ВНИИМС

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. Коломин

«25» 09 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Термопреобразователи сопротивления ТП-9201, ТМ-9201

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 207-078-2024

г. Москва
2024 г.

Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Термопреобразователи сопротивления ТП-9201, ТМ-9201 (далее - термопреобразователи или ТС), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью Научно-производственная фирма «Сенсорика» (ООО НПФ «Сенсорика») и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – метод непосредственного сличения.

Прослеживаемость поверяемого термопреобразователя к государственным первичным эталонам ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С», ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К» обеспечена применением эталонов, соответствующих требованиям Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулирования и метрологии № 3253 от 23 декабря 2022 г.

1 Перечень операций поверки

При проведении первичной и периодической поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Операции 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	6
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	7.1
Подготовка к поверке	Да	Да	7.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	7.3
Определение метрологических характеристик	Да	Да	8
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	9
Оформление результатов поверки	Да	Да	10
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

2.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха: от плюс 15 °С до плюс 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление: от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

2.2 Средства поверки, оборудование готовят в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

2.3 Поверяемый термопреобразователь и используемые средства поверки должны быть защищены от вибраций, тряски, ударов, влияющих на их работу.

2.4 Операции, проводимые со средствами поверки и поверяемым термопреобразователем должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

3.1 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 руководством по эксплуатации и освоившими работу с СИ.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки применяют эталоны, средства измерений, испытательное и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Средства поверки

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более ±0,5 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ±3 %.	Прибор комбинированный Testo 608-H1, Testo 608-H2, Testo 610, Testo 622, Testo 623, рег.№ 53505-13; Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18 и др.
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ±5 гПа	Измерители давления Testo 510, Testo 511, рег. № 53431-13 и др.
п. 7.3 Опробование	Измерители сопротивления изоляции с диапазоном измерений сопротивления изоляции от 2 МОм и номинальным рабочим напряжением 100 В	Измеритель сопротивления изоляции АРРА 607, рег. № 56407-14 и др.

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9 Определение метрологических характеристик	Термометры сопротивления (платиновые) эталонные, соответствующие требованиям к эталонам 2-го, 3-го разрядов по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23.12.2022 № 3253.	Термометры сопротивления платиновые вибропрочные эталонные ПТСВ, рег. № 57690-14, № 32777-06, Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100, рег. № 19916-10, Термометр лабораторный электронный LTA мод. LTA-Э, рег. № 69551-17 и др.
	Измерители электрического сопротивления, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456.	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.15(М), рег. № 19736-11, Мультиметр 3458А, рег.№ 25900-03 и др.
	Термостаты и/или криостаты температуры (переливного типа) с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Термостаты жидкостные серии «ТЕРМОТЕСТ», рег. № 39300-08; Термостаты переливные прецизионные серии ТПП, рег. № 33744-07 и др.
	Калибраторы температуры сухоблочные (жидкостные) с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Калибраторы температуры «ЭЛЕМЕР-КТ-150К», «ЭЛЕМЕР-КТ-200К», «ЭЛЕМЕР-КТ-500К», «ЭЛЕМЕР-КТ-650К», рег. № 80030-20, Калибраторы температуры жидкостные ЭЛЕМЕР-ТК-М, ЭЛЕМЕР-Т, рег. № 78676-20 и др.
	Измерители электрического сопротивления, соответствующие требованиям к эталонам 4-го разряда (и выше) в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3456	Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R), рег. № 52489-13 и др.

Примечания:
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.
2. Допускается применение других средств поверки, разрешенных к применению в Российской Федерации (внесенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений) и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 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.

6 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие внешнего вида, комплектности термопреобразователя технической и эксплуатационной документации;

- наличие и четкость маркировки;

- отсутствие механических повреждений и дефектов покрытия, ухудшающих внешний вид и препятствующих применению;

- отсутствие обрывов и нарушения изоляции проводов;

- прочность соединения проводов, отсутствие следов коррозии;

- отсутствие других дефектов, которые могут повлиять на работу поверяемого СИ и на качество поверки.

Результат проверки положительный, если выполняются все вышеперечисленные требования. При оперативном устранении недостатков, замеченных при внешнем осмотре, поверка продолжается по следующим операциям.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Контроль условий поверки

7.1.1 Провести контроль условий окружающей среды – определить температуру и относительную влажность окружающей среды, а также атмосферное давление.

7.2 Подготовка к поверке средства измерений

7.2.1. Все ТС перед проведением поверки должны предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха от +15 °С до +25 °С, не менее:

- 12 ч - при разнице температур воздуха в помещении и местом, откуда вносится СИ, более 10 °С;

- 1 ч - при разнице температур воздуха в помещении и местом, откуда вносится СИ, от 1 до 10 °С;

- при разнице указанных температур менее 1 °С выдержка не требуется.

7.3 Опробование

7.3.1 Опробование проводят, путем проверки электрического сопротивления изоляции

ТС.

Для проверки используют мегаомметр с номинальным рабочим напряжением 100 В.

7.3.2 Подключают один из зажимов мегомметра к закороченным между собой выходным контактам измерительной вставки ТС, а другой – к краю измерительной вставки или металлической защитной арматуре.

7.3.3 Запускают процесс измерения электрического сопротивления изоляции ТС.

7.3.4. Результат проверки считается положительным, если полученное значение электрического сопротивления изоляции не менее 100 МОм.

7.3.5 Результат проверки положительный, если выполняются все вышеперечисленные требования.

8 Определение метрологических характеристик средства измерений

8.1 Проверка отклонения сопротивления от НСХ термопреобразователей сопротивления с НСХ типов 50П, 100П, Pt100, Pt500, Pt1000, 50М, 100М (по ГОСТ 6651-2009)

8.1.1 Проверку отклонения сопротивления от НСХ выполняют для одной температурной точки, расположенной в диапазоне от минус 5 °С до плюс 30 °С (предпочтительная температура 0 °С) и для одной дополнительной температурной точки, отстоящей от первой не менее, чем на 90 °С, либо при температуре, соответствующей верхнему пределу диапазона измерений (если этот предел ниже плюс 100 °С), методом сравнения (непосредственного сличения) с эталонным термометром в жидкостных или в твердотельных термостатах (криостатах).

Для поверки ТС при температуре 0 °С допускается применять сосуды Дьюара и нулевые термостаты, наполненные смесью льда и воды, при этом, неравномерность температуры в рабочем объеме термостата не должна превышать ±0,01 °С.

8.1.2 При поверке ТС в жидкостных термостатах (криостатах) погружают на одну глубину (по конструктивной возможности) в криостат (термостат) поверяемый термопреобразователь (при необходимости изолировав погружаемую часть ТС от попадания влаги) вместе с эталонным термометром, используя при этом металлические выравнивающие блоки (при необходимости). При этом, эталонный термометр должен быть погружен на глубину, не менее нормируемой глубины погружения.

При поверке в твердотельных термостатах (калибраторах температуры) погружают эталонный термометр и поверяемый термопреобразователь до упора в каналы блока сравнения, при этом не допускают перегрева соединительной головки ТС (при наличии).

При выборе применяемого оборудования для поверки конкретного ТС необходимо руководствоваться соответствующими требованиями, приведенными в п.6.4 ГОСТ 8.461-2009.

8.1.3 В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают на криостате или термостате требуемую температурную точку.

8.1.4 После установления заданной температуры и достижения теплового равновесия между эталонным термометром, поверяемым ТС и термостатирующей средой (стабилизация показаний эталонного термометра и поверяемого ТС в соответствии с критерием, приведенным в п.10.3.1.3 ГОСТ 8.461-2009) снимают измеренное значение температуры эталонного термометра и сопротивления и/или температуры поверяемого ТС, индицируемые на дисплее измерительного прибора.

8.1.5 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 9.1.

8.2 Проверка отклонения сопротивления от НСХ термопреобразователей сопротивления с НСХ типов 46П, 53М

8.2.1 Осуществляют операции в соответствии с п.п. 8.1.1-8.1.2.

8.2.2 В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают по эталонному термометру в криостате или в термостате требуемую температурную точку. Далее осуществляют операции по п. 8.1.4 и проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 9.2.

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Отклонение сопротивления от НСХ в температурном эквиваленте термопреобразователей с НСХ типов 50П, 100П, Pt100, Pt500, Pt1000, 50М, 100М (по ГОСТ 6651-2009) вычисляют по формуле 1:

$$\Delta = t_{ТС} - t_{ЭТ} \qquad (1)$$

где: $t_{ТС}$ – значение сопротивления в температурном эквиваленте, измеренное поверяемым термопреобразователем, °С;

$t_{ЭТ}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С.

9.2 Отклонение сопротивления от НСХ в температурном эквиваленте термопреобразователей с НСХ типов 46П, 53М вычисляют по формуле 1.

Значение сопротивления в температурном эквиваленте $t_{изм}$ для термопреобразователей с НСХ 53М в диапазоне измерений от -50 до +160 °С определяется по формуле 2:

$$t_{изм} = (\frac{R_t}{R_0} - 1) / A \qquad (2)$$

где: Rt – значение сопротивления, измеренное поверяемым термопреобразователем, Ом;
R_0 – номинальное значение сопротивления в точке 0 °С, Ом;
$A = 4{,}26 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$.

Значение сопротивления в температурном эквиваленте $t_{изм}$ для термопреобразователей с НСХ 46П в диапазоне измерений от -196 до 0 °С не включ. определяется по формуле 3:

$$t_{изм} = \sum_{i=1}^{4} D_i \cdot (\frac{R_t}{R_0} - 1) \qquad (3)$$

где: Rt – значение сопротивления, измеренное поверяемым термопреобразователем, Ом;
R_0 – номинальное значение сопротивления в точке 0 °С, Ом;
$D_1 = 251{,}903$ °С;
$D_2 = 8{,}80035$ °С;
$D_3 = -2{,}91506$ °С;
$D_4 = 1{,}67611$ °С.

Значение сопротивления в температурном эквиваленте $t_{изм}$ для термопреобразователей с НСХ 46П в диапазоне измерений от 0 до +500 °С определяется по формуле 4:

$$t_{изм} = \frac{\sqrt{A^2 - 4B(1 - R_t / R_0)} \cdot A}{2B} \qquad (4)$$

где: Rt – значение сопротивления, измеренное поверяемым термопреобразователем, Ом;
R_0 – номинальное значение сопротивления в точке 0 °С, Ом;
$A = 4{,}26 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$;
$B = -5{,}841 \cdot 10^{-7}$ °С$^{-2}$.

9.3 Термопреобразователь считается выдержавшим поверку, если полученные значения отклонения сопротивления от НСХ в температурном эквиваленте с учетом критерия годности ТС по п.10.3.5 ГОСТ 8.461-2009 в каждой проверяемой точке не превышают допускаемых нормированных значений, приведенных в таблице А1 Приложения А.

9.3.1 Номинальными статическими характеристиками преобразования для термопреобразователей сопротивления с НСХ 46П и 53М в виде табличных данных приведены соотв. в таблицах А2 и А3 Приложения А.

10 Оформление результатов поверки

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

10.2 Термопреобразователи, 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 и (или) в паспорт ТС вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

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

Разработчик настоящей методики:

Начальник отдела
метрологического обеспечения термометрии
ФГБУ «ВНИИМС» А.А. Игнатов

Приложение А

Таблица А1 – Метрологические характеристики термопреобразователей сопротивления ТП-9201, ТМ-9201

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений температуры[1], °С: - ТП-9201 - ТМ-9201	 от -196 до +500 от -50 до +160
Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования (НСХ) по ГОСТ 6651-2009: - ТП-9201 - ТМ-9201	 50П, 100П, Pt100, Pt500, Pt1000, 46П[2] 50М, 100М, 53М[2]
Класс допуска по ГОСТ 6651-2009 [3]: - ТП-9201 - ТМ-9201	 АА[4], А, В, С В, С
Допуск по ГОСТ 6651-2009, °С: - для класса АА[5] - для класса А - для класса В - для класса С	 $\pm(0,1 + 0,0017\cdot\|t\|)$[5] $\pm(0,15 + 0,002\cdot\|t\|)$[5] $\pm(0,3 + 0,005\cdot\|t\|)$[5] $\pm(0,6 + 0,01\cdot\|t\|)$[5]
Температурный коэффициент α по ГОСТ 6651-2009, $°C^{-1}$: - ТП-9201 (для ТС с НСХ 46П, 50П, 100П) - ТП-9201 (для ТС с НСХ Pt100, Pt500, Pt1000) - ТМ-9201 (для ТС с НСХ 50М, 100М) - ТМ-9201 (для ТС с НСХ 53М)	 0,00391 0,00385 0,00428 0,00426

Примечания:

[1] - рабочий диапазон измерений температуры конкретного ТС указан в паспорте;

[2] - ТС с НСХ типов 46П и 53М (по ГОСТ 6651-59) предназначены для применения только на территории РФ;

[3] - для классов допуска АА и А не допускается использование 2-х проводной схемы соединения проводов;

[4] – кроме НСХ «46П»;

[5] - где |t| – абсолютное значение температуры (без учета знака), °С.

Таблица А2 – Номинальная статическая характеристика для платиновых термопреобразователей сопротивления с R_0=46 Ом, α=0,00391

°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом
-200	7,95	10	47,82	220	84,86	430	119,52	640	151,81
-190	9,96	20	49,64	230	86,56	440	121,11	650	153,30
-180	11,95	30	51,45	240	88,26	450	122,70		
-170	139,93	40	53,26	250	89,96	460	124,28		
-160	15,90	50	55,06	260	91,64	470	125,86		
-150	17,85	60	56,86	270	93,33	480	127,43		
-140	19,79	70	58,65	280	95,00	490	128,99		
-130	21,72	80	60,43	290	96,68	500	130,55		
-120	23,63	90	62,21	300	98,34	510	132,10		
-110	25,54	100	63,99	310	100,01	520	133,65		
-100	27,44	110	65,76	320	101,66	530	135,20		
-90	29,33	120	67,52	330	103,31	540	136,73		
-80	31,21	130	69,28	340	104,96	550	138,27		
-70	33,08	140	71,03	350	106,60	560	139,79		
-60	34,94	150	72,78	360	108,23	570	141,32		
-50	36,80	160	74,52	370	109,86	580	142,83		
-40	38,65	170	76,26	380	111,48	590	44,34		
-30	40,50	180	77,99	390	113,10	600	145,85		
-20	42,34	190	79,71	400	114,72	610	147,35		
-10	44,17	200	81,43	410	116,32	620	148,84		
0	46,00	210	83,15	420	117,93	630	150,33		

Таблица А3 – Номинальная статическая характеристика для медных термопреобразователей сопротивления с R_0=53 Ом, α=0,00426

°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом	°С	Сопротивление, Ом
-50	41,71	0	53,00	50	64,29	100	75,58	150	86,87
-45	42,84	5	54,13	55	65,42	105	76,71	155	88,00
-40	43,97	10	55,26	60	66,55	110	77,84	160	89,13
-35	45,10	15	56,39	65	67,68	115	78,97	165	90,25
-30	46,23	20	57,52	70	68,81	120	80,09	170	91,38
-25	47,36	25	58,65	75	69,93	125	81,22	175	92,51
-20	48,48	30	59,77	80	71,06	130	82,35	180	93,64
-15	49,61	35	60,90	85	72,19	135	83,48		
-10	50,74	40	62,03	90	73,32	140	84,61		
-5	51,87	45	63,16	95	74,45	145	85,74		