

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Колонин

20»

09

2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи термоэлектрические ДТ 31

МП 207-041-2023

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Общие положения

Настоящая методика распространяется на Преобразователи термоэлектрические ДТ 31 (далее по тексту – ТП или термопреобразователи), изготавливаемые Акционерным обществом «Научно-исследовательский институт физических измерений» (АО «НИИФИ»), г. Пенза и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – метод непосредственного сличения.

Прослеживаемость поверяемых датчиков 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 регулированию и метрологии № 3253 от 23 декабря 2022 года.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики ТП

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений температуры, °С: - для ТП с индексом и номерами исполнений ДТ 31 ... ДТ 31-11 - для ТП с индексом и номерами исполнений ДТ 31-12 ... ДТ 31-23	от -196 до +1000 от -196 до +600
Условное обозначение НСХ преобразования по ГОСТ Р 8.585-2001: - для ТП с индексом и номерами исполнений ДТ 31 ... ДТ 31-11 - для ТП с индексом и номерами исполнений ДТ 31-12 ... ДТ 31-23	К L
Класс допуска по ГОСТ Р 8.585-2001	2, 3
Пределы допускаемых отклонений ТЭДС от НСХ по ГОСТ Р 8.585-2001, °С: - для ТП с индексом и номерами исполнений ДТ 31 ... ДТ 31-11 - класс допуска 2 - от -40 °С до +333 °С включ. - св. +333 °С до +1000 °С - класс допуска 3 - от -196 °С до -167 °С включ. - св. -167 °С до +40 °С - для ТП с индексом и номерами исполнений ДТ 31-12 ... ДТ 31-23 - класс допуска 2 - от -40 °С до +360 °С включ. - св. +360 °С до +600 °С - класс допуска 3 - от -196 °С до -100 °С включ. - св. -100 °С до +100 °С	$\pm 2,5$ $\pm 0,0075 \cdot t$ $\pm 0,015 \cdot t $ $\pm 2,5$ $\pm 2,5$ $\pm (0,7 + 0,005 \cdot t)$ $\pm (1,5 + 0,01 \cdot t)$ $\pm 2,5$
Примечание: t - абсолютное значение температуры, °С, без учета знака	

1 Перечень операций поверки

При проведении первичной и периодической поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр средства измерений	6	Да	Да
2. Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	7.1	Да	Да
3. Подготовка ТП к поверке	7.2	Да	Да
4. Опробование средства измерений	7.3	Да	Да
5. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	8	Да	Да
6. Оформление результатов поверки	9	Да	Да
Примечания: 1) при получении отрицательных результатов в процессе проведения той или иной операции, поверка прекращается; 2) проведение поверки в сокращённом объёме не предусмотрено.			

2 Требования к условиям проведения поверки

2.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха: от плюс 15 °С до плюс 35 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 75 %;
- атмосферное давление: от 84,0 до 106,7 кПа (от 645 до 795 мм рт. ст).

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

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

2.4 Операции, проводимые со средствами поверки и поверяемыми приборами 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 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 7.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды от 15 до 35 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 45 до 75 % 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.
п. 8 Определение метрологических характеристик	Термометры сопротивления (платиновые) эталонные, соответствующие требованиям к эталонам 2-3-го разрядов по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23.12.2022 № 3253.	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонные 2-го и 3-го разрядов ПТСВ, рег. № 57690-14; Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ, рег. № 32777-06 и др.
	Преобразователи термоэлектрические эталонные, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23.12.2022 № 3253.	Преобразователь термоэлектрический эталонный ТППО, рег. № 19254-10; преобразователь термоэлектрический платиноводородный-платиноводородный эталонный ПРО, рег. № 41201-09 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; измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05, рег. № 46432-11 и др.
	Измерители напряжения постоянного тока, соответствующие требованиям к эталонам 3 разряда и выше в соответствии с приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520.	Милливольтметр В2-99, рег. № 22535-02; измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05 рег. № 46432-11 и др.

1	2	3
	Термостаты и/или криостаты температуры с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Термостаты переливные прецизионные ТПП-1, рег. № 33744-07; термостаты жидкостные Термотест рег. № 25190-03 и др.
	Термостаты с флюидизированной средой с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Термостат с флюидизированной средой FB-08, рег. № 38482-08, рег. № 44370-10 и др.
	Горизонтальные (вертикальные) трубчатые печи	Печь малоинерционная трубчатая МТП-1200 низковольтная (производства АО НПП «ЭТАЛОН»), печь высокотемпературная ВТП-1600 (производства ОАО НПП «ЭТАЛОН») и др.
	Сосуд Дьюара с азотом	Сосуд Дьюара криогенный СК-16 и др.
	Термометр с допускаемой погрешностью измерений температуры $\pm 0,05$ °C	ЛТ-300 (Регистрационный № 61806-15) и др.
	Удлиняющие компенсационные провода, соответствующих типу ТП НСХ по ГОСТ 1790-2016, ГОСТ 1791-2014, ГОСТ 8.338-2002 (в части требований к компенсационным проводам)	-
	Выравнивающие блоки (никелевые толстостенные стаканы длиной от 80 до 100 мм, толщиной стенки и дна стакана - не менее 5 мм)	-
	Сосуд Дьюара с льдо-водяной смесью (Градиент температуры в рабочем пространстве не более 0,05 °C/см)	-
	Пробирки из кварцевого стекла длиной до 500 мм, внутренним диаметром от 24,5 до 25,5 мм и стенками толщиной не более 1 мм	-

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 аналогичных 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 руководстве по эксплуатации термопреобразователей;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки.

6 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие внешнего вида, комплектности термопреобразователя технической и эксплуатационной документации;
 - наличие и сохранность пломб;
 - наличие и четкость маркировки в соответствии с технической документацией.
- На поверхности корпуса ТП и накидной гайки не допускаются:
- царапины, вмятины и забоины глубиной более 0,2 мм;
 - волнистый, чешуйчатый характер сварных швов с высотой неровностей до 0,5 мм;
 - царапины и вмятины от ключа на плоскостях гайки шестигранника глубиной менее 0,4 мм.

Допускаются окисления от сварки согласно ОСТ 92-1114 на сварных швах ТП и цвета побежалости до темно-синего включительно и потемнения некоррозионного характера.

На поверхности втулки соединителя ТП не допускаются царапины и вмятины глубиной более 0,2 мм.

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

В помещении, где будет проходить поверка средств измерений необходимо провести контроль условий окружающей среды – определить температуру и относительную влажность окружающей среды, а также атмосферное давление.

7.2 Подготовка ТП к поверке

- Изучить руководство по эксплуатации на поверяемый ТП и эксплуатационные документы на применяемые средства поверки;
- выдержать ТП не менее 2 часов в условиях, указанных в п. 2.1 настоящей методики, если иное не указано в технической документации на ТП;

– подготовить к работе поверяемый ТП и применяемые средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.3 Опробование средства измерений

Опробование проводят путем проверки целостности электрической цепи.

При подключении поверяемого ТП к измерительному прибору отображаемое значение температуры должно быть близко к значению окружающей среды.

8 Определение метрологических характеристик средства измерений

8.1 Проверка предела допускаемых отклонений ТЭДС от НСХ преобразования

8.1.1 ТЭДС ТП находят не менее, чем в пяти температурных точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений, включая нижний и верхний предел диапазона измерений ТП в криостате, термостате (в т.ч. с флюидизированной средой), горизонтальной (вертикальной) печи и сосуде Дьюара с азотом.

8.1.2 При поверке ТП в криостате (термостате) погружают на одну глубину в криостат (термостат) поверяемый ТП вместе с эталонным термометром.

8.1.3 При поверке ТП в горизонтальной (вертикальной) печи размещают и центрируют рабочие концы эталонного преобразователя термоэлектрического (или эталонного термометра) и ТП в рабочем пространстве (зоне равномерного распределения температуры) печи.

8.1.4 При использовании эталонного термометра сопротивления подключают его к измерителю электрического сопротивления.

8.1.5 При использовании эталонного преобразователя термоэлектрического подключают его к измерительному прибору (измерителю напряжения постоянного тока) с автоматической компенсацией холодного спая (при необходимости, с помощью кабеля со встроенной компенсацией холодного спая) или собрав схему согласно рисунку 1.

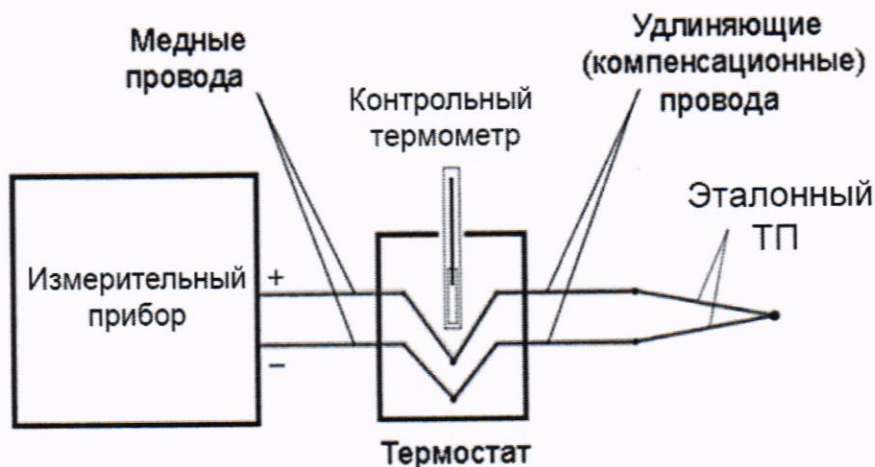


Рисунок 1 - Схема подключения эталонного ТП к измерительному прибору

К термоэлектродам эталонного ТП подключают удлиняющие (компенсационные) провода по ГОСТ 1790-2016, ГОСТ 1791-2014 (в соответствии с требованиями по ГОСТ 8.338-2002). Тип компенсационных проводов должен соответствовать установленному типу НСХ эталонного ТП по ГОСТ Р 8.585-2001. Концы удлиняющих проводов соединяют с медными проводами подключенных к измерительному прибору, скрутки проводов помещают в пробирки, заполненные трансформаторным маслом, а затем помещают пробирки в нулевой термостат (или сосуд Дьюара, заполненный льдо-водяной смесью). Температуру в сосуде Дьюара контролируют термометром с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,05$ °С.

8.1.6 Поверяемый ТП подключают к измерительному прибору (измерителю напряжения постоянного тока) с автоматической компенсацией холодного спая (при необходимости, с помощью кабеля со встроенной компенсацией холодного спая) или собрав схему согласно рисунку 2.

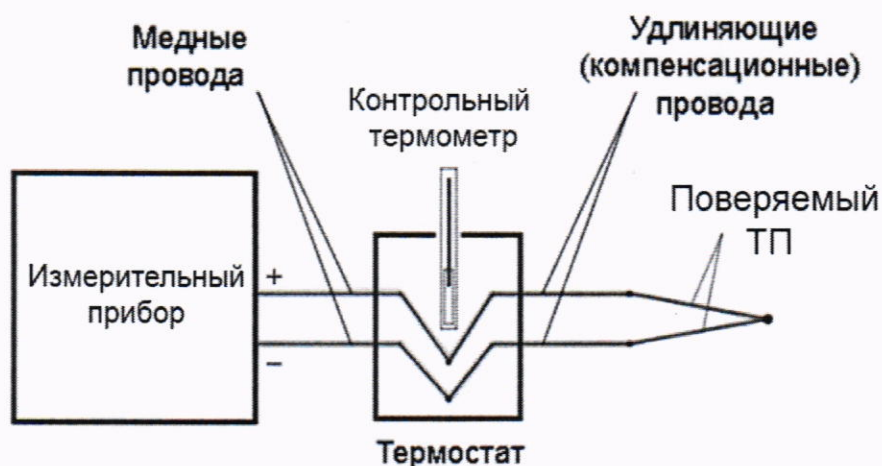


Рисунок 2 – Схема подключения, поверяемого ТП к измерительному прибору

К термоэлектродам поверяемого ТП подключают удлиняющие (компенсационные) провода по ГОСТ 1790-2016, ГОСТ 1791-2014 к ТП (в соответствии с требованиями по ГОСТ 8.338-2002). Тип компенсационных проводов должен соответствовать установленному типу НСХ по ГОСТ Р 8.585-2001. Концы удлиняющих проводов соединяют с медными проводами подключенных к измерительному прибору, скрутки проводов помещают в пробирки, заполненные трансформаторным маслом, а затем помещают пробирки в нулевой термостат (или сосуд Дьюара, заполненный льдо-водяной смесью). Температуру в сосуде Дьюара контролируют термометром с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,05$ °С.

Примечание – допускается использовать один измерительный прибор и термостат для скруток проводов эталонного преобразователя термоэлектрического и поверяемого ТП.

8.1.7 В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают на криостате, термостате или печи требуемую температурную точку.

8.1.8 После установления заданной температуры и установления теплового равновесия (стабилизации показаний) между эталонным термометром (эталонным преобразователем термоэлектрическим), поверяемым ТП и термостатирующей средой, снимают значения показаний эталона и поверяемого ТП, индицируемые на дисплее измерительного прибора.

8.1.9 Операции по пп. 8.1.7, 8.1.8 повторить для остальных температурных точек, находящихся в диапазоне измерений температуры или рабочего диапазона измерений температуры поверяемого ТП.

8.1.10 Проводят подтверждение соответствия ТП метрологическим требованиям в соответствии с п. 9.

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 При использовании эталонного преобразователя термоэлектрического рассчитывают значения отклонений ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте (Δ , °C) для каждой поверяемой точки по формуле 1:

$$\Delta = \left(\left(t_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}} + \frac{E_{\text{ТП}}^{\text{изм}} - E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}}{\left(\frac{\Delta E_{\text{ТП}}}{\Delta t} \right)_t} \right) - t_{\text{СКТП}} \right) - \left(\left(t_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}} + \frac{E_{\text{ЭТ}}^{\text{изм}} - E_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}}}{\left(\frac{\Delta E_{\text{ЭТ}}}{\Delta t} \right)_t} \right) - t_{\text{СКЭТ}} \right) \quad (1)$$

где: $t_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$ – значение температуры, соответствующее значению $E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$, °C;

$E_{\text{ТП}}^{\text{изм}}$ – значение ТЭДС, измеренное поверяемым ТП, мВ;

$E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$ – значение ТЭДС ТП в соответствии с ГОСТ Р 8.585-2001, ближайшее к $E_{\text{ТП}}^{\text{изм}}$, мВ;

$\left(\frac{\Delta E_{\text{ТП}}}{\Delta t} \right)_t$ – чувствительность поверяемого ТП соответствующей градуировки при измеряемой температуре на единицу температуры, мВ/°C;

$t_{\text{СКТП}}$ – значение температуры свободных концов поверяемого ТП при температуре, измеренной контрольным термометром, °C;

$t_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}}$ – значение температуры, соответствующее значению $E_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}}$, °C;

$E_{\text{ЭТ}}^{\text{изм}}$ – значение ТЭДС, измеренное эталонным ТП, мВ;

$E_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}}$ – значение ТЭДС ТП, взятое из протокола поверки (калибровки) на эталонный ТП, ближайшее к $E_{\text{ЭТ}}^{\text{изм}}$, мВ;

$\left(\frac{\Delta E_{\text{ЭТ}}}{\Delta t} \right)_t$ – чувствительность эталонного ТП соответствующей градуировки при измеряемой температуре на единицу температуры, мВ/°C;

$t_{\text{СКЭТ}}$ – значение температуры свободных концов эталонного ТП при температуре, измеренной контрольным термометром, °C.

Примечание – при использовании средств поверки с автоматическим пересчетом ТЭДС в значения температуры и (или) с автоматической компенсацией холодного спая. Расчет значения отклонения ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте рассчитывается по формуле 2.

$$\Delta = (t_{\text{ТП}} - t_{\text{СКТП}}) - (t_{\text{ЭТ}} - t_{\text{СКЭТ}}) \quad (2)$$

где: $t_{\text{ТП}}$ – значение ТЭДС в температурном эквиваленте, измеренное поверяемым ТП, °C;

$t_{\text{СКТП}}$ – значение температуры свободных концов поверяемого ТП при температуре, измеренной контрольным термометром (для автоматической компенсации холодного спая значение параметра равно 0 °C), °C;

$t_{\text{ЭТ}}$ – значение температуры, измеренное эталонным ТП, °C;

$t_{\text{СКЭТ}}$ – значение температуры свободных концов эталонного ТП при температуре, измеренной контрольным термометром (для автоматической компенсации холодного спая значение параметра равно 0 °C), °C.

9.2 При использовании эталонного термометра рассчитывают значения отклонений ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте (Δ , °C) для каждой поверяемой точки по формуле 3.

$$\Delta = \left(\left(t_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}} + \frac{E_{\text{ТП}}^{\text{ИЗМ}} - E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}}{\left(\frac{\Delta E_{\text{ТП}}}{\Delta t} \right)_t} \right) - t_{\text{СКТП}} \right) - t_{\text{ЭТ}} \quad (3)$$

где: $t_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$ – значение температуры, соответствующее значению $E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$, °С;
 $E_{\text{ТП}}^{\text{ИЗМ}}$ – значение ТЭДС, измеренное поверяемым ТП, мВ;
 $E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$ – значение ТЭДС ТП в соответствии с ГОСТ Р 8.585-2001, ближайшее к $E_{\text{ТП}}^{\text{ИЗМ}}$, мВ;

$\left(\frac{\Delta E_{\text{ТП}}}{\Delta t} \right)_t$ – чувствительность поверяемого ТП соответствующей градуировки при измеряемой температуре на единицу температуры, мВ/°С;

$t_{\text{СКТП}}$ – значение температуры свободных концов поверяемого ТП при температуре, измеренной контрольным термометром, °С;

$t_{\text{ЭТ}}$ – значение температуры, измеренное эталонным термометром, °С.

Примечание – при использовании средств поверки с автоматическим пересчетом ТЭДС в значения температуры и (или) с автоматической компенсацией холодного спая. Расчет значения отклонения ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте рассчитывается по формуле 4.

$$\Delta = (t_{\text{ТП}} - t_{\text{СКТП}}) - t_{\text{ЭТ}} \quad (4)$$

где: $t_{\text{ТП}}$ – значение ТЭДС в температурном эквиваленте, измеренное поверяемым ТП, °С;

$t_{\text{СКТП}}$ – значение температуры свободных концов поверяемого ТП при температуре, измеренной контрольным термометром (для автоматической компенсации холодного спая значение параметра равно 0 °С), °С;

$t_{\text{ЭТ}}$ – значение температуры, измеренное эталонным термометром, °С

9.3 Результат поверки считается положительным, а ТП соответствующим метрологическим требованиям, если полученные значения метрологических характеристик ТП не превышают нормированных значений, указанных в таблице 1 настоящей методики.

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 На термопреобразователи, прошедшие поверку с положительным результатом, по заявлению владельца термопреобразователя или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) вносится запись о проведенной поверке в паспорт.

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.

Начальник отдела 207
 ФГБУ «ВНИИМС»

А.А. Игнатов