.

2.2 Поверка КТС проводится согласно операциям, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки КТС

Наименование операции	Номер пункта методики
Внешний осмотр, проверка маркировки и комплектности	ГОСТ 8.461-2009 п. 10.1
Проверка электрического сопротивления изоляции ТС при температуре (20±5) °С	ГОСТ 8.461-2009 п. 10.2
Проверка отклонения сопротивления ТС от НСХ при температуре от -5 °С до +30 °С	ГОСТ 8.461-2009 п. 10.3
Проверка отклонения сопротивления ТС от НСХ при температуре от 90 °С до 103 °С	ГОСТ 8.461-2009 п. 10.4
Определение погрешности измерений разности температур (для КТС)	п. 6.1 настоящей методики

(Измененная редакция, Изм. №3)

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2. Средства измерений и эталоны должны быть поверены, эталоны аттестованы в установленном порядке.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование оборудования, средства измерения	Основные метрологические и технические характеристики средства поверки
Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100	Диапазон измерения температуры от минус 196 °С до плюс 0,01 °С, 3-ий разряд
Термометр сопротивления эталонный типа ЭТС-100	Диапазон измерения температуры от 0,01 °С до 660,323 °С, 3-ий разряд
Преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный Теркон	Диапазон измерений электрического сопротивления от 0,0003 до 1000 Ом, 3 разряда.
Мультиметр многоканальный прецизионный МЕТРАН 514-ММП	Диапазон измерения электрического сопротивления от 0,005 до 2000 Ом, погрешность для диапазона: от 0 до 400 Ом $\pm(0,0025\% \text{ ИВ} + 0,005 \text{ Ом})$; для диапазона: от 400 до 2000 Ом $\pm(0,0025\% \text{ ИВ} + 0,02 \text{ Ом})$
Мегаомметр Ф4101	Диапазон измерения сопротивления от 0 до 2000 МОм при напряжении 100В, основная погрешность диапазона измерений $\pm 2,5 \%$
Гигрометр психометрический ВИТ-2	Измерение относительной влажности в диапазоне от 20 % до 90 %, предел допускаемой абсолютной погрешности $\pm 6 \%$; Измерение температуры воздуха в диапазоне от 15 °С до 40 °С, предел допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
Барометр М-67	Диапазон измерений от 600 до 800 мм рт. ст., предел допускаемой погрешности измерений $\pm 0,8 \text{ мм рт.ст.}$
Термостат паровой ТП-2	Погрешность воспроизведения температуры кипения воды $\pm 0,03 \text{ } ^\circ\text{C}$
Термостат нулевой ТН-1М	Погрешность воспроизведения нулевой температуры $\pm 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}$
Термостат жидкостный ТЕР-МОТЕСТ-100	Диапазон температур от минус 30 °С до плюс 100 °С, погрешность $\pm 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$
Термостат жидкостный ТЕР-МОТЕСТ-300	Диапазон воспроизводимых температур от 100 °С до 300 °С. Нестабильность поддержания температуры в течение 1 ч не более $\pm 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}$
Примечание: Допускается применение других средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых комплектов термопреобразователей с требуемой точностью.	

(Измененная редакция, Изм. №1)

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования действующих «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок».

4.2. К работе со средствами поверки допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, прошедшие инструктаж по технике безопасности и изучившие технические описания и инструкции по эксплуатации на средства поверки.

(Измененная редакция, Изм. №1)

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (23 ± 5) °С;
- относительная влажность не более 70 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

5.2 Поверку, подготовку средств измерения и вспомогательных средств поверки проводить согласно эксплуатационной документации и требованиям ГОСТ 8.461-2009.

(Измененная редакция, Изм. №1)

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Определение погрешности измерений разности температур (для КТС).

6.1.1 Вычислить коэффициенты индивидуальной статической характеристики каждого ТС, входящего в состав поверяемого КТС.

6.1.1.1 Измерить сопротивления эталонного ТС $R^{T(0)}$ и каждого ТС, входящего в состав поверяемого КТС, $R^{\Gamma(0)}_{изм}$, $R^X(0)_{изм}$ в термостате при температуре 0 ± 2 °С.

Примечание – Индекс «Г» и индекс «X» относятся к ТС, входящим в состав поверяемого КТС.

6.1.1.2 Измерить сопротивления эталонного ТС $R^{T(100)}$ и каждого ТС, входящего в состав поверяемого КТС, $R^{\Gamma(100)}_{изм}$, $R^X(100)_{изм}$ в термостате при температуре 100 ± 2 °С.

6.1.1.3 Для КТС на базе ТС с НСХ типа 100П и Pt100 дополнительно измерить сопротивления эталонного ТС $R^{T(180)}$ и ТС, входящих в состав поверяемого КТС, $R^{\Gamma(180)}_{изм}$, $R^X(180)_{изм}$ в термостате при температуре 180 ± 2 °С.

6.1.1.4 С помощью таблиц поправок к показаниям эталонного термометра сопротивления $R^{T(0)}$, $R^{T(100)}$, $R^{T(180)}$ вычислить действительные значения температур в термостате $t_{ном(0)}$, $t_{ном(100)}$, $t_{ном(180)}$ при измерении сопротивлений по п. 6.1.1.1 – 6.1.1.3.

6.1.1.5 Для КТС на базе ТС с НСХ типа 100М вычислить значения коэффициентов R^{Γ_0} , A^{Γ} , R^{X_0} , A^X , решив 2 системы из 2 уравнений (1), построенных для каждой из температур, вычисленных в п. 6.1.1.4.

$$\begin{cases} R^{\Gamma(0)}_{изм} = R^{\Gamma_0} \times (1 + A^{\Gamma} \cdot t_{ном(0)}) \\ R^{\Gamma(100)}_{изм} = R^{\Gamma_0} \times (1 + A^{\Gamma} \cdot t_{ном(100)}) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} R^X(0)_{изм} = R^{X_0} \times (1 + A^X \cdot t_{ном(0)}) \\ R^X(100)_{изм} = R^{X_0} \times (1 + A^X \cdot t_{ном(100)}) \end{cases}$$

Метод решения системы уравнений описан в приложение А настоящей методики.

6.1.1.6 Для КТС на базе ТС с НСХ типа 100П и Pt100 вычислить значения коэффициентов R^{Γ}_0 , A^{Γ} , B^{Γ} , R^X_0 , A^X , B^X , решив 2 системы из 3 уравнений (2), построенных для каждой из температур, вычисленных в п 6.1.1.4.

$$\begin{cases} R^{\Gamma}(0)_{изм} = R^{\Gamma}_0 \times \left(1 + A^{\Gamma} \cdot t_{ном}(0) + B^{\Gamma} \cdot (t_{ном}(0))^2\right) \\ R^{\Gamma}(100)_{изм} = R^{\Gamma}_0 \times \left(1 + A^{\Gamma} \cdot t_{ном}(100) + B^{\Gamma} \cdot (t_{ном}(100))^2\right) \\ R^{\Gamma}(180)_{изм} = R^{\Gamma}_0 \times \left(1 + A^{\Gamma} \cdot t_{ном}(180) + B^{\Gamma} \cdot (t_{ном}(180))^2\right) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} R^X(0)_{изм} = R^X_0 \times \left(1 + A^X \cdot t_{ном}(0) + B^X \cdot (t_{ном}(0))^2\right) \\ R^X(100)_{изм} = R^X_0 \times \left(1 + A^X \cdot t_{ном}(100) + B^X \cdot (t_{ном}(100))^2\right) \\ R^X(180)_{изм} = R^X_0 \times \left(1 + A^X \cdot t_{ном}(180) + B^X \cdot (t_{ном}(180))^2\right) \end{cases}$$

Метод решения системы уравнений описан в приложение А настоящей методики.

6.1.2 Определить относительную погрешность измерения разности температур.

6.1.2.1 Относительную погрешность вычислить по формуле (3) для трех основных режи-

МОВ:

Для КТС с НСХ типа 100М

Первый режим: $t^{\Gamma}_{ном} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t^X_{ном} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Второй режим: $t^{\Gamma}_{ном} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t^X_{ном} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Третий режим: $t^{\Gamma}_{ном} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t^X_{ном} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для КТС с НСХ типа 100П и Pt100

Первый режим: $t^{\Gamma}_{ном} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t^X_{ном} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Второй режим: $t^{\Gamma}_{ном} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t^X_{ном} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Третий режим: $t^{\Gamma}_{ном} = 180 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t^X_{ном} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\delta_{0i} = \frac{(t^{\Gamma} - t^X) - (t^{\Gamma}_{ном} - t^X_{ном})}{t^{\Gamma}_{ном} - t^X_{ном}} \times 100 \text{ } \%, \quad (3)$$

где $t^{\Gamma}_{ном}$, $t^X_{ном}$ – значения температур каждого из указанных выше режимов;

t^{Γ} , t^X – значения температур, рассчитанные по формулам (4, 6).

6.1.2.2 Для КТС с НСХ типа 100М значения температур t^{Γ} , t^X вычислить по формулам (4):

$$\begin{cases} t^{\Gamma} = \frac{\left(\frac{R^{\Gamma}}{R_{0\text{ ном}}} - 1\right)}{A_{ном}} \\ t^X = \frac{\left(\frac{R^X}{R_{0\text{ ном}}} - 1\right)}{A_{ном}} \end{cases}, \quad (4)$$

где $R_{0\text{ ном}}$ – значение номинального сопротивления ТС при $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ согласно ГОСТ 6651-2009;

$A_{ном}$ – значение температурного коэффициента ТС согласно ГОСТ 6651-2009;

R^{Γ} , R^X – значения сопротивлений для температур t^{Γ} , t^X , рассчитанные по формуле (5):

$$\begin{cases} R^{\Gamma} = R_0^{\Gamma} \times (1 + A^{\Gamma} \cdot t_{ном}^{\Gamma}) \\ R^X = R_0^X \times (1 + A^X \cdot t_{ном}^X) \end{cases} \quad (5)$$

6.1.2.3 Для КТС с НСХ типа 100П и Pt100 значения температур t^{Γ} , t^X вычислить по формулам (6):

$$\begin{cases} t^{\Gamma} = \frac{\sqrt{(A_{ном})^2 - 4B_{ном}(1 - R^{\Gamma}/R_0^{\Gamma})} - A_{ном}}{2B} \\ t^X = \frac{\sqrt{(A_{ном})^2 - 4B_{ном}(1 - R^X/R_0^X)} - A_{ном}}{2B} \end{cases}, \quad (6)$$

- где R_0^{Γ} , R_0^X – значения номинальных сопротивлений ТС при 0 °С согласно ГОСТ 6651-2009;

$A_{ном}$, $B_{ном}$ – значения температурных коэффициентов согласно ГОСТ 6651-2009;

R^{Γ} , R^X – значения сопротивлений для температур t^{Γ} , t^X , рассчитанные по формуле (7):

$$\begin{cases} R^{\Gamma} = R_0^{\Gamma} \times (1 + A^{\Gamma} \cdot t_{ном}^{\Gamma} + B^{\Gamma} \cdot (t_{ном}^{\Gamma})^2) \\ R^X = R_0^X \times (1 + A^X \cdot t_{ном}^X + B^X \cdot (t_{ном}^X)^2) \end{cases} \quad (7)$$

6.1.2.4 Вычислить предел допускаемой относительной погрешности измерения разности температур по формуле (8):

$$E_{ii} = \pm(0,5 + 3\Delta t_{min} / \Delta t), \quad (8)$$

где Δt_{min} – минимальное значение разности температур ($\Delta t_{min} = 2$ °С);

Δt – абсолютная разность температур в каждом из указанных выше режимов.

6.1.2.5 КТС считается прошедшим поверку, если значения (δ_{0i}) для всех режимов температур не превышают (E_{ii}).

(Измененная редакция, Изм. №1)

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. ТС (КТС), прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них оформляют свидетельство о поверке в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02.07.2017г. и (или) делают соответствующую запись и ставят знак поверки в паспорт.

7.2. При отрицательных результатах поверки хотя бы по одному пункту оформляется извещение о непригодности в соответствии с Приказом №1815 Минпромторга России от 02.07.2015г.

(Измененная редакция, Изм. №1)

Приложение А

Метод решения системы уравнений при расчете коэффициентов индивидуальных статических характеристик КТС.

Для КТС с НСХ типа 100М коэффициенты R_0^Γ , R_0^X , A^Γ , A^X рассчитать по формулам (9) (расчет приведен для ТС с индексом «Г», для ТС с индексом «X» коэффициенты вычислять аналогично):

$$A^\Gamma = \frac{R^\Gamma(100)_{\text{изм}} - R^\Gamma(0)_{\text{изм}}}{R^\Gamma(0)_{\text{изм}} t_{\text{ном}}(100) - R^\Gamma(100)_{\text{изм}} t_{\text{ном}}(0)}, \quad (9)$$

$$R_0^\Gamma = \frac{R^\Gamma(0)_{\text{изм}} t_{\text{ном}}(100) - R^\Gamma(100)_{\text{изм}} t_{\text{ном}}(0)}{t_{\text{ном}}(100) - t_{\text{ном}}(0)}$$

Для КТС с НСХ типа 100П и Pt100 коэффициенты R_0^Γ , R_0^X , A^Γ , A^X , B^Γ , B^X рассчитать по формулам (10).

$$R_0^\Gamma = \frac{D_{R_0}^\Gamma}{D^\Gamma}, \quad R_0^X = \frac{D_{R_0}^X}{D^X}, \quad (10)$$

$$A^\Gamma = \frac{D_{R_A}^\Gamma}{D_{R_0}^\Gamma}, \quad A^X = \frac{D_{R_A}^X}{D_{R_0}^X},$$

$$B^\Gamma = \frac{D_{R_B}^\Gamma}{D_{R_0}^\Gamma}, \quad B^X = \frac{D_{R_B}^X}{D_{R_0}^X},$$

где D^Γ , D^X , $D_{R_0}^\Gamma$, $D_{R_0}^X$, $D_{R_A}^\Gamma$, $D_{R_A}^X$, $D_{R_B}^\Gamma$, $D_{R_B}^X$ – определители системы трех уравнений для искомых коэффициентов.

Для вычисления определителей и алгебраических дополнений использовать формулы (11) (приведены для ТС с индексом «Г», для ТС с индексом «X» вычислять аналогично):

$$D^\Gamma = \det \begin{vmatrix} 1 & T^\Gamma(0) & T^\Gamma(0)^2 \\ 1 & T^\Gamma(100) & T^\Gamma(100)^2 \\ 1 & T^\Gamma(180) & T^\Gamma(180)^2 \end{vmatrix} =$$

$$\begin{aligned} & [T^\Gamma(100) \times T^\Gamma(180)^2 - T^\Gamma(100)^2 \times T^\Gamma(180)] - \\ & - [T^\Gamma(0) \times T^\Gamma(180)^2 - T^\Gamma(0)^2 \times T^\Gamma(180)] + \\ & + [T^\Gamma(0) \times T^\Gamma(100)^2 - T^\Gamma(0)^2 \times T^\Gamma(100)], \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
 D_{R_0}^I &= \det \begin{vmatrix} R^I(0)_{u_{3M}} & T^I(0) & T^I(0)^2 \\ R^I(100)_{u_{3M}} & T^I(100) & T^I(100)^2 \\ R^I(180)_{u_{3M}} & T^I(180) & T^I(180)^2 \end{vmatrix} = \\
 &= R^I(0)_{u_{3M}} \times [T^I(100) \times T^I(180)^2 - T^I(100)^2 \times T^I(180)] - \\
 &- R^I(100)_{u_{3M}} \times [T^I(0) \times T^I(180)^2 - T^I(0)^2 \times T^I(180)] + \\
 &+ R^I(180)_{u_{3M}} \times [T^I(0) \times T^I(100)^2 - T^I(0)^2 \times T^I(100)],
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{R_A}^I &= \det \begin{vmatrix} 1 & R^I(0)_{u_{3M}} & T^I(0)^2 \\ 1 & R^I(100)_{u_{3M}} & T^I(100)^2 \\ 1 & R^I(180)_{u_{3M}} & T^I(180)^2 \end{vmatrix} = \\
 &[R^I(100)_{u_{3M}} \times T^I(180)^2 - R^I(180)_{u_{3M}} \times T^I(100)^2] - \\
 &- [R^I(0)_{u_{3M}} \times T^I(180)^2 - R^I(180)_{u_{3M}} \times T^I(0)^2] + \\
 &+ [R^I(0)_{u_{3M}} \times T^I(100)^2 - R^I(100)_{u_{3M}} \times T^I(0)^2],
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{R_B}^I &= \det \begin{vmatrix} 1 & T^I(0) & R^I(0)_{u_{3M}} \\ 1 & T^I(100) & R^I(100)_{u_{3M}} \\ 1 & T^I(180) & R^I(180)_{u_{3M}} \end{vmatrix} = \\
 &= [T^I(100) \times R^I(180)_{u_{3M}} - T^I(180) \times R^I(100)_{u_{3M}}] - \\
 &- [T^I(0) \times R^I(180)_{u_{3M}} - T^I(180) \times R^I(0)_{u_{3M}}] + \\
 &+ [T^I(0) \times R^I(100)_{u_{3M}} - T^I(100) \times R^I(0)_{u_{3M}}].
 \end{aligned}$$

Приложение Б

Схема соединения для поверки ТС

