

СОГЛАСОВАНО

Заместитель руководителя ЛОЕИ

ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»

В. А. Лапшинов



Государственная система обеспечения единства измерений.

Термопреобразователи сопротивления Метран-2000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-610/06-2023

2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на термопреобразователи сопротивления Метран-2000 (далее – ТС) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

ТС предназначены 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.

ТС с индивидуальной статической характеристикой (далее – градуированный ТС с ИСХ) представляет собой градуированный ТС с построенной индивидуальной статической характеристикой (далее – ИСХ) в виде функции Каллендара - Ван Дюзена (далее - КВД).

Многозонный ТС представляет собой сборку из нескольких одиночных ТС разной длины с номинальными статическими характеристиками преобразования (далее – НСХ) согласно ГОСТ 6651-2009 или с ИСХ.

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 согласно ГОСТ 6651-2009, подобранных по принципу схожести индивидуальных статических характеристик.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные описании типа ТС (далее – ОТ).

1.3 ТС соответствуют требованиям к средствам измерений (далее – СИ) в соответствии с Государственной поверочной схемой для СИ температуры, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.12.2022 г. № 3253, и прослеживаются к государственным первичным эталонам единицы температуры:

- ГЭТ 35-2021 «ГПЭ единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К»;
- ГЭТ 34-2020 «ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 °C до 3200 °C».

1.4 Настоящей методикой поверки не предусмотрена возможность реализации проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измерительных величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции	
		при первичной поверке *)	при периодической поверке
Перечень операций поверки для ТС:			
1 Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да

Окончание таблицы 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции	
		при первичной поверке *)	при периодической поверке
3 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:	9	-	-
3.1 Проверка отклонения сопротивления ТС от ИСХ	9.1	да	да
4 Оформление результатов поверки	10	да	да
Перечень операций поверки для КТС:			
1 Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
3 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:	9	-	-
3.1 Проверка отклонения сопротивления ТС от ИСХ	9.1	да	да
3.2 Определение погрешности измерений разности температур (для КТС)	9.2	да	да
4 Оформление результатов поверки	10	да	да
Перечень операций поверки для градуированных ТС с ИСХ:			
1 Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
3 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:	9	-	-
3.1 Проверка отклонения сопротивления градуированных ТС от ИСХ	9.3	да	да
4 Оформление результатов поверки	10	да	да
*) до ввода в эксплуатацию и после ремонта			

2.2 При получении отрицательного результата в процессе выполнения любой из операций поверки, поверку приостанавливают до устранения недостатков, выявленных при проведении поверки.

2.3 После устранения недостатков, вызвавших отрицательный результат, поверку продолжают.

2.4 При невозможности устранения недостатков, преобразователь признают непригодным к применению и эксплуатации по назначению. Оформляют извещение о непригодности преобразователя в соответствии с Порядком проведения поверки, установленным нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений

2.5 Соответствующая информация об объеме проведенной поверки должна быть отражена в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и свидетельстве о поверке.

3 Требования к условиям поверки

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

3.2 Перед проведением поверки преобразователей должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- эталонное и вспомогательное оборудование должно быть выдержано при климатических условиях, указанных в эксплуатационной документации.
- эталонное и вспомогательное оборудование подготавливается к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на каждый прибор отдельно.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, являющиеся специалистами органа метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на проведение поверки.

4.2 К поверке допускаются лица в количестве одного и более человек, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые средства измерений, эксплуатационную документацию на средства поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Сведения о средствах поверки

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	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
1	2	3
Основные средства поверки, применяющиеся в качестве рабочего эталона		
	Средство измерений температуры: диапазон измерений температуры от минус 196 °C до 450 °C, 2 - ой разряд	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ-9-2, регистрационный номер 65421-16 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ)
	Средство измерений температуры: диапазон измерений температуры от минус 196 °C до плюс 660,323 °C, 3 - ий разряд	Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100, регистрационный номер 19916-10 в ФИФОЕИ
8, 9	Средство измерений температуры: диапазон измерений температуры от минус 200 °C до плюс 962 °C, пределы абсолютной погрешности измерений температуры $\pm(0,002+3\cdot10^{-6}\cdot t)$ °C	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.15, регистрационный номер 19736-11 в ФИФОЕИ
	Средство измерений сопротивления: диапазон измерений сопротивления от 0,01 до 1000,00 Ом, пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерений сопротивления, Ом $\pm[0,0002+1\cdot10^{-5}\cdot R]$	Преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный Теркон, регистрационный номер 23245-08 в ФИФОЕИ
	Средство измерений сопротивления: диапазон измерения электрического сопротивления от 0,005 до 2000 Ом, погрешность для диапазона: от 0 до 400 Ом $\pm(0,0025\% \text{ ИВ} + 0,0035 \text{ Ом})$; для диапазона: от 400 до 2000 Ом $\pm(0,0025\% \text{ ИВ} + 0,02 \text{ Ом})$	Мультиметр многоканальный прецизионный МЕТРАН 514-ММП, регистрационный номер 47848-11 в ФИФОЕИ
8.1	Средство измерений сопротивления: диапазон измерения сопротивления от 10 МОм до 10000 МОм при напряжении 100В, основная погрешность диапазона измерений $\pm 3 \%$	Мегаомметр М4122, регистрационный номер 40999-15 в ФИФОЕИ

Окончание таблицы 2

1	2	3	
Вспомогательные средства поверки и испытательное оборудование			
8, 9	Средство воспроизведения и поддержания температуры: диапазон от минус 60 °С до плюс 100 °С, нестабильность поддержания заданной температуры $\pm 0,01$ °С	Термостат переливной прецизионный ТПП-1.2, регистрационный номер 33744-07 в ФИФОЕИ	
	Средство воспроизведения и поддержания температуры: диапазон воспроизведений температуры от 95 °С до 101,5 °С, неравномерность температурного поля в рабочем пространстве, не более, $\pm 0,03$ °С	Термостат паровой ТП-2, регистрационный номер 25916-03 в ФИФОЕИ	
	Средство воспроизведения и поддержания температуры: номинальная температура термостатируемой среды в рабочей камере 0 °С, неравномерность температурного поля в рабочем пространстве, не более, $\pm 0,02$ °С	Термостат нулевой ТН-1М	
	Средство воспроизведения и поддержания температуры: диапазон воспроизведений температуры от минус 30 °С до 100 °С, неоднородность температурного поля в рабочей зоне, не более $\pm 0,01$ °С	Термостат жидкостный ТЕРМОТЕСТ-100, регистрационный номер 25777-03 в ФИФОЕИ	
	Средство воспроизведения и поддержания температуры: диапазон воспроизведений температуры от плюс 100 °С до плюс 300 °С, неоднородность температурного поля в рабочей зоне, не более $\pm 0,01$ °С	Термостат жидкостный ТЕРМОТЕСТ-300, регистрационный номер 39300-08 в ФИФОЕИ	
	Средство воспроизведения и поддержания температуры: диапазон воспроизведений температуры от плюс 300 °С до плюс 1100 °С, Разность воспроизводимых температур в каналах с одинаковыми диаметрами не более $\pm 0,02$ °С	Калибратор температуры эталонный КТ-1100, регистрационный номер 26113-03 в ФИФОЕИ	
	—	Сосуд Дьюара	
	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от 15 °С до 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,4$ °С	Прибор комбинированный Testo 622, регистрационный номер 53505-13 в ФИФОЕИ	
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 30 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 3 %		
П р и м е ч а н и е:			
Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений, поверенные в качестве эталонов, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.			

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

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

6.2 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.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Визуальный осмотр ТС должен показать, что защитный корпус, внешние клеммы и внешние провода ТС не имеют видимых разрушений, резьба на клеммах, клеммных головках и штуцерах не имеет механических повреждений. ТС с загрязненной поверхностью защитной арматуры к поверке не допускают.

7.2 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие ТС требованиям ГОСТ 6651-2009 в части маркировки и комплектности.

7.3 При невыполнении требований п. 7 ТС к дальнейшей поверке не допускают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Проверка электрического сопротивления изоляции термопреобразователей сопротивления при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$

8.1.1 Подключают клеммы прибора для измерения электрического сопротивления к выводам и защитному корпусу ТС. Подают измерительное напряжение 100 В.

8.1.2 Показания снимают в течение 10 с после подачи напряжения и фиксируют минимальное значение сопротивления. Сопротивление изоляции ТС должно соответствовать требованиям ГОСТ 6651-2009.

8.1.3 ТС не удовлетворяющие требованиям ГОСТ 6651-2009 к дальнейшей поверке не допускают.

8.2 Устанавливают эталоны и средства измерений в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

8.3.1 Подготовка для многозонных ТС.

8.3.1.1 Перед поверкой многозонный ТС частично разбирают, снимая обвязку и освобождая концы одиночных ТС на длине, достаточной для установки в испытательное оборудование.

8.3.1.2 Проводят последовательно поверку каждого одиночного ТС. Если многозонный ТС составлен из градуированных ТС с ИСХ, то поверка одиночных ТС осуществляется в соответствии с п. 2.1, по операциям поверки для градуированных ТС с ИСХ, в противном случае по операциям поверки для ТС.

8.4 Опробование ТС проводить в следующей последовательности:

8.4.1 Поверяемый ТС подключают к измерителю температуры многоканальному прецизионному МИТ 8.15, или МЕТРАН 514-ММП, или Теркон (далее – МИТ) в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.4.2 Проводят проверку показаний температуры по цифровому индикатору МИТ.

8.4.3 Результаты опробования считают положительными, если измеренное поверяемым ТС значение температуры предельно близко равное к значению температуры окружающего воздуха, в помещении к которого проводят поверку. Опробование допускается совмещать с основной поверкой.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

9.1 Проверка отклонения сопротивления термопреобразователей сопротивления от номинальной статической характеристики

9.1.1 Определение отклонения сопротивления ТС от НСХ:

- при температуре от -5°C до $+30^{\circ}\text{C}$ выполняют в соответствии с ГОСТ 8.461-2009 п. 10.3;
- при температуре от 90°C до 103°C выполняют в соответствии с ГОСТ 8.461-2009 п. 10.4.

9.1.2 ТС соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки считают положительными, если допустимое отклонение сопротивления ТС от НСХ в температурном эквиваленте (допуск) в каждой контрольной точке не превышает значений указанных в ОТ ТС.

9.2 Определение погрешности измерений разности температур (для КТС).

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

9.2.1.1 Измерить сопротивления эталонного ТС $R^{\text{Э}}(0)$ и каждого ТС, входящего в состав поверяемого КТС, $R^{\text{Г}}(0)_{\text{изм}}$, $R^{\text{Х}}(0)_{\text{изм}}$ в термостате при температуре $(0 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

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

9.2.1.2 Измерить сопротивления эталонного ТС $R^{\text{Э}}(100)$ и каждого ТС, входящего в состав поверяемого КТС, $R^{\text{Г}}(100)_{\text{изм}}$, $R^{\text{Х}}(100)_{\text{изм}}$ в термостате при температуре $(100 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

9.2.1.3 Для КТС на базе ТС с НСХ типа 100П и Pt100 дополнительно измерить сопротивления эталонного ТС $R^{\text{Э}}(180)$ и ТС, входящих в состав поверяемого КТС, $R^{\text{Г}}(180)_{\text{изм}}$, $R^{\text{Х}}(180)_{\text{изм}}$ в термостате при температуре $(180 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

9.2.1.4 С помощью таблиц поправок к показаниям эталонного термометра сопротивления $R^{\text{Э}}(0)$, $R^{\text{Э}}(100)$, $R^{\text{Э}}(180)$ вычислить действительные значения температур в термостате $t_{\text{ном}}(0)$, $t_{\text{ном}}(100)$, $t_{\text{ном}}(180)$ при измерении сопротивлений по пп. 9.2.1.1 – 9.2.1.3.

9.2.1.5 Для КТС на базе ТС с НСХ типа 100М вычислить значения коэффициентов $R^{\text{Г}}_0$, $A^{\text{Г}}$, $R^{\text{Х}}_0$, $A^{\text{Х}}$, решив 2 системы из 2 уравнений (1), построенных для каждой из температур, вычисленных в п. 9.2.1.4.

$$\begin{cases} R^{\text{Г}}(0)_{\text{изм}} = R_0^{\text{Г}} \times (1 + A^{\text{Г}} \cdot t_{\text{ном}}(0)) \\ R^{\text{Г}}(100)_{\text{изм}} = R_0^{\text{Г}} \times (1 + A^{\text{Г}} \cdot t_{\text{ном}}(100)) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} R^{\text{Х}}(0)_{\text{изм}} = R_0^{\text{Х}} \times (1 + A^{\text{Х}} \cdot t_{\text{ном}}(0)) \\ R^{\text{Х}}(100)_{\text{изм}} = R_0^{\text{Х}} \times (1 + A^{\text{Х}} \cdot t_{\text{ном}}(100)) \end{cases}$$

Метод решения системы уравнений описан в Приложение А настоящей методики.

9.2.1.6 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. 9.2.1.4.

$$\begin{cases} R^\Gamma(0)_{u3m} = R^\Gamma_0 \times \left(1 + A^\Gamma \cdot t_{nom}(0) + B^\Gamma \cdot (t_{nom}(0))^2\right) \\ R^\Gamma(100)_{u3m} = R^\Gamma_0 \times \left(1 + A^\Gamma \cdot t_{nom}(100) + B^\Gamma \cdot (t_{nom}(100))^2\right) \\ R^\Gamma(180)_{u3m} = R^\Gamma_0 \times \left(1 + A^\Gamma \cdot t_{nom}(180) + B^\Gamma \cdot (t_{nom}(180))^2\right) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} R^X(0)_{u3m} = R^X_0 \times \left(1 + A^X \cdot t_{nom}(0) + B^X \cdot (t_{nom}(0))^2\right) \\ R^X(100)_{u3m} = R^X_0 \times \left(1 + A^X \cdot t_{nom}(100) + B^X \cdot (t_{nom}(100))^2\right) \\ R^X(180)_{u3m} = R^X_0 \times \left(1 + A^X \cdot t_{nom}(180) + B^X \cdot (t_{nom}(180))^2\right) \end{cases}$$

Метод решения системы уравнений описан в Приложение А настоящей методики.

9.2.2 Определить относительную погрешность измерения разности температур.

9.2.2.1 Относительную погрешность вычислить по формуле (3) для трех основных режимов:

- для КТС с НСХ типа 100М

Первый режим: $t_{nom}^\Gamma = 40^\circ\text{C}$, $t_{nom}^X = 30^\circ\text{C}$, $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

Второй режим: $t_{nom}^\Gamma = 60^\circ\text{C}$, $t_{nom}^X = 40^\circ\text{C}$, $\Delta t = 20^\circ\text{C}$.

Третий режим: $t_{nom}^\Gamma = 150^\circ\text{C}$, $t_{nom}^X = 70^\circ\text{C}$, $\Delta t = 80^\circ\text{C}$.

- для КТС с НСХ типа 100П и Pt100

Первый режим: $t_{nom}^\Gamma = 40^\circ\text{C}$, $t_{nom}^X = 30^\circ\text{C}$, $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

Второй режим: $t_{nom}^\Gamma = 60^\circ\text{C}$, $t_{nom}^X = 40^\circ\text{C}$, $\Delta t = 20^\circ\text{C}$.

Третий режим: $t_{nom}^\Gamma = 180^\circ\text{C}$, $t_{nom}^X = 100^\circ\text{C}$, $\Delta t = 80^\circ\text{C}$.

$$\delta_{0i} = \frac{(t^\Gamma - t^X) - (t_{nom}^\Gamma - t_{nom}^X)}{t_{nom}^\Gamma - t_{nom}^X} \times 100 \%, \quad (3)$$

где t_{nom}^Γ , t_{nom}^X – значения температур каждого из указанных выше режимов;

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

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

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

где R_{nom} – значение номинального сопротивления ТС при 0°C согласно ГОСТ 6651-2009;

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

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

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

9.2.2.3 Для КТС с ИСХ типа 100П и Pt100 значения температур t^Γ , t^X вычислить по формулам (6):

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

где $R_{\text{ном}}^\Gamma$, $R_{\text{ном}}^X$ – значения номинальных сопротивлений ТС при 0 °C согласно ГОСТ 6651-2009;

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

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

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

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

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

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

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

9.2.3 КТС соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки считаются положительными, если рассчитанное по формуле (3) значение относительной погрешности измерения разности температур (для всех режимов температур) не превышает (E_{ti}), % из (8).

9.3 Проверка отклонения сопротивления градуированных ТС от ИСХ.

9.3.1.1 При первичной поверке до ввода в эксплуатацию определить отклонение сопротивления от ИСХ для класса, соответствующего классу ТС до проведения градуировки. Проверка отклонения выполняется по операциям в соответствии с ГОСТ 8.461-2009 пп.10.3, 10.4. Если значение отклонения не превышает допускаемое, то провести градуировку и вычислить коэффициенты КВД в соответствии с Приложением А ГОСТ 8.461-2009.

Определить отклонение температуры ТС с ИСХ от значения температуры, измеренного эталонными СИ в контрольных точках 0°C и 100°C по формуле (9):

$$\Delta = \frac{\sqrt{A^2 - 4 \cdot B \cdot (1 - \frac{R_t}{R_0})} - A}{2 \cdot B} - t_3 \quad (9)$$

где R₀, A, B – коэффициенты КВД поверяемого ТС;

R_t – сопротивление поверяемого ТС в контрольной точке, Ом;

t₃ – показания эталона в контрольной точке, °С.

Если отклонение, рассчитанное по формуле (9), в контрольных точках 0°C или 100°C, превышает пределы допускаемого отклонения ТС от ИСХ указанные в ОТ, проверить корректность проведенных расчетов.

В случае нахождения ошибки в вычислении коэффициентов КВД, повторить процедуру определения метрологических характеристик ТС с ИСХ по формуле (9), в противном случае ТС бракуют.

Пример расчета коэффициентов КВД приведен в Приложении Б настоящей методики.

9.3.1.2 При периодических поверках определить отклонение от ИСХ. Проверка отклонения выполняется по операциям в соответствии с ГОСТ 8.461-2009 пп.10.3, 10.4. Расчетное значение сопротивления ИСХ определяется решением уравнения КВД с коэффициентами КВД, определенными при последней поверке.

Если значение отклонения не превышает значение указанное в ОТ, то провести градуировку и вычислить новые коэффициенты КВД в соответствии с Приложением А ГОСТ 8.461-2009.

Определить отклонение температуры ТС с ИСХ от значения температуры, измеренного эталонными СИ в контрольных точках 0°C и 100°C по формуле (9).

Если отклонение, рассчитанное по формуле (9), в контрольных точках 0°C или 100°C, превышает пределы допускаемого отклонения ТС от ИСХ указанные в ОТ, проверить корректность проведенных расчетов.

В случае нахождения ошибки в вычислении коэффициентов КВД, повторить процедуру определения метрологических характеристик ТС с ИСХ по формуле (9), в противном случае ТС бракуют.

Пример расчета коэффициентов КВД приведен в Приложении Б настоящей методики.

9.3.2 ТС с ИСХ соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и результаты поверки считают положительными, если:

- при первичной поверке:

- отклонение от ИСХ не превышает значений установленных для соответствующего класса ТС до проведения градуировки в соответствии с ГОСТ 6651-2009;
- отклонение рассчитанное по формуле (9) в каждой контрольной точке (0°C и 100°C) не превышает допускаемого отклонения сопротивления ТС от ИСХ в температурном эквиваленте (допуск) указанные в ОТ ТС;

- при периодической поверке:

- отклонение ТС с коэффициентами КВД определенными при последней поверке, в соответствии с п. 9.3.1.2, не превышает значений, указанных в описании типа ТС;
- отклонение рассчитанное по формуле (9) в каждой контрольной точке (0°C и 100°C) не превышает допускаемого отклонения сопротивления ТС от ИСХ в температурном эквиваленте (допуск) указанные в ОТ ТС.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки в произвольной форме.

10.2 ТС, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. Сведения о результатах поверки ТС передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения ФИФОЕИ, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона № 102-ФЗ. Для градуированных ТС с ИСХ вычисленные коэффициенты КВД вносятся в ФИФОЕИ.

10.3 По заявлению владельца ТС или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда ТС подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением в паспорт преобразователя записи о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

10.4 По заявлению владельца ТС или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки (когда ТС не подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением в паспорт преобразователя соответствующей записи.

Приложение А
(обязательное)

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 (А1) (расчет приведен для ТС с индексом « Γ », для ТС с индексом « X » коэффициенты вычислять аналогично):

$$A^\Gamma = \frac{R^\Gamma(100)_{изм} - R^\Gamma(0)_{изм}}{R^\Gamma(0)_{изм} t_{ном}(100) - R^\Gamma(100)_{изм} t_{ном}(0)}, \quad (A1)$$

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

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 (А2).

$$R_0^\Gamma = \frac{D_{R_0}^\Gamma}{D^\Gamma}, \quad R_0^X = \frac{D_{R_0}^X}{D^X}, \quad (A2)$$

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

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

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

Для вычисления определителей и алгебраических дополнений использовать формулы (А3) (приведены для ТС с индексом «Г», для ТС с индексом «Х» вычислять аналогично):

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

$$[T^{\Gamma}(100) \times T^{\Gamma}(180)^2 - T^{\Gamma}(100)^2 \times T^{\Gamma}(180)] -$$

$$- [T^{\Gamma}(0) \times T^{\Gamma}(180)^2 - T^{\Gamma}(0)^2 \times T^{\Gamma}(180)] +$$

$$+ [T^{\Gamma}(0) \times T^{\Gamma}(100)^2 - T^{\Gamma}(0)^2 \times T^{\Gamma}(100)], \quad (A3)$$

$$D_{R_0}^{\Gamma} = \det \begin{vmatrix} R^{\Gamma}(0)_{u3M} & T^{\Gamma}(0) & T^{\Gamma}(0)^2 \\ R^{\Gamma}(100)_{u3M} & T^{\Gamma}(100) & T^{\Gamma}(100)^2 \\ R^{\Gamma}(180)_{u3M} & T^{\Gamma}(180) & T^{\Gamma}(180)^2 \end{vmatrix} =$$

$$= R^{\Gamma}(0)_{u3M} \times [T^{\Gamma}(100) \times T^{\Gamma}(180)^2 - T^{\Gamma}(100)^2 \times T^{\Gamma}(180)] -$$

$$- R^{\Gamma}(100)_{u3M} \times [T^{\Gamma}(0) \times T^{\Gamma}(180)^2 - T^{\Gamma}(0)^2 \times T^{\Gamma}(180)] +$$

$$+ R^{\Gamma}(180)_{u3M} \times [T^{\Gamma}(0) \times T^{\Gamma}(100)^2 - T^{\Gamma}(0)^2 \times T^{\Gamma}(100)],$$

$$D_{R_A}^{\Gamma} = \det \begin{vmatrix} 1 & R^{\Gamma}(0)_{u3M} & T^{\Gamma}(0)^2 \\ 1 & R^{\Gamma}(100)_{u3M} & T^{\Gamma}(100)^2 \\ 1 & R^{\Gamma}(180)_{u3M} & T^{\Gamma}(180)^2 \end{vmatrix} =$$

$$[R^{\Gamma}(100)_{u3M} \times T^{\Gamma}(180)^2 - R^{\Gamma}(180)_{u3M} \times T^{\Gamma}(100)^2] -$$

$$- [R^{\Gamma}(0)_{u3M} \times T^{\Gamma}(180)^2 - R^{\Gamma}(180)_{u3M} \times T^{\Gamma}(0)^2] +$$

$$+ [R^{\Gamma}(0)_{u3M} \times T^{\Gamma}(100)^2 - R^{\Gamma}(100)_{u3M} \times T^{\Gamma}(0)^2],$$

$$D_{R_2}^{\Gamma} = \det \begin{vmatrix} 1 & T^{\Gamma}(0) & R^{\Gamma}(0)_{u3M} \\ 1 & T^{\Gamma}(100) & R^{\Gamma}(100)_{u3M} \\ 1 & T^{\Gamma}(180) & R^{\Gamma}(180)_{u3M} \end{vmatrix} =$$

$$= [T^{\Gamma}(100) \times R^{\Gamma}(180)_{u3M} - T^{\Gamma}(180) \times R^{\Gamma}(100)_{u3M}] -$$

$$- [T^{\Gamma}(0) \times R^{\Gamma}(180)_{u3M} - T^{\Gamma}(180) \times R^{\Gamma}(0)_{u3M}] +$$

$$+ [T^{\Gamma}(0) \times R^{\Gamma}(100)_{u3M} - T^{\Gamma}(100) \times R^{\Gamma}(0)_{u3M}].$$

Приложение Б

Метод определения коэффициентов КВД

Метод применяется при количестве точек градуировки не меньшим количества определяемых коэффициентов КВД. Определение коэффициентов проводится в следующей последовательности:

- измеряется сопротивление ТС и температура эталона в точках градуировки
- по данным точек градуировки составляется матрица А коэффициентов
- вычисляется матрица N нормальных коэффициентов
- по коэффициентам матрицы N составляются матрицы Д, DR0, DA, DV и DC
- вычисляются определители матриц Д и рассчитываются коэффициенты КВД

Рекомендуемые точки градуировки в зависимости от диапазона градуировки, приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 - Рекомендуемые точки градуировки в зависимости от диапазона градуировки

Диапазон, °C	Точка 1, °C	Точка 2, °C	Точка 3, °C	Точка 4, °C	Точка 5, °C	Точка 6, °C
-50...+100	-50...-40	-10...+10	+40...+60	+90...+100	-	-
-50...+250	-50...-40	-10...+10	+90...+110	+240...+250	-	-
-50...+450	-50...-40	-10...+10	+90...+110	+190...+210	+290...+310	+440...+450
-196...+250	-196...-176	-10...+10	+90...+110	+240...+250	-	-

Матрица А составляется по (Б1)

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{i1} & \cdots & A_{i5} \end{bmatrix}, \quad (Б1)$$

где i – номер точки градуировки, R_i – сопротивление ТС в точке i градуировки, T_i – температура эталона в точке i градуировки, $A_{i1}=1$, $A_{i2}=T_i$, $A_{i3}=T_i^2$, $A_{i4}=(T_i-100)\times T_i^3$ если $T_i < 0$ и $A_{i4}=0$ если $T_i \geq 0$, $A_{i5}=R_i$. В случае если диапазон градуировки неотрицательный, столбец с коэффициентами A_{i4} в матрице А отсутствует.

При количестве точек градуировки большем, чем количество коэффициентов КВД, матрица N вычисляется по (Б2), при количестве точек градуировки равным количеству коэффициентов КВД, матрица N вычисляется по (Б3)

$$N = A^T \times A, \quad (Б2)$$

$$N = A, \quad (Б3)$$

Матрицы Δ , $\Delta R0$, ΔA , ΔB и ΔC составляются по (Б4)

$$\Delta = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & N_{13} & N_{14} \\ N_{21} & N_{22} & N_{23} & N_{24} \\ N_{31} & N_{32} & N_{33} & N_{34} \\ N_{41} & N_{42} & N_{43} & N_{44} \end{bmatrix}; \Delta R0 = \begin{bmatrix} N_{15} & N_{12} & N_{13} & N_{14} \\ N_{25} & N_{22} & N_{23} & N_{24} \\ N_{35} & N_{32} & N_{33} & N_{34} \\ N_{45} & N_{42} & N_{43} & N_{44} \end{bmatrix}; \quad (Б4)$$

$$\Delta A = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{15} & N_{13} & N_{14} \\ N_{21} & N_{25} & N_{23} & N_{24} \\ N_{31} & N_{35} & N_{33} & N_{34} \\ N_{41} & N_{45} & N_{43} & N_{44} \end{bmatrix}; \Delta B = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & N_{15} & N_{14} \\ N_{21} & N_{22} & N_{25} & N_{24} \\ N_{31} & N_{32} & N_{35} & N_{34} \\ N_{41} & N_{42} & N_{45} & N_{44} \end{bmatrix};$$

$$\Delta C = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & N_{13} & N_{15} \\ N_{21} & N_{22} & N_{23} & N_{25} \\ N_{31} & N_{32} & N_{33} & N_{35} \\ N_{41} & N_{42} & N_{43} & N_{45} \end{bmatrix}$$

Коэффициенты КВД вычисляются по (Б5)

$$R0 = \frac{|\Delta R0|}{|\Delta|}; A = \frac{|\Delta A|}{|\Delta R0|}; B = \frac{|\Delta B|}{|\Delta R0|}; C = \frac{|\Delta C|}{|\Delta R0|} \quad (Б5)$$

В случае если диапазон градуировки неотрицательный, матрица ΔC не составляется, коэффициент C не вычисляется, а порядок матриц Δ , $\Delta R0$, ΔA и ΔB уменьшается на единицу.