

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«24» апреля 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи термоэлектрические ХПТ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-833-2025

Чехов
2025

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи термоэлектрические ХПТ (далее – термопреобразователи, термопары или ТП) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки (далее – поверка).

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

Таблица 1 - Метрологические характеристики преобразователей термоэлектрических ХПТ

Условное обозначение НСХ по ГОСТ Р 8.585-2001	Класс допуска	Диапазон измерений температуры, °С	Пределы допускаемых отклонений ТЭДС ТП от НСХ, °С
А-1, А-2	2	от +600 до +1000 св. +1000 до +1800	± 5 $\pm 0,005 \cdot t$
	3	от +600 до +1000 св. +1000 до +1800	± 7 $\pm 0,007 \cdot t$

Примечания

1 Рабочий диапазон измерений температуры и класс допуска конкретного ТП находится внутри диапазона измерений температуры, приведенного в таблице, определяется конструктивным исполнением ТП и приведен на маркировочной табличке и в паспорте на изделие.

2 t - значение измеряемой температуры.

При подтверждении метрологических требований термопреобразователей в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы температуры в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 19.11.2024 № 2712, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 34-2020.

В настоящей методике поверки используется метод непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательное выполнение операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательное выполнение операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Проверка термоэлектрической стабильности ТП (при определении метрологических характеристик средства измерений и подтверждении соответствия средства измерений метрологическим требованиям)	Да	Нет	9.1.1
Определение ТЭДС ТП методом непосредственного сличения с эталонным ТП (при определении метрологических характеристик средства измерений и подтверждении соответствия средства измерений метрологическим требованиям)	Да	Да	9.1.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9.2

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25
- относительная влажность воздуха, %, не более 98

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

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

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Сведения о средствах поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5-Д, рег. № 71394-18
п. 8.2 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Измерители сопротивления изоляции с диапазоном измерений сопротивления изоляции от 4 МОм и номинальным рабочим напряжением 100 В	Тераомметр МІ 3210, рег. № 57165-14; Измеритель сопротивления изоляции АРРА 605, рег. № 56407-14
п. 9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Преобразователи термоэлектрические эталонные, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 19 ноября 2024 г. № 2712	Преобразователь термоэлектрический платиноводородный-платиноводородный эталонный ПРО-2-1250-01, рег. № 41201-09
	Измерители напряжения постоянного тока, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 28 июля 2023 г. № 1520	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.15, рег. № 19736-11; Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R), рег. № 52489-13; Вольтметр универсальный GDM-79061, рег. № 76322-19
	Средства воспроизведения и поддержания температуры с нестабильностью поддержания заданного значения температуры не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Печь высокотемпературная ВТП 1800-1; Термостат переливной прецизионный ТПП-1.3, рег. № 33744-07
	Термометр с допускаемой погрешностью измерений температуры $\pm 0,05$ °С	Термометр лабораторный электронный ЛТ-300, рег. № 61806-15
	—	Сосуд Дьюара, заполненный льдоводяной смесью

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемый ТП и средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают наличие заводского номера, соответствие внешнего вида, маркировки, комплектности ТП описанию типа, а также отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушений покрытий, надписей и других дефектов, которые могут повлиять на работу ТП и на качество поверки.

Результат проверки считается положительным, если выполняются все вышеперечисленные требования. При возможности оперативного устранения недостатков, замеченных при внешнем осмотре, поверка продолжается по следующим операциям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Условия поверки должны соответствовать указанным в п. 3 настоящей методики поверки.

Поверяемый ТП и средства поверки выдерживают в лаборатории, где проводится поверка, не менее 2 часов.

8.2 Опробование

Опробование проводят путем проверки электрического сопротивления изоляции ТП.

Для проверки электрического сопротивления изоляции ТП используют измеритель сопротивления изоляции с установленным рабочим напряжением 100 В.

Подключить измеритель сопротивления изоляции между цепью чувствительного элемента и металлической или корундовой частью защитной трубки ТП.

Запустить процесс измерения электрического сопротивления изоляции ТП.

Результат опробования считается положительным, если полученное значение электрического сопротивления изоляции термопреобразователя не менее 100 МОм.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

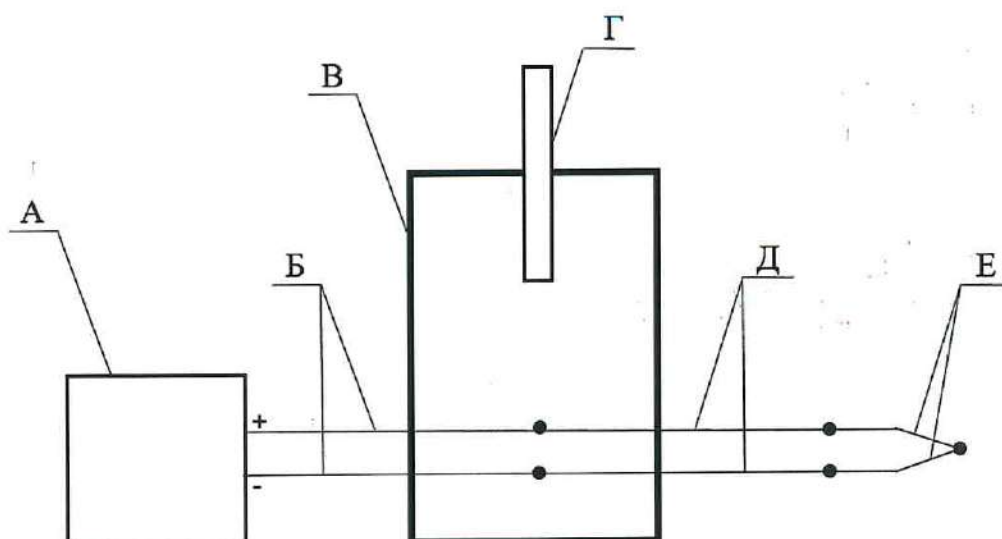
9.1 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1.1 Проверка термоэлектрической стабильности ТП

Проверка осуществляется при температуре $(1500 \pm 20)^\circ\text{C}$, значение которой оценивается по показаниям эталонной термопары.

9.1.1.1 При использовании эталонного ТП 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.

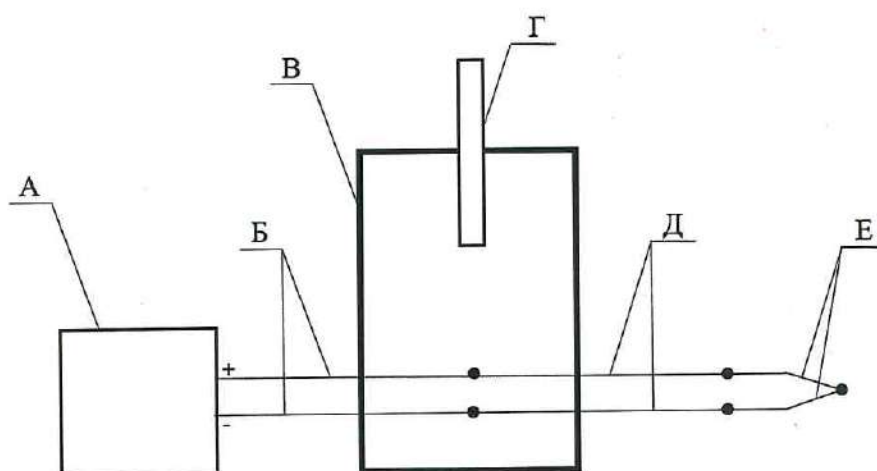
К термоэлектродам эталонного ТП подключают удлиняющие (компенсационные) провода по ГОСТ 1790, ГОСТ 1791 и ГОСТ 10821 (в соответствии с требованиями ГОСТ 8.338-2002). Тип компенсационных проводов должен соответствовать установленному типу НСХ эталонного ТП по ГОСТ Р 8.585-2001. Концы удлиняющих проводов соединяют с медными проводами, подключенных к измерительному прибору, скрутки проводов помещают в пробирки, заполненные мелкодисперсным порошком или трансформаторным маслом, а затем пробирки помещают в сосуд Дьюара, заполненный льдоводяной смесью (или нулевой термостат). Температуру в сосуде Дьюара контролируют термометром с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,05^\circ\text{C}$.



А – измерительный прибор; Б – медные провода; В – сосуд Дьюара (или нулевой термостат);
Г – контрольный термометр; Д – удлиняющие (компенсационные) провода;
Е – эталонный ТП.

Рисунок 1 – Схема подключения эталонного ТП

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.



А – измерительный прибор; Б – медные провода; В – сосуд Дьюара (или нулевой термостат);
Г – контрольный термометр; Д – удлиняющие (компенсационные) провода;
Е – поверяемый ТП.

Рисунок 2 – Схема подключения поверяемого ТП

К термоэлектродам поверяемого ТП подключают удлиняющие (компенсационные) провода по ТУ 11-75. Тип компенсационных проводов должен соответствовать установленному типу НСХ поверяемого ТП по ГОСТ Р 8.585-2001. Концы удлиняющих проводов соединяют с медными проводами, подключенных к измерительному прибору, скрутки проводов помещают в пробирки, заполненные мелкодисперсным порошком или трансформаторным маслом, а затем пробирки помещают в сосуд Дьюара, заполненный льдоводяной смесью (или нулевой

термостат). Температуру в сосуде Дьюара контролируют термометром с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,05$ °С.

9.1.1.2 Погружают поверяемый и эталонный ТП в печь.

В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают в печи температурную точку (1500 ± 20) °С.

9.1.1.3 После установления заданной температуры и установления теплового равновесия (стабилизация показаний) между эталонным ТП, поверяемым ТП и термостатирующей средой, снимают не менее четырех значений показаний ТЭДС эталона и поверяемого ТП, индицируемых на дисплее измерительного прибора. Данные заносят в таблицу 4 и рассчитывают среднее значение.

9.1.1.4 Далее производят выдержку термопар при температуре (1500 ± 20) °С в течение двух часов (отжиг). После выдержки измерения ТЭДС повторяют согласно 9.1.1.3.

9.1.1.5 Рассчитывают среднее значение ТЭДС из четырех измерений до и после отжига в печи.

9.1.1.6 Определяют нестабильность ТЭДС ТП как разность между значениями ТЭДС при 1500 °С до и после двухчасовой выдержки термопар по формуле 1

$$\Delta E^{1500} = |E_{\text{ТП1ср}}^{1500} - E_{\text{ТП2ср}}^{1500}|, \quad (1)$$

где $E_{\text{ТП1ср}}^{1500}$ – среднее значение ТЭДС поверяемой термопары до выдержки при (1500 ± 20) °С, мВ;
 $E_{\text{ТП2ср}}^{1500}$ – среднее значение ТЭДС поверяемой термопары после двухчасовой выдержки при (1500 ± 20) °С, мВ.

9.1.1.7 ТП считается пригодным к дальнейшей поверке, если измеренное значение ТЭДС ТП до и после двухчасовой выдержки при температуре (1500 ± 20) °С не превышает:

- 50 мкВ для ТП 2 класса;
- 70 мкВ для ТП 3 класса.

Таблица 4 – Обработка результатов измерений при проверке термоэлектрической стабильности ТП

Наименование	Обозначение	Значения ТЭДС для четырёх измерений, мВ				Среднее значение $E_{\text{ТП1ср}}^{1500}, E_{\text{ТП2ср}}^{1500}$, мВ
		1	2	3	4	
Значения параметров до выдержки при $(1500\pm 20)^\circ\text{C}$						
Значение ТЭДС эталонной термопары	$E_{\text{ЭТ}}^{1500}$, мВ					—
Значения ТЭДС поверяемой термопары	$E_{\text{ТП1}}^{1500}$, мВ					
Значения параметров после двухчасовой выдержки при $(1500\pm 20)^\circ\text{C}$						
Значение ТЭДС эталонной термопары	$E_{\text{ЭТ}}^{1500}$, мВ					—
Значения ТЭДС поверяемой термопары	$E_{\text{ТП2}}^{1500}$, мВ					

9.1.2 Определение ТЭДС ТП методом непосредственного сличения с эталонным ТП

Определение ТЭДС ТП при заданных значениях температуры производится в печи.

Выполняют подключение поверяемого и эталонного ТП в соответствии с 9.1.1.1.

Поверяемый ТП при конструктивной возможности извлекается из защитной гильзы. Поверяемый и эталонный ТП скрепляются между собой с помощью платинородиевой проволоки

и размещаются внутри рабочего корундового чехла печи так, чтобы рабочие спайи термопар находились в изотермической зоне печи.

ТЭДС ТП определяют не менее чем в семи температурных точках, включая $T_{\min}$, номинальное значение температуры применения и $0,95 \cdot T_{\max}$.

После установления заданной температуры и установления теплового равновесия (стабилизация показаний) между эталонным ТП, поверяемым ТП и термостатирующей средой, снимают значения показаний ТЭДС эталона и поверяемого ТП, индицируемых на дисплее измерительного прибора.

Измерения проводят прямом и обратном направлениях: от низких температур к высоким и обратно.

9.2 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

При использовании эталонного преобразователя термоэлектрического рассчитывают значения отклонений ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте (Δ , °C) для каждой точки по формуле 2.

$$\Delta = \left(\left(t_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}} + \frac{E_{\text{ТП}}^{\text{изм}} - E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}}{\left(\frac{\Delta E_{\text{ТП}}}{\Delta t} \right)_t} \right) + t_{\text{СКТП}} \right) - \left(\left(t_{\text{ЭТ}}^{\text{ГОСТ}} + \frac{E_{\text{ЭТ}}^{\text{изм}} - E_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}}}{\left(\frac{\Delta E_{\text{ЭТ}}}{\Delta t} \right)_t} \right) + t_{\text{СКЭТ}} \right), \quad (2)$$

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

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

$E_{\text{ТП}}^{\text{ГОСТ}}$ – приведенное значение ТЭДС поверяемого 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;

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

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

$E_{\text{ЭТ}}^{\text{прот}}$ – приведенное значение ТЭДС эталона, 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 эталона соответствующей градуировки при измеряемой температуре на единицу температуры, мВ/°C;

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

Примечание – При использовании средств измерений 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 3.

$$\Delta = (t_{\text{ТП}} + t_{\text{СКТП}}) - (t_{\text{ЭТ}} + t_{\text{СКЭТ}}), \quad (3)$$

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 ТЭДС в температурном эквиваленте, измеренное эталонным ТП, °C;

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

Результаты поверки считаются положительными, если значения отклонений ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте для каждой температурной точки не превышают значений, указанных в таблице 1.

Если полученные значения отклонений ТЭДС поверяемого ТП в температурном эквиваленте превышают предельно допустимые значения, указанные в таблице 1, поверяемый ТП бракуют.

10 Оформление результатов поверки

При положительных результатах поверки термопреобразователь признается пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в объеме проведенной поверки и на термопреобразователь по заявлению владельца или лица, предоставившего на поверку, выдается свидетельство о поверке в соответствии с действующим порядком проведения поверки.

При отрицательных результатах поверки термопреобразователь признается непригодным к применению.

Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и на термопреобразователь по заявлению владельца или лица, предоставившего на поверку, выдается извещение о непригодности с указанием основных причин в соответствии с действующим законодательством.

Результаты поверки оформляют протоколами произвольной формы.

Ведущий инженер по метрологии
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

Инженер по метрологии
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



Г.С. Володарская



М.С. Краснорепов