

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ» (ФГУП «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО



Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»

Н.В. Иванникова

03 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Преобразователи термоэлектрические
iTHERM ModuLine**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 207-014-2021

г. Москва
2021 г.

Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Преобразователи термоэлектрические iTHERM ModuLine (далее по тексту – термопреобразователи или ТП) производства фирмы «Endress+Hauser Sigestherm S.r.L.», Италия.

ТП предназначены для измерений температуры жидких, газообразных и сыпучих сред химически неагрессивных к материалу измерительной вставки или защитной арматуры ТП.

Настоящая методика устанавливает процедуру первичной и периодической поверки ТП.

Поверяемые средства измерений должны иметь прослеживаемость к ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К», ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С» в соответствии с ГОСТ 8.558-2009.

Метрологические характеристики ТП приведены в Приложении А настоящей методики.

1. Перечень операций поверки

1.1 При проведении поверки поверки выполняют операции, приведённые в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	Да	Да
Определение метрологических характеристик	8	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	Да	Да

1.2 Допускается проводить поверку в диапазоне измерений, согласованным с пользователем, но лежащим внутри полного диапазона измерений ТП. При этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

При использовании ТП в комплекте с измерительным преобразователем (ИП) серии iTHERM TMT диапазон измерений температуры ТП соответствует диапазону измерений, настроенному на ИП. Допускается поверять сенсор и ИП отдельно друг от друга, в соответствии с п. 8.1 МП 207-014-2021 и утвержденной действующей методикой поверки на измерительный преобразователь. При этом результаты поверки подтверждаются отдельными сведениями о результатах поверки ТП и ИП в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

2. Метрологические и технические требования к средствам поверки

2.1 При проведении поверки применяют эталоны, средства измерений, испытательное и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Измерители сопротивления изоляции	Диапазон измерений сопротивления изоляции от 2 Мом. Номинальное рабочее напряжение 100 В.	Измеритель сопротивления изоляции АРРА 607 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 56407-14) и др.
Определение метрологических характеристик	Термометры сопротивления (платиновые), электронные (цифровые) термометры эталонные	Эталоны 3 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с ГОСТ 8.558-2009	Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 19916-10) и др.
	Преобразователи термоэлектрические эталонные	Эталоны 3 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с ГОСТ 8.558-2009	Преобразователь термоэлектрический платинородий-платиновый эталонный ППО (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 1442-00), Преобразователь термоэлектрический платинородий-платинородиевый эталонный ПРО (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 41201-09) и др.
	Измерители электрического сопротивления	Эталоны 3 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 мод. МИТ 8.15 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 19736-11), Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
			2.05 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 46432-11) и др.
	Измерители напряжения постоянного тока	Эталоны 3 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3457	Прецизионный милливольтметр В2-99 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 22535-02), Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 46432-11), Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R) (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 52489-13), и др.
	Термостаты (криостаты)	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Термостат переливной прецизионный ТПП-1 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 33744-07), термостат жидкостной «ТЕРМОТЕСТ-300» (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 25190-03), Термостат с флюидизированной средой FB-08 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 44370-10) и др.
	Калибраторы температуры	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в	Калибраторы температуры JOFRA серий ATC-R и RTC-R

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
	сухоблочные (жидкостные)	полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	(Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 46576-11) и др.
	Горизонтальные (вертикальные) трубчатые печи	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Печи горизонтальные высокотемпературные Fluke мод. 9118А, 9118А-ITB (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 70023-17), Печи высокотемпературные PRESYS (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 78948-20) и др.
	Сосуд Дьюара с азотом	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	-
	Измерители силы постоянного тока	Эталоны 2 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 01.10.2018г. № 2091	Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R) (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 52489-13), мультиметр 3458А (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 25900-03) и др.
	Термометр	Допускаемая погрешность измерений температуры $\pm 0,05$ °С	ЛТ-300 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 61806-15) и др.
	Сосуд Дьюара с льдоводяной смесью	Градиент температуры в рабочем пространстве не более 0,05 °С/см	-

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
	Пробирки стеклянные для термостатирования свободных концов термоэлектродов	-	-
	Программно-аппаратный комплекс	Поддержка протоколов HART, Profibus PA или FOUNDATION Fieldbus, Bluetooth®, позволяющие визуализировать измеренные значения выходного сигнала ТП и ИП	-

Примечания:

1. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений или действующий сертификат о калибровке. Испытательное оборудование должно быть аттестовано.
2. Допускается применение аналогичных средств поверки, разрешенных к применению в Российской Федерации, и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

3.1 Поверка СИ должна выполняться аккредитованными в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, ознакомленные с руководством по эксплуатации и освоившими работу с СИ.

4 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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

- ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)» (Приказ от 24 июля 2013 года № 328н);
- требования разделов «Указания мер безопасности» эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

5. Требования к условиям проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст)

5.2 Средства поверки, оборудование готовят к работе в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

5.3 При работе термостатов включают местную вытяжную вентиляцию.

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

5.5 Операции, проводимые со средствами поверки, с поверяемым ТП должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

6 Внешний осмотр, проверка комплектности и маркировки

6.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие внешнего вида, комплектности СИ 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 термоэлектродов;

- прочность соединения термоэлектродов, отсутствие следов коррозии.

6.2 Результат проверки положительный, если выполняются все вышеперечисленные требования.

Не допускается к дальнейшей поверке СИ, у которого обнаружено хотя бы одно несоответствие.

Примечание – при оперативном устранении пользователем СИ недостатков, замеченных при внешнем осмотре, поверка продолжается по следующим операциям.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовка к поверке средства измерений:

7.1.1. Извлечь (при возможности) измерительную вставку из защитной арматуры ТП.

7.2 Опробование средства измерений

7.2.1 Опробование проводят, путем проверки электрического сопротивления изоляции ТП.

Для проверки используют мегаомметр с номинальным рабочим напряжением 100 В.

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

7.2.3 Запускают процесс измерения электрического сопротивления изоляции ТП.

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

8 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик проводят в соответствии с п. 8.1 (для термопреобразователей без ИП) или п. 8.2 (для термопреобразователей с ИП).

8.1 Определение ТЭДС ЧЭ ТП при заданных значениях температуры (для термопреобразователей без ИП)

8.1.1 Основную погрешность ТП находят в пяти температурных точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений, включая начальное и конечное значение диапазона измерений, методом сравнения с эталонным термометром в криостате, термостате, сухоблочном (или жидкостном) калибраторе температуры, сосуде Дьюара с азотом или методом сравнения с эталонным преобразователем термоэлектрическим в сухоблочном калибраторе температуры или горизонтальной (вертикальной) трубчатой печи, при этом необходимо не допускать перегрева соединительной головки ТП.

8.1.2 При поверке ТП в криостате (термостате) погружают на одну глубину в криостат (термостат) поверяемый ТП вместе с эталонным термометром, используя при этом металлические выравнивающие блоки.

8.1.3 При поверке ТП в калибраторе температуры опускают эталонный термометр (или эталонный преобразователь термоэлектрический) и ТП до упора в дно блока. При поверке в сухоблочных калибраторах используют двухканальные металлические блоки.

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

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

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

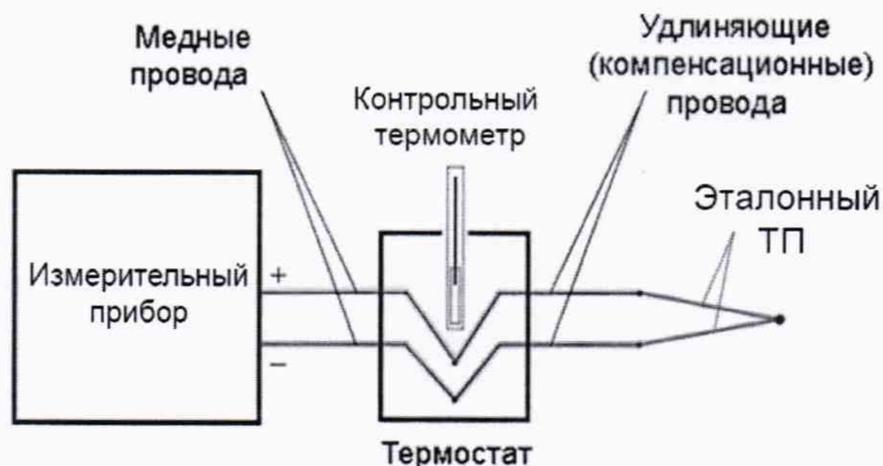


Рисунок 1

К термоэлектродам эталонного ТП подключают удлиняющие (компенсационные) провода по ГОСТ 1790-77, ГОСТ 1791-67 (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 льдодводяной смесью). Температуру в сосуде Дьюара контролируют термометром с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,05$ °С.

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

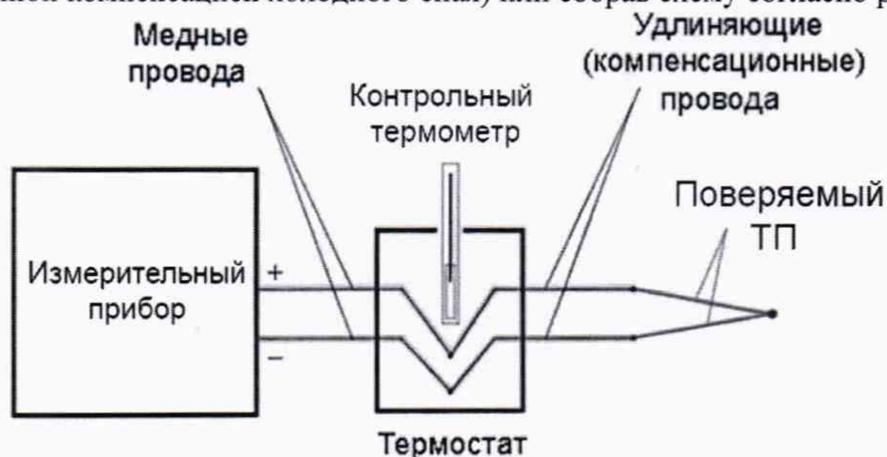


Рисунок 2

К термоэлектродам поверяемого ТП подключают удлиняющие (компенсационные) провода по ГОСТ 1790-77, ГОСТ 1791-67 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/МЭК 60584-1:2013. 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 льдоводяной 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.

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

8.1.9 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 8.1.8, 8.1.9 повторить для остальных температурных точек, находящихся в интервале измеряемых температур поверяемого ТП.

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

8.2 Определение основной погрешности (для термопреобразователей с ИП)

8.2.1 Основную погрешность ТП находят в пяти температурных точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений, включая начальное и конечное значение диапазона измерений, методом сравнения с эталонным термометром в криостате, термостате, сухоблочном (или жидкостном) калибраторе температуры, сосуде Дьюара с азотом или методом сравнения с эталонным преобразователем термоэлектрическим в сухоблочном калибраторе температуры или горизонтальной (вертикальной) трубчатой печи, при этом необходимо не допускать перегрева соединительной головки ТП.

8.2.2 При поверке ТП в криостате (термостате) погружают на одну глубину в криостат (термостат) поверяемый ТП вместе с эталонным термометром, используя при этом металлические выравнивающие блоки.

8.2.3 При поверке ТП в калибраторе температуры опускают эталонный термометр (или эталонный преобразователь термоэлектрический) и ТП до упора в дно блока. При поверке в сухоблочных калибраторах используют двухканальные металлические блоки.

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

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

8.2.6 При использовании эталонного преобразователя термоэлектрического подключают его к измерительному прибору (измерителю напряжения постоянного тока) с включенной компенсацией холодного спая (при необходимости, с помощью кабеля со встроенной компенсацией холодного спая) или собрав схему согласно рисунку 3:

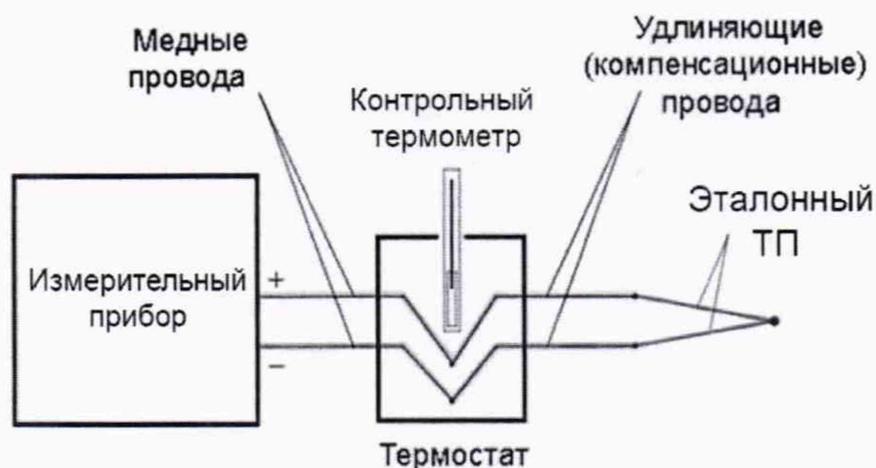


Рисунок 3

К термоэлектродам эталонного ТП подключают удлиняющие (компенсационные) провода по ГОСТ 1790-77, ГОСТ 1791-67 (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 льдоводяной смесью). Температуру в сосуде Дьюара контролируют термометром с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,05$ °С.

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

8.2.8 После установления заданной температуры и установления теплового равновесия (стабилизации показаний) между эталонным термометром (эталонным преобразователем термоэлектрическим), поверяемым ТП и термостатирующей средой, снимают показания температуры эталона, индицируемой на дисплее измерительного прибора, а также цифрового выходного сигнала в температурном эквиваленте индицируемого на дисплее коммуникатора (или на встроенном индикаторе ТП) и (или) аналогового выходного сигнала поверяемого ТП при помощи прецизионного измерителя постоянного тока.

8.2.9 Операции по 8.2.7, 8.2.8 повторить для остальных температурных точек, находящихся в интервале измеряемых температур поверяемого ТП.

8.2.10 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 9.

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Для термопреобразователей без ИП

9.1.1 При использовании эталонного преобразователя термоэлектрического рассчитывают значения отклонений ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте (Δ , °С) 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 $E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$, °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/МЭК 60584-1:2013, , 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;

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

$E_{\text{ЭТ}}^{\text{ИЗМ}}$ – 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/°С;

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

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

9.1.2 При использовании эталонного термометра рассчитывают значения отклонений ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте (Δ , °С) 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/МЭК 60584-1:2013, , 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

9.2 Для термопреобразователей с ИП

9.2.1 При использовании эталонного термометра основную абсолютную погрешность ТП вычисляют по формулам 5 и 6:

- для цифрового выходного сигнала ($\Delta_{Ц}$, °С):

$$\Delta_{Ц} = T_{ЦСИ} - T_{Э} \quad (5)$$

где: $T_{Э}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С;

$T_{ЦСИ}$ – значение цифрового выходного сигнала в температурном эквиваленте, °С.

- для аналогового выходного сигнала (Δ_A , °С):

$$\Delta_A = T_{АСИ} - T_{Э} \quad (6)$$

где: $T_{Э}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С;

$T_{АСИ}$ – значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте, рассчитанное по формуле 7, °С:

$$T_{АСИ} = T_{\min} + \frac{I_{\text{изм}} - I_{\text{вых\min}}}{I_{\text{вых\max}} - I_{\text{вых\min}}} \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \quad (7)$$

где: T_{\max} , T_{\min} – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона измерений ИП ТП, °С;

$I_{\text{вых\max}}$, $I_{\text{вых\min}}$ – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона выходных сигналов ИП ТП, мА;

$I_{\text{изм}}$ – значение измеренного выходного сигнала ИП ТП, мА.

При использовании эталонного преобразователя термоэлектрического основную абсолютную погрешность ТП вычисляют по формулам 8-11.

- для цифрового выходного сигнала ($\Delta_{Ц}$, °С):

$$\Delta_{Ц} = t_{ЦСИ} - \left(\left(t_{ЭТ}^{\text{прот}} + \frac{E_{ЭТ}^{\text{изм}} - E_{ЭТ}^{\text{прот}}}{\left(\frac{\Delta E_{ЭТ}}{\Delta t} \right)_t} \right) - t_{СКЭТ} \right) \quad (8)$$

где: $t_{ЦСИ}$ – значение цифрового выходного сигнала в температурном эквиваленте, °С;

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

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

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

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

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

Примечание:

При использовании средств поверки с автоматическим пересчетом ТЭДС в значения температуры и (или) с автоматической компенсацией холодного спая основную абсолютную погрешность ТП для цифрового выходного сигнала ($\Delta_{Ц}$, °С) вычисляют по формуле 9:

$$\Delta_{Ц} = t_{ЦСИ} - (t_{ЭТ} - t_{СКЭТ}) \quad (9)$$

где: $t_{\text{ЦИС}}$ – значение цифрового выходного сигнала в температурном эквиваленте, °С;

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

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

- для аналогового выходного сигнала (Δ_A , °С):

$$\Delta_A = t_{\text{АСИ}} - \left(\left(t_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}} + \frac{E_{\text{ЭТ}}^{\text{изм}} - E_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}}}{\left(\frac{\Delta E_{\text{ЭТ}}}{\Delta t} \right)_t} \right) - t_{\text{СКЭТ}} \right) \quad (10)$$

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

$E_{\text{ЭТ}}^{\text{изм}}$ – 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/°С;

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

$t_{\text{АСИ}}$ – значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте, рассчитанное по формуле 11, °С:

$$t_{\text{АСИ}} = t_{\text{min}} + \frac{I_{\text{изм}} - I_{\text{выхmin}}}{I_{\text{выхmax}} - I_{\text{выхmin}}} \cdot (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) \quad (11)$$

где: t_{max} , t_{min} – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона измерений ИП ТП, °С;

$I_{\text{выхmax}}$, $I_{\text{выхmin}}$ – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона выходных сигналов ИП ТП, мА;

$I_{\text{изм}}$ – значение измеренного выходного сигнала ИП ТП, мА.

Примечание:

При использовании средств поверки с автоматическим пересчетом ТЭДС в значения температуры и (или) с автоматической компенсацией холодного спая основную абсолютную погрешность ТП для аналогового выходного сигнала (Δ_A , °С) вычисляют по формуле 12:

$$\Delta_A = t_{\text{АСИ}} - (t_{\text{ЭТ}} - t_{\text{СКЭТ}}) \quad (12)$$

где: $t_{\text{АСИ}}$ – значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте, рассчитанное по формуле 11, °С;

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

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

9.3 Если ТП работает только с цифровым выходным сигналом, при поверке допускается определять основную абсолютную погрешность только для цифрового выходного сигнала. Полученная погрешность сравнивается с допускаемой основной погрешностью ТП с использованием цифрового выходного сигнала ИП, при этом делают соответствующую запись в

сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о проведении проверки ТП с использованием цифрового выходного сигнала ИП.

9.4 Если ТП работает только с аналоговым выходным сигналом, при поверке допускается определять основную абсолютную погрешность только для аналогового выходного сигнала. Полученная погрешность сравнивается с допускаемой основной погрешностью ТП с использованием аналогового выходного сигнала ИП, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о проведении проверки ТП с использованием аналогового выходного сигнала ИП.

9.5 Результат поверки считается положительным, а средство измерений соответствующим метрологическим требованиям, если полученные значения метрологических характеристик не превышают нормированных значений, указанных в Приложении А настоящей методики.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Средства измерений, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению.

Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке или вносится запись о проведенной поверке в паспорт средства измерений, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

10.2 При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ на средство измерений оформляется извещение о непригодности к применению.

Разработчики настоящей методики:

Научный сотрудник отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГУП «ВНИИМС»



Л.Д. Маркин

Начальник отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГУП «ВНИИМС»



А.А. Игнатов

Таблица А1 - Метрологические характеристики

Условное обозначение НСХ ТП по ГОСТ Р 8.585-2001 / МЭК 60751 (2008, 07)	Класс допуска	Диапазон измерений температуры ⁽¹⁾⁽²⁾ , °С	Пределы допускаемых отклонений ТЭДС ТП от НСХ, °С (где t – значение измеряемой температуры, °С) ⁽³⁾
К	1	от -40 до +375 включ. св. +375 до +1100	$\pm 1,5$ $\pm 0,004 \cdot t$
	2	от -40 до +333 включ. св. +333 до +1100	$\pm 2,5$ $\pm 0,0075 \cdot t$
	3	от -196 до -167 включ. св. -167 до +40	$\pm 0,015 \cdot t $ $\pm 2,5$
J	1	от -40 до +375 включ. св. +375 до +750	$\pm 1,5$ $\pm 0,004 \cdot t$
	2	от 0 до +333 включ. от +333 до +750	$\pm 2,5$ $\pm 0,0075 \cdot t$
N	1	от -40 до +375 включ. св. +375 до +1100	$\pm 1,5$ $\pm 0,004 \cdot t$
	2	от -40 до +333 включ. св. +333 до +1100	$\pm 2,5$ $\pm 0,0075 \cdot t$
	3	от -196 до -167 включ. св. -167 до +40	$\pm 0,015 \cdot t $ $\pm 2,5$
E	1	от -40 до +375 включ. св. +375 до +800	$\pm 1,5$ $\pm 0,004 \cdot t$
	2	от -40 до +333 включ. св. +333 до +900	$\pm 2,5$ $\pm 0,0075 \cdot t$
	3	от -196 до -167 включ. св. -167 до +40	$\pm 0,015 \cdot t $ $\pm 2,5$
T	1	от -40 до +125 включ. св. +125 до +350	$\pm 0,5$ $\pm 0,004 \cdot t$
	2	от -40 до +135 включ. св. +135 до +350	$\pm 1,0$ $\pm 0,0075 \cdot t$
	3	от -196 до -66 включ. св. -66 до +40	$\pm 0,015 \cdot t $ $\pm 1,0$

Примечания:

- (1) - При использовании ТП в комплекте с ИП серии iTEMP ТМТ диапазон измерений температуры ТП соответствует диапазону измерений, настроенному на ИП;
- (2) - Допускается использование ТП в диапазонах измерений температуры, согласованных с пользователем, но лежащих внутри полного диапазона измерений ТП;
- (3) - Пределы допускаемой погрешности ТП в комплекте с ИП (Δ , °С) вычисляются по формуле $\Delta = \pm \sqrt{(\Delta_{ТП})^2 + (\Delta_{ИП} + \Delta_{КОМП})^2}$, где:
 - $\Delta_{ТП}$ - предел допускаемого отклонения ТЭДС от НСХ в температурном эквиваленте, °С;
 - $\Delta_{ИП}$ - предел допускаемой основной погрешности ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте, приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, °С;
 - $\Delta_{КОМП}$ - предел допускаемой внутренней автоматической компенсации температуры свободных (холодных) концов термопары ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте, приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, °С;

Пределы допускаемой погрешности ТП в комплекте с ИП (Δ , °С) с учётом дополнительной погрешности от изменения температуры окружающей среды от нормальных условий вычисляются по формуле

$$\Delta = \pm \sqrt{(\Delta_{ТП})^2 + (\Delta_{ИП} + \Delta_{КОМП})^2 + (\Delta_{ИПДОП})^2}, \text{ где:}$$

- $\Delta_{ТП}$ - предел допускаемого отклонения ТЭДС от НСХ в температурном эквиваленте, °С;
- $\Delta_{ИП}$ - предел допускаемой основной погрешности ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте, приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, °С;
- $\Delta_{КОМП}$ - предел допускаемой внутренней автоматической компенсации температуры свободных (холодных) концов термопары ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте, приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, °С;
- $\Delta_{ИПДОП}$ - предел допускаемой дополнительной погрешности ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте (в зависимости от температуры окружающей среды), приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений