

Настоящая методика распространяется на Преобразователи термоэлектрические А12, А14А пр-ва фирмы Nanpac Corp., США с НСХ типа «С» (по МЭК 60584-1:2013), и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Первичная и периодическая поверка ТП А12, А14А с НСХ типов «S» и «K» (по ГОСТ Р 8.558-2001/МЭК 60584-1:2013) проводится в соответствии с ГОСТ 8.338-2002 «ГСИ. Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки».

Рекомендованный интервал между поверками для ТП А12, А14А:

- 1 год;
- 2 года - для ТП с НСХ типа «K».

1 Операции поверки

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр;
- определение термоэлектрической стабильности ТП (п.5.1);
- определение ТЭДС ТП методом прямых измерений в сравнении эталонным ТП типа ПРО (п.5.2).

2 Средства поверки

2.1. При проведении поверки используют следующие средства измерений:

- Рабочий эталон 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009 - термометр сопротивления эталонный ЭТС-100/1 (Регистрационный № 19916-10);
- Рабочий эталон 1, 2, 3-го разрядов по ГОСТ 8.558-2009 - преобразователи термоэлектрические эталонные ТППО (Регистрационный № 19254-10);
- Рабочий эталон 2, 3-го разрядов по ГОСТ 8.558-2009 - преобразователи термоэлектрические платиновородий-платиновородиевые эталонные ПРО (Регистрационный № 41201-09);
- Термостаты переливные прецизионные ТПП-1 моделей ТПП-1.0, ТПП-1.2, ТПП-1.3 (Регистрационный № 33744-07);
- Калибраторы температуры JOFRA серий АТС-R и RTC-R (Регистрационный № 46576-11);
- Термостат с флюидизированной средой FB-08 (Регистрационный № 44370-10);
- Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10(М) (Регистрационный № 19736-11);
- Ртутный стеклянный термометр эталонный 2-го разряда с погрешностью измерений температуры свободных концов ЧЭ ТП не более $\pm 0,1$ °С или цифровой электронный термометр «ЛТ-300» с ПГ $\pm 0,05$ °С в диапазоне от -50 до +199,99 °С.

2.2. При поверке применяют следующие вспомогательные средства и материалы:

- электрическая печь для градуировки термопар С0,1-1750.1Ф, зав. № 9203, диапазон воспроизводимых температур: от +600 до +1750 °С, температурный градиент по длине печи в ее средней части (± 25 мм от центра рабочего пространства): 0,8 °С/см нестабильность поддержания заданного температурного режима, $\pm 0,3$ °С/мин;
- печь высокотемпературная ВТП 1600-1, диапазон воспроизводимых температур: от +300 до +1600 °С, температурный градиент по длине печи в ее средней части (± 25 мм от центра рабочего пространства): 1 °С/см, нестабильность поддержания заданного температурного режима $\pm 0,4$ °С/мин;
- малоинерционная трубчатая печь с терморегулятором МТП-2МР или низковольтная малоинерционная трубчатая печь МТП-1200-4, диапазон воспроизводимых температур: от +100 до +1200 °С, температурный градиент по длине печи в ее средней части (± 25 мм от центра рабочего пространства): 1 °С/см, нестабильность поддержания заданного температурного режима до $\pm 0,1$ °С/мин;

- нулевой термостат с градиентом температуры в рабочем пространстве не более 0,05 °С/см, с ванной глубиной не менее 200 мм, вместимостью от 0,5 до 2 л (или сосуд Дьюара, заполненный льдо-водяной смесью);

- пробирки стеклянные длиной (150±10) мм, с внутренним диаметром (6,5±0,5) мм для термостатирования свободных концов термоэлектродов;

- трубки корундовые;

- спирт технический по ГОСТ 18300-72;

- провода медные диаметром 0,2÷0,3 мм (ТУ 16.505.437-82);

- трубки ПХВ диаметром 0,7÷1,0 мм (ТУ 14143602.04-97).

2.3. Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

3 Требования безопасности

3.1. Обслуживающий персонал должен быть аттестован на группу электробезопасности согласно «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ) и Правил техники безопасности при эксплуатации (ПТБ).

3.2. При работе на оборудовании необходимо соблюдать требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации и ГОСТ 12.2007.0-75.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура, окружающего воздуха (25±10) °С;

- относительная влажность от 30 до 80 %;

- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

- изменение температуры воздуха в помещении во время работы поверочной установки не должно быть более ±0,5 °С в течение 1 ч;

4.2 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы.

4.2.1 Представленный на поверку ЧЭ ТП типа А14А освобождают от электроизолирующей соломки, а его термоэлектроды подвергают внешнему осмотру.

4.2.2 Внешний осмотр проводится визуально. Внешним осмотром должно быть установлено отсутствие изломов и заусениц на термоэлектродах.

4.2.3 При неудовлетворительном результате осмотра ТП бракуется и дальнейшей поверке не подвергается.

4.2.4 Термоэлектроды обезжиривают спиртом. Часть термопары, погружаемую в печь, армируют двухканальной корундовой трубкой наружным диаметром до 4 мм, свободные термоэлектроды изолируют гибкими электроизоляционными ПХВ-трубками внутренним диаметром 0,7÷1,0 мм. При этом не допускается замыкание термоэлектродов между собой на этом участке, кроме самих рабочих спаев.

4.2.5 Поверяемые ТП герметизируют внутри газоплотного чехла из высокочистого оксида алюминия, заполненного инертным газом, наружный диаметр чехла до 10 мм. При этом эталонный ТП типа ПРО должен быть помещен в отдельный корундовый чехол наружным диаметром до 10 мм. Чехлы связываются между собой платинородиевой проволокой.

4.2.6 Оборудование и средства измерений готовят к работе в соответствии с описаниями и инструкциями по их эксплуатации.

4.2.7 В нулевой термостат с льдоводяной смесью помещают пробирки с установленными в них свободными концами термопар.

4.2.8 Собирают схему прямых измерений ТП в соответствии с применяемыми средствами поверки и вспомогательным оборудованием.

5 Проведение поверки ТП

5.1. Определение термоэлектрической стабильности ТП

5.1.1 При исследовании стабильности монтаж термопар в печи производят по п.4.2.5. Проверка осуществляется при температуре $(+1500 \pm 20)$ °С, значение которой оценивается по показаниям эталонной термопары.

5.1.2 После достижения заданной температуры в электропечи, устанавливают температурный ход печи на уровне $(2 \div 3)$ °С/мин, и измеряют ТЭДС эталонной и поверяемой термопар. Число отсчётов должно быть не менее 4-х в прямом и обратном направлениях. За время измерений температура не должна изменяться больше, чем на 10 °С.

5.1.3 Значения ТЭДС термопар при заданной температуре, определенной по эталонной термопаре, вносят в таблицу 1. Все необходимые вычисления выполняют согласно п.9.1. Далее производят выдержку термопар при температуре $(+1500 \pm 20)$ °С в течение 2-х ч.

5.1.4 После выдержки измерения ТЭДС повторяют согласно п.5.1.2. Результаты измерений также заносят в таблицу 1.

5.1.5 Вычисляют среднеарифметические значения ТЭДС для данной температуры, а также рассчитывают значения ТЭДС для температуры +1500 °С. Аналогичные вычисления ТЭДС производят для данных, полученных после двухчасовой выдержки при температуре $(+1500 \pm 20)$ °С. Расчет проводят согласно п.9.1 настоящей методики.

5.1.6. ТП считается пригодным к дальнейшей поверке методом прямых измерений ТЭДС при заданных значениях температуры, если изменение ТЭДС ТП до и после двухчасовой выдержки при температуре +1500 °С не превышает: 70 мкВ

ТП, не соответствующий данным требованиям, бракуется и дальнейшей поверке не подвергается.

5.2 Определение ТЭДС ТП в диапазоне температур от +600 до +1600 °С методом прямых измерений в сравнении с эталонным термопреобразователем типа ПРО.

5.2.1 Определение ТЭДС ТП при заданных значениях температуры производится в электрической печи для градуировки термопар типа С0,1-1750.1Ф или в высокотемпературной печи типа ВТП 1600-1.

5.2.2 Для поверки ТП в электропечи типа ВТП 1600-1 или в печи С0,1-1750.1Ф его герметизируют внутри газоплотного чехла из высокочистого оксида алюминия, заполненного инертным газом. Эталонный ТП помещают в отдельный корундовый чехол. Чехлы с эталонным ТП и поверяемыми ТП связывают вместе платиновой проволокой и помещают в зону минимального градиента температур рабочего пространства печи.

5.2.3 Измерения ТЭДС проводят обратным ходом (от высоких температур к низким) при заданных значениях температуры: +600 °С, +900 °С, +1200 °С, +1600 °С. Температуру в электропечи измеряют с помощью эталонного ТП типа ПРО.

Результаты измерений вносят в протокол поверки.

6 Обработка результатов поверки

6.1 Обработка результатов измерений при определении термоэлектрической стабильности ТП

6.1.1 Результаты измерений ТЭДС, выполненные при температуре $+1500 \pm 20$ °С, заносятся в таблицу 1

Таблица 1

Наименование	Обозначение	Значения ТЭДС для четырех измерений, мВ				Среднее значение мВ
		1	2	3	4	
Значения параметров до выдержки при $+1500 \pm 20$ °С						
Значение ТЭДС эталонной термопары	$E_{ЭТ}$, мВ					
Приведенное значение ТЭДС эталонной термопары	$E_{ЭТ}^{пр}$, мВ	—	—	—	—	
Значение температуры рабочих спаев	t , °С	—	—	—	—	
Значения ТЭДС поверяемой термопары	$E_{ПОВ}$, мВ					
Приведенные значения ТЭДС поверяемой термопары	$E_{ПОВ}^{пр}$, мВ	—	—	—	—	
Пересчитанные для $+1500$ °С значения ТЭДС поверяемой термопары	E_1^{1500}	—	—	—	—	
Значения параметров после двухчасовой выдержки при $+1500 \pm 20$ °С						
Значение ТЭДС эталонной термопары	$E_{ЭТ}$, мВ					
Приведенное значение ТЭДС эталонной термопары	$E_{ЭТ}^{пр}$, мВ	—	—	—	—	
Значение температуры рабочих спаев	t , °С	—	—	—	—	
Значения ТЭДС поверяемой термопары	$E_{ПОВ}$, мВ					
Приведенные значения ТЭДС поверяемой термопары	$E_{ПОВ}^{пр}$, мВ	—	—	—	—	
Пересчитанные для $+1500$ °С значения ТЭДС поверяемой термопары	E_2^{1500}	—	—	—	—	

6.1.2 Определяют среднеарифметические значения ТЭДС эталонного ТП и ЧЭ каждой из поверяемых термопар, и приводят их к значениям ТЭДС ТП $E_{ПОВ}^{пр}$ и $E_{ЭТ}^{пр}$ при температуре свободных концов, равной 0 °С, внося поправку $E(t_{с.к.})$ на температуру свободных концов ЧЭ. Поправку определяют по НСХ для ТП типа С по МЭК 60584-1:2013. Значение поправки имеет знак «плюс» и равно табличному значению ТЭДС ТП при такой температуре, какую при поверке имели свободные концы. Поправка равна нулю, если температура свободных концов при поверке была равна 0 °С. Приведенные значения ТЭДС $E_{ПОВ}^{пр}$ и $E_{ЭТ}^{пр}$ вносят в протокол поверки.

$$E_{ПОВ}^{пр} = \bar{E}_{ПОВ} + E(t_{с.к.}), \quad E_{ЭТ}^{пр} = \bar{E}_{ЭТ} + E(t_{с.к.});$$

6.1.3 По приведенному значению ТЭДС эталонного ТП определяют температуру t , °С, рабочих концов поверяемых термопар по формуле:

$$t = t_{свид} + \frac{E_{ЭТ}^{пр} - E_{ЭТ}^{свид}}{(\Delta E / \Delta t)_t}, \quad (1)$$

где $t_{свид}$ – значение температуры, соответствующее значению $E_{ЭТ}^{свид}$, °С;

$E_{ЭТ}^{пр}$ – приведенное значение ТЭДС эталонного ТП, мВ;

$E_{ЭТ}^{свид}$ – значение ТЭДС ТП, взятое из свидетельства на эталонный ТП, ближайшее к $E_{ЭТ}^{пр}$, мВ;

$(\Delta E/\Delta t)_t$ – чувствительность эталонного ТП соответствующей градуировки при температуре t на единицу температуры, мВ/°С.

6.1.4 Пересчитывают приведенные значения ТЭДС ТП для температуры 1500 °С по формуле:

$$E_1^{1500} = E_{ПОВ}^{пр} + \frac{t-1500}{(\Delta E/\Delta t)_t}, \quad \text{где } t \text{ – температура рабочих концов поверяемых ТП.}$$

6.1.5 Аналогичные вычисления значений ТЭДС ТП производят после двухчасовой выдержки при температуре $(+1500 \pm 20)$ °С.

6.1.6. Определяют нестабильность ТЭДС ТП как разность между расчетными значениями ТЭДС при +1500 °С (E^{1500}) до и после двухчасовой выдержки термопар:

$$\Delta E^{1500} = E_1^{1500} - E_2^{1500}$$

6.1.7 ТП считается пригодным к дальнейшей поверке методом прямых измерений ТЭДС при заданных значениях температуры, если изменение ТЭДС ТП (ΔE^{1500}) после двухчасовой выдержки при температуре +1500 °С не превышает: 70 мкВ

ТП, не соответствующий данным требованиям, бракуется. Результаты заносятся в протокол проверки стабильности ТП.

6.2 Обработка результатов измерений при определении ТЭДС ТП

6.2.1. Результаты измерений, выполненных в соответствии с п.5.2, заносят в таблицу 2. Отклонения реальных значений температуры градуировки от заданных значений не должны превышать ± 10 градусов. В колонку «Температура» заносятся значения температуры, определенные по формуле (1) и градуировочной характеристике эталонного термопреобразователя, приведенной в Свидетельстве о поверке, для измеренных значений ТЭДС эталонного термопреобразователя ($E_{ЭТ}$).

Таблица 2

Наименование	Обозначение	Значения ТЭДС для четырех измерений, мВ				Среднее значение, мВ	Прим.
		1	2	3	4		
Значение ТЭДС эталонного ТП	$E_{ЭТ}$, мВ						
Приведенное значение ТЭДС эталонного ТП	$E_{ЭТ}^{пр}$, мВ	---	---	---	---		
Значение температуры рабочих спаев ТП	t , °С	---	---	---	---		t_1
Значения ТЭДС поверяемого ТП	$E_{ПОВ}$, мВ						
Приведенные значения ТЭДС поверяемого ТП	$E_{ПОВ}^{пр}$, мВ	---	---	---	---		
.....							
Значение ТЭДС эталонного ТП	$E_{ЭТ}$, мВ						
Приведенное значение ТЭДС эталонного ТП	$E_{ЭТ}^{пр}$, мВ	---	---	---	---		
Значение температуры рабочих спаев ТП	t , °С	---	---	---	---		t_4
Значения ТЭДС поверяемого ТП	$E_{ПОВ}$, мВ						

Приведенные значения ТЭДС поверяемого ТП	$E_{пов}^{пр}$, мВ	—	—	—	—		
Значение ТЭДС эталонного ТП	$E_{эт}$, мВ						
Приведенное значение ТЭДС эталонного ТП	$E_{эт}^{пр}$, мВ	—	—	—	—		
Значение температуры рабочих спаев ТП	t , °С	—	—	—	—		(t_5)
Значения ТЭДС поверяемого ТП	$E_{пов}$, мВ						
Приведенные значения ТЭДС поверяемого ТП	$E_{пов}^{пр}$, мВ	—	—	—	—		

6.2.2 Определяют приведенные значения ТЭДС $E_{пов}^{пр}$ и $E_{эт}^{пр}$.

6.2.3 По приведенному значению ТЭДС эталонного ТП определяют температуру t , °С, рабочих концов ТП по формуле:

$$t = t_{свид} + \frac{E_{эт}^{пр} - E_{эт}^{свид}}{(\Delta E / \Delta t)_t}, \quad (1)$$

где: $t_{свид}$ – значение температуры, соответствующее значению $E_{эт}^{свид}$, °С;

$E_{эт}^{пр}$ – приведенное значение ТЭДС эталонного ТП, мВ;

$E_{эт}^{свид}$ – значение ТЭДС ТП, взятое из свидетельства на эталонный ТП, ближайшее к $E_{эт}^{пр}$, мВ;

$(\Delta E / \Delta t)_t$ – чувствительность эталонного ТП соответствующей градуировки при температуре t на единицу температуры, мВ/°С.

6.2.4 По НСХ для поверяемого ТП находят нормированное значение ТЭДС ТП $E_{НСХ}$, соответствующее температуре t , вычисленной по формуле (1), по показаниям эталонного ТП.

6.2.5 Для каждого поверяемого ТП определяют разность ΔE между приведенным $E_{пов}^{пр}$ и нормированным $E_{НСХ}$ значениям ТЭДС при каждом значении температуры t , вычисленной по формуле (1).

Разность ΔE указанных значений для ТП соответствующего типа не должна превышать предела допускаемого отклонения от НСХ.

Поверяемые ТП, не удовлетворяющие этому требованию хотя бы при одном из заданных значений температуры, должны быть переведены в более низкий класс точности или указанные ТП должны быть забракованы.

Результаты поверки оформляются протоколом поверки.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Преобразователь термоэлектрический А12, А14А, прошедший поверку с положительным результатом, признается годными и допускаются к применению. На него оформляется свидетельство о поверке в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г. и (или) наносится знак поверки в паспорт.

7.2 При отрицательных результатах поверки ТП к применению не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г.

Начальник НИО 207 ФГУП «ВНИИМС»

А.А. Игнатов