



Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский
институт метрологической службы»

119361, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный
округ Очаково-Матвеевское, ул. Озерная, д. 46

Тел.: (495) 437 55 77
E-mail: Office@vniims.ru

Факс: (495) 437 56 66
www.vniims.ru

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»

А.Е. Колонин

«20» августа 2024 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых КТС-Б

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 207-050-2024

г. Москва
2024 г.

Общие положения

Настоящая методика распространяется на Комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых КТС-Б (далее – комплекты КТС-Б), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью «Термопоинт» (ООО «Термопоинт»), г. Москва и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А настоящей методики.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы температуры в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры», подтверждающим прослеживаемость к Государственному первичному эталону ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С»

В настоящей методике поверки используется метод непосредственного сличения с эталонными термометрами в жидкостных термостатах.

1 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении первичной и периодической поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
- контроль условий поверки	Да	Да	8.1
- опробование средства измерений	Да	Да	8.3
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	9
- определение сопротивлений ТС комплекта КТС-Б	Да	Да	9.1
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Оформление результатов поверки	Да	Да	11
Примечания: 1. При получении отрицательных результатов в процессе проведения той или иной операции поверка прекращается. 2. Методикой поверки не допускается проводить поверку в сокращенном диапазоне измерений.			

2 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия влияющих факторов:

- | | |
|--|------------------------|
| - температура окружающего воздуха, °С | от плюс 15 до плюс 25; |
| - относительная влажность окружающего воздуха, % | от 30 до 80; |
| - атмосферное давление, кПа | от 84 до 106. |

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверка СИ должна выполняться специалистами организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющими необходимую квалификацию, ознакомленными с эксплуатационной документацией и освоившими работу с техническими средствами, используемыми при поверке.

К проведению поверки допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ознакомленные с эксплуатационной документацией на средства поверки и поверяемые комплекты КТС-Б.

Требования к количеству специалистов в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки отсутствуют.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средств измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С, обеспечивающие подтверждение требований п. 3; Средства измерений относительной влажности окружающей среды в диапазоне измерений от 30 % до 80 %, обеспечивающие подтверждение требований п. 3; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 84 до 106 кПа, обеспечивающие подтверждение требований п. 3	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
п. 8.3 Опробование средства измерений (при подготовке к поверке и опробовании средств измерений)	Средство измерений электрического сопротивления изоляции в диапазоне измерений от 0 до 2000 МОм при напряжении 100 В, Класс точности 1,5	Мегаомметр Ф4102/1-1М, рег. № 9225-88 (далее – мегаомметр)
п. 9.1 Определение сопротивлений ТС комплекта КТС-Б	Рабочий эталон температуры 2 разряда по приказу Росстандарта от 23 декабря 2022 года № 3253 в диапазон измерений температуры от 0 °С до +140 °С; Термостаты переливные, диапазон	Термопреобразователи сопротивления платиновые вибропрочные эталонные ПТСВ-11-2, рег. № 65421-16;

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>воспроизведения температуры от 0 °С до +140 °С, нестабильность поддержания температуры не более $\pm 0,02$ °С;</p> <p>Термостаты нулевые или сосуды Дьюара, наполненные смесью льда и дистиллированной воды, значение температуры воспроизведения $(0 \pm 0,2)$ °С, неравномерность температуры в рабочем объеме не более $\pm 0,01$ °С;</p> <p>Термостаты паровые, диапазон воспроизводимой температуры от +95 °С до +101,5 °С, нестабильность поддержания температуры в рабочем объеме за 30 мин не более $\pm 0,03$ °С</p>	<p>Измерители температуры многоканальные прецизионные МИТ 8, рег. № 19736-11;</p> <p>Термостаты переливные прецизионные ТПП, рег. № 33744-07;</p> <p>Термостаты нулевые ТН-1М или сосуды Дьюара, наполненные смесью льда и дистиллированной воды;</p> <p>Термостаты паровые ТП-2, рег. № 25916-03</p>
<p>Примечания:</p> <p>1. Эталоны и средства измерений, применяемые в качестве эталонов, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке; применяемые средства измерений должны быть поверены; испытательное оборудование - аттестовано.</p> <p>2. Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.</p>		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные в следующих документах:

- ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
- требования безопасности, которые предусматривают «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)» (Приказ от 15 декабря 2020 года № 903н);
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства испытаний;
- указания по технике безопасности, приведенные в РЭ.

Требования эксплуатации:

- работы по соединению вспомогательных устройств должны выполняться до подключения к сети электропитания.

6 Внешний осмотр

При внешнем осмотре комплектов КТС-Б проверяется:

- соответствие внешнего вида и маркировки описанию типа и эксплуатационной документации;
- отсутствие видимых повреждений защитного корпуса, внешних клемм и внешних проводов;
- наличие заводского номера на термопреобразователях сопротивления (далее – ТС), входящих в комплект КТС-Б, представленных в поверку.

Комплекты КТС-Б, не отвечающие перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Контроль условий поверки

7.1.1 Перед проведением операций поверки выполнить контроль условий окружающей среды.

7.1.2 Контроль осуществлять измерением влияющих факторов, указанных в п. 3, с помощью прибора контроля условий поверки (или иных средств измерений указанных параметров). Измерения влияющих факторов проводить в помещении, где проводятся операции поверки.

7.1.3 Результаты измерений температуры, относительной влажности и атмосферного давления должны находиться в пределах, указанных в п. 3. В противном случае поверку не проводят до приведения условий поверки в соответствии с п. 3.

7.1.4 Комплекты КТС-Б должны предварительно выдержать в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха, указанной в п. 3, не менее двух часов.

7.2 При опробовании комплектов КТС-Б проверять электрическое сопротивление изоляции каждого ТС, входящего в комплект КТС-Б.

7.2.1 Подключить клеммы мегаомметра к выводам и защитному корпусу ТС. Подать измерительное напряжение 100 В.

7.2.2 Показания снимать в течение не менее 10 с после подачи напряжения и фиксировать минимальное значение сопротивления.

7.2.3 Сопротивление изоляции ТС должно быть не менее 100 МОм. ТС с сопротивлением изоляции менее 100 МОм к дальнейшей поверке не допускаются.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

Метрологические характеристики комплектов КТС-Б – отклонения индивидуальных статических характеристик (ИСХ) ТС комплекта КТС-Б от соответствующей номинальной статической характеристики (НСХ) и значения относительной погрешности измерений разности температуры определяют, используя индивидуальные для каждого ТС комплекта КТС-Б коэффициенты ИСХ.

9.1 Определение сопротивлений ТС комплекта КТС-Б

Определение значений сопротивлений ТС комплекта КТС-Б проводить в трёх контрольных точках: $t_1 = (0 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $t_2 = (100 \pm 1) ^\circ\text{C}$ (допускается определение значений сопротивлений в контрольной точке $(80 \pm 1) ^\circ\text{C}$), $t_3 = (140 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Сопротивления и отклонения сопротивлений ТС от НСХ, входящих в комплект КТС-Б, определять в соответствии с требованиями ГОСТ 8.461-2009.

Обработку результатов измерений, полученных в п. 9.1, выполнять в соответствии с п. 10.1 и 10.2.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка отклонений сопротивлений ТС от НСХ и расчёт коэффициентов ИСХ

10.1.1 По результатам, полученным в п. 9.1, определить отклонения сопротивлений ТС от НСХ. Отклонения сопротивлений ТС не должны превышать значений, установленных для соответствующего класса допуска ТС (таблица 3).

Таблица 3 – Отклонения сопротивлений ТС от НСХ

Класс допуска	Пределы допускаемых отклонений сопротивлений ТС комплектов КТС-Б от НСХ по ГОСТ 6651-2009, $^\circ\text{C}$
АА	$\pm(0,1 + 0,0017 \cdot t)$
А	$\pm(0,15 + 0,002 \cdot t)$
В	$\pm(0,3 + 0,005 \cdot t)$

$|t|$ – абсолютное значение температуры, $^\circ\text{C}$

10.1.2 Расчёт коэффициентов ИСХ

Значения сопротивлений ТС, полученные при измерениях, используются в системе трех уравнений для вычисления трех констант квадратичного уравнения, связывающего сопротивление и температуру (в форме ИСХ по ГОСТ 8.461-2009) и представляющего ИСХ ТС:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + A \cdot t + B \cdot t^2), \quad (1)$$

где R_t – сопротивление ТС комплекта КТС-Б при температуре t (°C), Ом;

R_0 , A и B – коэффициенты ИСХ.

Для четырехпроводных схем соединения внутренних выводов ТС: $R_t = R_n$, где R_n – значение сопротивления, полученное при измерении, Ом.

Для двухпроводных схем соединения внутренних выводов ТС необходимо из результата измерений сопротивления ТС вычесть значение сопротивления соединительных проводов и сопротивления внутренних выводов.

Для трёхпроводных схем соединения внутренних выводов ТС необходимо измерить сопротивление между двумя контактами, соединенными с цепью, включающей в себя чувствительный элемент, и двумя контактами, соединенными с парой проводников, идущих из одной точки чувствительного элемента, и затем вычесть значение второго сопротивления из значения первого.

Коэффициенты ИСХ рассчитывают в соответствии со следующими уравнениями:

$$R_0 = D_{R0} / D; A = D_{RA} / D_{R0}; B = D_{RB} / D_{R0},$$

где D , D_{R0} , D_{RA} , D_{RB} – определитель и соответствующие алгебраические дополнения системы трех уравнений для искоемых коэффициентов:

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

$$D_{R0} = \det \begin{vmatrix} R_1 & t_1 & t_1^2 \\ R_2 & t_2 & t_2^2 \\ R_3 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = R_1 \cdot (t_2 \cdot t_3^2 - t_2^2 \cdot t_3) - R_2 \cdot (t_1 \cdot t_3^2 - t_1^2 \cdot t_3) + R_3 \cdot (t_1 \cdot t_2^2 - t_1^2 \cdot t_2) \quad (3)$$

$$D_{R0} = \det \begin{vmatrix} R_1 & t_1 & t_1^2 \\ R_2 & t_2 & t_2^2 \\ R_3 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = R_1 \cdot (t_2 \cdot t_3^2 - t_2^2 \cdot t_3) - R_2 \cdot (t_1 \cdot t_3^2 - t_1^2 \cdot t_3) + R_3 \cdot (t_1 \cdot t_2^2 - t_1^2 \cdot t_2) \quad (4)$$

$$D_{RA} = \det \begin{vmatrix} 1 & R_1 & t_1^2 \\ 1 & R_2 & t_2^2 \\ 1 & R_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = (R_2 \cdot t_3^2 - R_3 \cdot t_2^2) - (R_1 \cdot t_3^2 - R_3 \cdot t_1^2) + (R_1 \cdot t_2^2 - R_2 \cdot t_1^2) \quad (5)$$

$$D_{RB} = \det \begin{vmatrix} 1 & t_1 & R_1 \\ 1 & t_2 & R_2 \\ 1 & t_3 & R_3 \end{vmatrix} = (t_2 \cdot R_3 - t_3 \cdot R_2) - (t_1 \cdot R_3 - t_3 \cdot R_1) + (t_1 \cdot R_2 - t_2 \cdot R_1) \quad (6)$$

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

10.2 Определение относительной погрешности измерений разности температуры комплекта КТС-Б

10.2.1 Значения относительной погрешности измерений разности температуры комплекта КТС-Б $\delta_{\Delta t}$, %, определить по формуле:

$$\delta_{\Delta t} = \frac{\Delta t_{\text{и}} - \Delta t_{\text{д}}}{\Delta t_{\text{д}}} \cdot 100 = \frac{(t_{\text{и}1} - t_{\text{и}2}) - (t_{\text{д}1} - t_{\text{д}2})}{\Delta t_{\text{д}}} \cdot 100 = \frac{(t_{\text{и}1} - t_{\text{д}1}) - (t_{\text{и}2} - t_{\text{д}2})}{\Delta t_{\text{д}}} \cdot 100, \quad (7)$$

где $t_{\text{и}1}$ и $t_{\text{и}2}$ – измеренные значения температуры, соответственно, в падающем и обратном

трубопроводах, °C;

$t_{д1}$ и $t_{д2}$ – действительные значения температуры, соответственно, в падающем и обратном трубопроводах, °C;

$\Delta t_{и}$ и $\Delta t_{д}$ – разности температуры, соответственно, измеренные и действительные, °C.

Значения температуры $t_{д}$ выбирать по таблице 4.

Таблица 4 – Действительные значения температуры в падающем и обратном трубопроводах

№ точки	$\Delta t_{д}$, °C	$t_{д2}$, °C	$t_{д1} = t_{д2} + \Delta t_{д}$, °C
1	Δt_{\min}	10	$\Delta t_{\min} + 10$
2	Δt_{\min}	40	$\Delta t_{\min} + 40$
3	10	80	90
4	10	150	160
5	20	70	90
6	75	85	160
7	150	10	160
8	20	90	70
9	10	90	80

Значения температуры $t_{и}$ определять по формуле:

$$t_{и} = \frac{-A_H + \sqrt{A_H^2 + 4B_H \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right)}}{2B_H} \quad (8)$$

где R_0 – номинальное сопротивление ТС при 0 °C (определяется по таблице 5), Ом;
 A_H и B_H – номинальные значения температурных коэффициентов сопротивления платиновых ТС по ГОСТ 6651-2009 для градуировки соответствующего типа:

- для ТС с $\alpha = 0,00385$, $A_H = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $B_H = -5,7750 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$;
- для ТС с $\alpha = 0,00391$, $A_H = 3,9690 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $B_H = -5,8410 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$;

R_t – сопротивление ТС комплекта КТС-Б при температуре $t_{д}$ (“действительной” температуре в данной точке) рассчитать по формуле (1) с использованием рассчитанных коэффициентов ИСХ. При этом, для ТС с двухпроводным соединением, к рассчитанному значению R_t , прибавить сопротивление кабеля ТС.

Таблица 5 – Номинальное сопротивление ТС при 0 °C

Наименование НСХ	Номинальное значение сопротивления при 0 °C, R_0 , Ом
50П	50
100П	100
500П	500
1000П	1000
Pt50	50
Pt100	100
Pt500	500
Pt1000	1000

Относительную погрешность вычислить в точках внутри области, определяемой диапазоном измерений температуры и диапазоном измерений разности температуры комплекта КТС-Б, в соответствии с таблицей 4.

Результат поверки комплектов КТС-Б считать положительным, если отклонения сопротивлений ТС от НСХ не превышают значений, указанных в таблице 3 и значения относительной погрешности измерений разности температуры, рассчитанные по формуле

(7), не превышают предельных допускаемых значений в соответствии с заказом (указан в паспорте комплекта КТС-Б):

$$\delta_{\Delta t} = \pm \left(0,25 + 1,5 \cdot \frac{\Delta t_{min}}{\Delta t} \right), \quad (9)$$

или

$$\delta_{\Delta t} = \pm \left(0,5 + 3 \cdot \frac{\Delta t_{min}}{\Delta t} \right), \quad (10)$$

где Δt_{min} – минимальная измеряемая разность температуры, °С.
 Δt – измеренная разность температуры, °С

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки средств измерений в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 Средства измерений, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке.

11.3 При отрицательных результатах поверки на средство измерений по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформляется извещение о непригодности к применению.

Начальник отдела
метрологического обеспечения
термометрии (207)

 А.А. Игнатов

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений температуры, °С	от 0 до +180
Диапазон измерений разности температур, °С	от Δt_{\min} до +160, где: Δt_{\min} – минимальная разность температур, °С
Минимальная разность температур Δt_{\min} , °С	1; 2; 3
Температурный коэффициент, °С ⁻¹	0,00385; 0,00391
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений разности температур, %	$\delta_{\Delta t} = \pm(0,25 + 1,5 \cdot \Delta t_{\min} / \Delta t)$ или $\delta_{\Delta t} = \pm(0,5 + 3 \cdot \Delta t_{\min} / \Delta t)$, где: Δt – разность температур, °С
Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования (НСХ) по ГОСТ 6651-2009	Pt50, Pt100, Pt500, Pt1000 50П, 100П, 500П, 1000П
Классы допуска по ГОСТ 6651-2009	АА, А, В
Допуск по ГОСТ 6651-2009, °С - класс АА - класс А - класс В	$\pm(0,1 + 0,0017 \cdot t)$ $\pm(0,15 + 0,002 \cdot t)$ $\pm(0,3 + 0,005 \cdot t)$ где $ t $ – абсолютное значение температуры, °С, без учета знака