



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

« 14 » 06 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи термоэлектрические ТПх/1

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 207-056-2023

г. Москва
2023г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Преобразователи термоэлектрические ТПх/1 (далее по тексту – термопреобразователи, ТП или СИ) производства ЗАО НПК «Эталон», г. Волгодонск.

ТП предназначены для измерений температуры жидких, сыпучих или газообразных сред, не разрушающих защитную арматуру, а также для измерений температуры стекломассы.

Настоящая методика устанавливает процедуру первичной и периодической поверки ТП.

Поверяемые средства измерений должны иметь прослеживаемость к ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С» в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.12.2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры».

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Да
Контроль условий проведения поверки, подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик	9	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

2.2 Не допускается проводить поверку в сокращенном диапазоне измерений.

При использовании ТП в комплекте с вторичным измерительным преобразователем (далее – ВП или ИП) диапазон измерений температуры ТП соответствует диапазону измерений, настроенному на ИП. Допускается поверять ТП и ИП отдельно друг от друга, в соответствии с 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.

Допускается периодическую поверку ТП разборной конструкции со сменной термовставкой или с разборной защитной арматурой проводить поверкой термовставок.

3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2

Операция 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 проведения поверки	Средства измерений температуры окружающей среды от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений не более $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %	Приборы комбинированные Testo 608-N1, Testo 608-N2, Testo 610, Testo 622, Testo 623 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 53505-13) и др.
	Средства измерений атмосферного давления от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа	Измерители давления Testo 510, Testo 511 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 53431-13) и др.
п. 8.3 Опробование средства измерений	Средства измерений электрического сопротивления изоляции от 2 МОм. Номинальное рабочее напряжение 100 В	Измеритель сопротивления изоляции АРРА 607 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 56407-14), мегаомметр Ф4102/1-1М ТУ 25-7534.0005-87 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 9225-88), и др.
п. 9 Определение метрологических характеристик	Термометры сопротивления, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23.12.2022 г. № 3253	Термометры сопротивления эталонные ЭТС-100 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 19916-10) и др.
	Преобразователи термоэлектрические соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГПС в соответствии с приказом	Преобразователь термоэлектрический платиновый-платиновый эталонный ППО (Регистрационный номер в Федеральном

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Росстандарта от 23.12.2022 г. № 3253	информационном фонде № 1442-00), Преобразователь термoeлектрический платинородий-платинородиевый эталонный ПРО (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 41201-09) и др.
	Измерители электрического сопротивления соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456	Измерители температуры многоканальные прецизионные МИТ 8 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 19736-11), Измерители температуры двухканальные прецизионные МИТ 2 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 46432-11) и др.
	Измерители постоянного электрического напряжения соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 56318-14), калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R) (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 52489-13) и др.
	Термостаты, криостаты (при необходимости с использованием выравнивающего блока) с нестабильностью поддержания заданного значения температуры не более 1/5 от предельно	Термостаты переливные прецизионный ТПП-1 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 33744-07), Термостаты жидкостные ТЕРМОТЕСТ-300 (Регистрационный номер в

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	допустимой погрешности измерений поверяемого СИ	Федеральном информационном фонде № 25190-03) и др.
	Калибраторы температуры сухоблочные (жидкостные), горизонтальные (вертикальные) трубчатые печи с нестабильностью поддержания заданного значения температуры не более 1/5 от предельно допустимой погрешности измерений поверяемого СИ	Калибраторы температуры «ЭЛЕМЕР-КТ-900К», «ЭЛЕМЕР-КТ-1100К» (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 75073-19), калибраторы температуры JOFRA серий АТС-R и RTC-R (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 46576-11); Малоинерционные трубчатые печи МТП-2МР, ВТП-1600-1, (производства АО НПП «ЭТАЛОН»), Печи для градуировки термопар ППТ-1850 (производства ООО «Термокерамика»), Печи для градуировки термопар С0,1-1750.1Ф (производства ООО «Термокерамика»), 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.
	Измерители силы постоянного тока соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 01.10.2018г. № 2091	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012 (Регистрационный номер в Федеральном

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
		информационном фонде № 56318-14), 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.
	Средства измерений температуры с абсолютной погрешностью измерений не более $\pm 0,05$ °С	Термометры лабораторные электронные ЛТА (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 69551-17); ЛТ-300 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 61806-15) и др.
	-	Сосуды Дьюара с жидким азотом и др.
	-	Пробирки стеклянные для термостатирования свободных концов термоэлектродов
	Поддержка протоколов HART или RS-485, позволяющие визуализировать измеренные значения цифрового выходного сигнала ТП с ВП	Программно-аппаратные комплексы
<p>Примечания:</p> <p>1. Все средства измерений (в том числе применяемые в качестве эталона), применяемые при поверке, должны иметь соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Эталоны, применяемые при поверке, должны иметь соответствующую запись об аттестации в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Испытательное оборудование должно быть аттестовано.</p> <p>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.</p>		

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 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.

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;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)» (Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н);
- требования разделов «Указания мер безопасности» эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

6 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от + 15 до + 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106,7

7 Внешний осмотр

7.1 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;

7.2 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 недостатков СИ, замеченных при внешнем осмотре, поверка продолжается по следующим операциям.

8 Контроль условий проведения поверки, подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий проведения поверки

8.1.1. Измеряют температуру, относительную влажность окружающего воздуха и атмосферное давление. Температура, относительная влажность окружающего воздуха и атмосферное давление должны соответствовать требованиям п. 6. методики поверки. Если условия не соответствуют требованиям проведения поверки, дальнейшую поверку не проводят.

8.2 Подготовка к поверке средства измерений:

Перед проведением поверки ТП должен предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха от +15 до +25 °С не менее 30 минут.

8.3 Опробование средства измерений

8.3.1. Опробование проводят, путем проверки электрического сопротивления изоляции ТП. Для проверки используют мегаомметр с номинальным рабочим напряжением 100 В.

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

8.3.3 Запускают процесс измерения электрического сопротивления изоляции ТП.

8.3.4 Результат проверки считается положительным, если полученное значение электрического сопротивления изоляции СИ не менее 20 МОм.

Не допускается к дальнейшей поверке СИ, у которого полученное значение электрического сопротивления изоляции менее 20 МОм.

9 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик проводят в соответствии с п. 9.1 (для термопреобразователей без ИП) или п. 9.2 (для термопреобразователей с ИП).

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

9.1.1 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.

Допускается определение ТЭДС ТП, поступивших на первичную поверку и изготовленных из аттестованных бухт термоэлектродного материала – стандартных образцов свойств термоэлектродных материалов, при одном значении температуры, находящимся в точке соответствующей 70 – 100 % от верхнего предела измерений ТП.

9.1.2 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.

9.1.3 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.

9.1.4 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.

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

9.1.6 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:

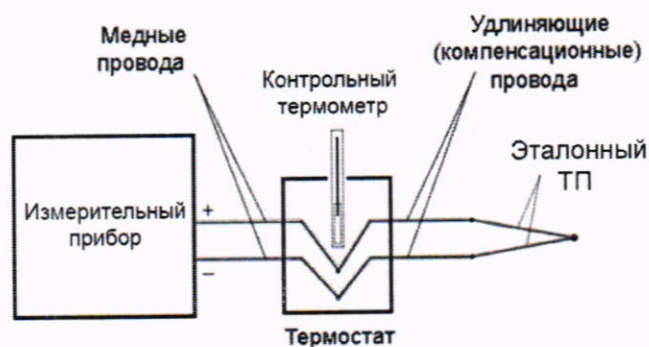


Рисунок 1

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.

9.1.7 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:

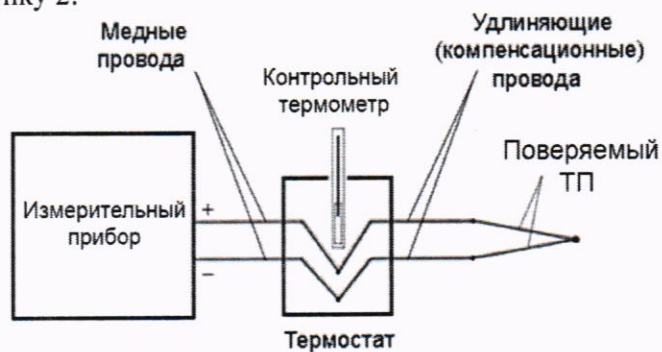


Рисунок 2

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 льдодводяной 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.

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

9.1.9 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.

9.1.10 Операции по 9.1.8, 9.1.9 повторить для остальных температурных точек, находящихся в интервале измеряемых температур поверяемого ТП.

9.1.11 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 10.

9.2 Определение основной погрешности (для термопреобразователей с ИП)

9.2.1 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.

9.2.2 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.

9.2.3 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.

9.2.4 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.

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

9.2.6 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:

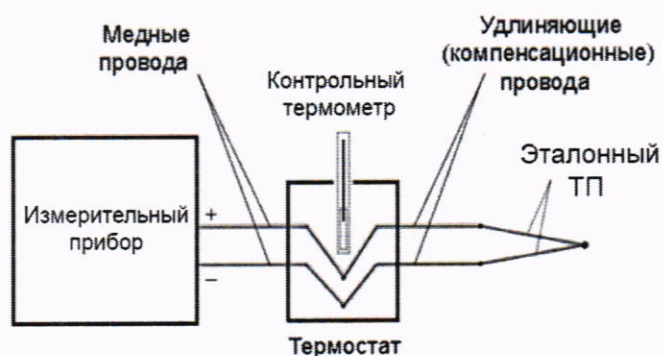


Рисунок 3

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.

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

9.2.8 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.

9.2.9 Операции по 9.2.7, 9.2.8 повторить для остальных температурных точек, находящихся в интервале измеряемых температур поверяемого ТП.

9.2.10 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 10.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Для термопреобразователей без ИП

10.1.1 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

10.1.2 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

10.2 Для термопреобразователей с ИП

10.2.1 При использовании эталонного термометра основную приведённую погрешность ТП вычисляют по формулам 5 и (или) 6:

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

$$\Delta_{Ц} = \frac{T_{ЦСИ} - T_{Э}}{T_{max} - T_{min}} \cdot 100 \quad (5)$$

где: $T_{Э}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С;
 $T_{ЦСИ}$ – значение цифрового выходного сигнала в температурном эквиваленте, °С;
 T_{max} , T_{min} – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона измерений ИП ТП, °С;

- для аналогового выходного сигнала ($\Delta_{А}$, %):

$$\Delta_{А} = \frac{T_{АСИ} - T_{Э}}{T_{max} - T_{min}} \cdot 100 \quad (6)$$

где: $T_{Э}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С;
 $T_{АСИ}$ – значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте, рассчитанное по формуле 7 (при линейно возрастающей зависимости выходного сигнала ИП) или 8 (при линейно убывающей зависимости выходного сигнала ИП), °С:

$$T_{АСИ} = T_{min} + \frac{I_{изм} - I_{выхmin}}{I_{выхmax} - I_{выхmin}} \cdot |T_{max} - T_{min}| \quad (7)$$

$$T_{АСИ} = T_{max} - \frac{I_{изм} - I_{выхmin}}{I_{выхmax} - I_{выхmin}} \cdot |T_{max} - T_{min}| \quad (8)$$

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

$I_{выхmax}$, $I_{выхmin}$ – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона выходных сигналов ИП ТП, мА (или В);

$I_{изм}$ – значение измеренного выходного сигнала ИП ТП, мА (или В).

10.2.2 При использовании эталонного преобразователя термоэлектрического основную приведенную погрешность ТП вычисляют по формулам 9-10 и (или) 11-14.

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

$$\Delta_{Ц} = \frac{T_{ЦСИ} - \left(T_{ЭТ}^{прот} + \frac{E_{ЭТ}^{изм} - E_{ЭТ}^{прот}}{\left(\frac{\Delta E_{ЭТ}}{\Delta t} \right)_t} \right) - T_{СКЭТ}}{T_{max} - T_{min}} \cdot 100 \quad (9)$$

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

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

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

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

T_{max} , T_{min} – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона измерений ИП ТП, °С.

Примечание:

При использовании средств поверки с автоматическим пересчетом ТЭДС в значения температуры и (или) с автоматической компенсацией холодного спая основную приведенную погрешность ТП для цифрового выходного сигнала ($\Delta_{Ц}$, %) вычисляют по формуле 10:

$$\Delta_{Ц} = \frac{T_{ЦСИ} - (T_{ЭТ} - T_{СКЭТ})}{T_{max} - T_{min}} \cdot 100 \quad (10)$$

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

$T_{ЭТ}$ – значение температуры, измеренное эталонным ТП, °С;

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

T_{max} , T_{min} – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона измерений ИП ТП, °С.

- для аналогового выходного сигнала (Δ_A , %):

$$\Delta_A = \frac{T_{АСИ} - \left(T_{ЭТ}^{прот} + \frac{E_{ЭТ}^{изм} - E_{ЭТ}^{прот}}{\left(\frac{\Delta E_{ЭТ}}{\Delta t} \right)_t} \right) - T_{СКЭТ}}{T_{max} - T_{min}} \cdot 100 \quad (11)$$

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

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

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

$T_{АСИ}$ – значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте, рассчитанное по формуле 12 (при линейно возрастающей зависимости выходного сигнала ИП) или 13 (при линейно убывающей зависимости выходного сигнала ИП), °С:

$$T_{АСИ} = T_{min} + \frac{I_{изм} - I_{выхmin}}{I_{выхmax} - I_{выхmin}} \cdot |T_{max} - T_{min}| \quad (12)$$

$$T_{АСИ} = T_{max} - \frac{I_{изм} - I_{выхmin}}{I_{выхmax} - I_{выхmin}} \cdot |T_{max} - T_{min}| \quad (13)$$

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

$I_{выхmax}$, $I_{выхmin}$ – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона выходных сигналов ИП ТП, мА (или В);

$I_{изм}$ – значение измеренного выходного сигнала ИП ТП, мА (или В).

Примечание:

При использовании средств поверки с автоматическим пересчетом ТЭДС в значения температуры и (или) с автоматической компенсацией холодного спая основную приведенную погрешность ТП для аналогового выходного сигнала (Δ_A , %) вычисляют по формуле 14:

$$\Delta_A = \frac{T_{АСИ} - (T_{ЭТ} - T_{СКЭТ})}{T_{max} - T_{min}} \cdot 100 \quad (14)$$

где: $T_{АСИ}$ – значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте, рассчитанное по формуле 12 или 13, °С;

$T_{ЭТ}$ – значение температуры, измеренное эталонным ТП, °С;

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

T_{max} , T_{min} – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона измерений ИП ТП, °С.

10.3 Если ТП работает только с цифровым выходным сигналом, при поверке допускается определять основную приведенную погрешность только для цифрового выходного сигнала. 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.

10.4 Если ТП работает только с аналоговым выходным сигналом, при поверке допускается определять основную приведенную погрешность только для аналогового выходного сигнала. 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.

10.5 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.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки средства 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 или лица, представившего его на поверку, оформляется извещение о непригодности к применению.

Разработали:

Научный сотрудник отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГБУ «ВНИИМС»



Л.Д. Маркин

Начальник отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.А. Игнатов

Приложение А

Метрологические характеристики ТП приведены в таблицах 1-2.

Таблица 1 - Метрологические характеристики ТП без ВП

Условное обозначение НСХ ТП	Класс допуска	Диапазон измерений температуры, °С ⁽¹⁾⁽²⁾	Пределы допускаемых отклонений ТЭДС ТП от НСХ, °С (где t – значение измеряемой температуры, °С)
R, S (только для ТП модели ТПП/1)	1	от 0 до +1100 включ. св. +1100 до +1600	± 1 $\pm [1+0,003 \cdot (t-1100)]$
	2	от 0 до +600 включ. св. +600 до +1600	$\pm 1,5$ $\pm 0,0025 \cdot [t]$
В (только для ТП модели ТПР/1)	2	от +600 до +1700	$\pm 0,0025 \cdot [t]$
	3	от +600 до +800 включ. св. +800 до +1700	± 4 $\pm 0,005 \cdot [t]$

Примечания:

⁽¹⁾ - При использовании ТП в комплекте с ВП диапазон измерений температуры ТП соответствует диапазону измерений, настроенному на ВП;

⁽²⁾ - Рабочий диапазон измерений температуры конкретного ТП находится внутри диапазона измерений температуры, приведенного в таблице, и приведен в паспорте на изделие.

Таблица 2 - Метрологические характеристики ТП со встроенным или выносным ВП

Условное обозначение ТП	Класс точности ⁽¹⁾	Диапазон измерений температуры, °С ⁽²⁾	Минимальный интервал диапазона измерений температуры, °С ⁽³⁾	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности (γ), % (от настроенного диапазона измерений) для диапазона измерений температуры		Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности, % (от диапазона измерений) ⁽⁴⁾	Пределы допускаемой абсолютной погрешности внутренней автоматической компенсации температуры свободных (холодных) концов термопары (КХС), % (от диапазона измерений)
				от 0 (+600 ⁽⁵⁾) до +1100 °С включ.	от +1100 до +1600 (+1700 ⁽⁵⁾) °С		
ТПП/1	0,1	от 0 до +1600	800	$\pm 0,10$ $\pm 0,15^{(6)}$	$\pm 0,20$ $\pm 0,30^{(6)}$	0,25 [γ]	0,25 [γ]
	0,15		600	$\pm 0,15$ $\pm 0,20^{(7)}$	$\pm 0,30$ $\pm 0,40^{(7)}$		
	0,25			$\pm 0,25$ $\pm 0,40^{(7)}$	$\pm 0,50$ $\pm 1,80^{(7)}$		
	0,5			$\pm 0,50$ $\pm 1,00^{(7)}$	$\pm 0,75$ $\pm 1,50^{(7)}$		
	1,0		300	$\pm 1,00$ $\pm 1,50^{(7)}$	$\pm 1,50$ $\pm 3,00^{(7)}$		
ТПР/1	0,1	от +600 до +1700	800	$\pm 0,10$ $\pm 0,15^{(6)}$	$\pm 0,20$ $\pm 0,30^{(6)}$	0,25 [γ]	0,25 [γ]
	0,15		600	$\pm 0,15$ $\pm 0,20^{(7)}$	$\pm 0,30$ $\pm 0,40^{(7)}$		
	0,25			$\pm 0,25$ $\pm 0,40^{(7)}$	$\pm 0,50$ $\pm 1,80^{(7)}$		
	0,5			$\pm 0,50$ $\pm 1,00^{(7)}$	$\pm 0,75$ $\pm 1,50^{(7)}$		
	1,0		300	$\pm 1,00$ $\pm 1,50^{(7)}$	$\pm 1,50$ $\pm 3,00^{(7)}$		

Примечания:

- (1) – Класс точности ТП в соответствии с ЮВМА.400500.002ТУ определяется заказом;
- (2) – Рабочий диапазон измерений температуры конкретного ТП находится внутри диапазона измерений температуры, приведенного в таблице, и приведен в паспорте на изделие;
- (3) Минимальный интервал диапазона измерений равен разности между верхним и нижним пределами диапазона измерений;
- (4) – Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальных условий (от +15 °С до +25 °С включ.) до любой температуры в пределах диапазона рабочих температур ТП, указанных в таблице 8, на каждые 10 °С изменения температуры;
- (5) – Нижнее и верхнее значение диапазона измерений температуры для ТПР/1;
- (6) – Пределы допустимого значения основной приведенной к настроенному диапазону измерений погрешности для настроенного диапазона измерений менее 1200 °С;
- (7) – Пределы допустимого значения основной приведенной к настроенному диапазону измерений погрешности для настроенного диапазона измерений менее 900 °С.