ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГУП «ВНИИМС»)
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФГУП «ВНИИМС»
_____ В.Н. Яншин
«30» 09 2008 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ С ДЛИНОЙ ПОГРУЖАЕМОЙ ЧАСТИ МЕНЕЕ 250 ММ.

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МИ 3090 - 2007
(с изменением № 1)

СОГЛАСОВАНО
Директор ООО ПК «ТЕСЕЙ»
_____ А.В. Каржавин
«__» 2008

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА: Общество с ограниченной ответственностью
Производственная компания «ТЕСЕЙ» (ООО ПК «ТЕСЕЙ»).
ИСПОЛНИТЕЛИ: А.В. Белевцев, А.В. Каржавин, М.В.Хаустов.

2 УТВЕРЖДЕНА ФГУП «ВНИИМС» « 30 » сентября 2008 г.

3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ФГУП «ВНИИМС» « 01 » октября 2008 г.

4 ВНЕСЕНО ИЗМЕНЕНИЕ №1

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и/или распространена без разрешения ООО ПК «ТЕСЕЙ»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения 1
2. Нормативные ссылки 1
3. Термины и определения, обозначения и сокращения 2
4. Операции поверки 3
5. Средства поверки 3
6. Условия поверки 4
7. Требования безопасности и требования к квалификации поверителей 4
8. Подготовка к поверке 4
9. Проведение поверки 5
10. Обработка результатов измерений 7
11. Оформление результатов поверки 8
12. Приложение А. Неопределенность градуировки кабельных термопреобразователей длиной менее 250 мм во флюидизированных термостатах в диапазоне температур от 50 °С до 700 °С 9

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Т88.6

Государственная система
обеспечения единства измерений

МИ 3090 - 2007

Преобразователи термоэлектрические с длиной
погружаемой части менее 250 мм.
Методика поверки

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая рекомендация распространяется на погружаемые термоэлектрические преобразователи (далее — ТП) с металлическими термопарами в качестве термочувствительных элементов (далее — ЧЭ) по ГОСТ 6616 и МЭК 61515 с длиной погружаемой части менее 250 мм, но не менее указанной в таблице 1, предназначенные для измерений температуры от минус 40 °С до плюс 800 °С, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Межповерочный интервал – в соответствии с требованиями НТД на преобразователи.

Таблица 1

Диаметр погружаемой части ТП, мм	Минимальная глубина погружения, мм
1,0	**20**
1,5	**25**
2,0	**25**
3,0	**30**
4,0	**35**
4,5	**35**
5,0	**40**
8,0	**90**
10,0	**110**

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей рекомендации приведены ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.558-93 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

ГОСТ 6616-94 Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия

ГОСТ 8.338-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки

ГОСТ 10821-75 Проволока из платины и платинородиевых сплавов для термоэлектрических преобразователей. Технические условия

ГОСТ Р 8.585-2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования

ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

МЭК 61515 (1995) Термопарные кабели и термопары с минеральной изоляцией

МЭК 60584-1 (1995) Термопары. Часть1. Номинальные статические характеристики преобразования

МЭК 60584-3 (1989) Термопары. Часть3. Удлинительные и компенсационные провода – допустимые отклонения и система обозначения

РМГ 43-2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений»

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

3.1 Термины и определения

В настоящей рекомендации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

длина погружаемой части ТП при поверке: Расстояние, отсчитываемое от погружаемого конца защитного корпуса поверяемого ТП при помещении его в рабочее пространство термостата до места пересечения корпуса ТП плоскостью поверхности флюидизированной рабочей среды термостата.

удлиняющие провода: Термоэлектродные провода, в паре имеющие в заданном диапазоне температуры НСХ основной термопары.

Остальные термины — по ГОСТ 6616.

3.2 Обозначения

В настоящей рекомендации применяют следующие обозначения:

$E_{нсх}$ — нормированное значение ТЭДС ТП, мВ;

$E^{ср}_{пов}$ — среднее значение ТЭДС поверяемого ТП, мВ;

$E^{ср}_{эт}$ — среднее значение ТЭДС эталонного ТП, мВ;

$(\Delta E/\Delta t)_t$ — чувствительность термопары при температуре t, мВ/°С;

$\Delta_{доп}$ — предел допускаемых отклонений значений ТЭДС ТП от значений НСХ, указанных в НД, мВ;

$\Delta_н$ — нестабильность ТП, мВ;

$t_{эт}^{эталон\ ср}$ - средние значение температуры измеренной термометром сопротивления ЭТС-100 эталонным 3 разряда, °С.

$\Delta_{этс}$ - доверительная погрешность эталонного термометра сопротивления при доверительной вероятности 0,95, °С

$\Delta_{пр}$ – предел допускаемой основной погрешности измерительного прибора, мВ или Ом

$a_{об}$ – неоднородность температурного поля в рабочем объёме термостата, °С

3.3 Сокращения

В настоящей рекомендации применяют следующие сокращения:

НД — нормативный документ;

НСХ — номинальная статическая характеристика;

ТП — преобразователь термоэлектрический;

ТЭДС — термоэлектродвижущая сила, возникающая из-за разности температур между двумя соединениями различных металлов или сплавов, образующих часть одной и той же цепи;

ЧЭ — термочувствительный элемент.

4 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Наименование операции	Номер пункта настоящей рекомендации	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	9.1	Да	Да
Проверка электрической прочности изоляции	9.2	Да	Нет
Проверка электрического сопротивления изоляции	9.3	Да	Да
Проверка стабильности	9.4	Да	Нет
Определение ТЭДС ЧЭ ТП при заданных значениях температуры	9.5	Да	Да

5 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют следующие основные средства поверки:

- термометр сопротивления ЭТС-100 эталонный 3 разряда с погрешностью по ГОСТ 8.558 в диапазоне температуры от минус 196 °С до плюс 660 °С;
- эталонные 2 или 3-го разрядов платинородий-платиновые ТП типа ТППО с погрешностью по ГОСТ 8.558 в диапазоне температуры от 300 °С до 1200 °С;
- многоканальный прецизионный измеритель температуры МИТ 8.10 с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерения

напряжения $\pm(10^{-4} \bullet U+1)$ мкВ, где U –измеряемое напряжение, мВ

сопротивления $\pm(10^{-5} \bullet R+5 \bullet 10^{-4})$, где R – измеряемое сопротивление, Ом.

- термостат с флюидизированной средой FB-08, рабочий диапазон температур от 50 °С до 700 °С, кратковременная температурная стабильность термостата составляет ±0,3 °С за 30 мин, однородность температурного поля в рабочем объёме ±0,5 °С, глубина ванны 385 мм;
- сосуды Дьюара емкостью 0,5 л;
- стеклянные пробирки длиной (150 ± 10) мм.

5.2 При поверке применяют следующие вспомогательные средства (могут входить в комплект поверочной установки):

- средство измерений электрического сопротивления изоляции с испытательным напряжением 500 В и пределом измерения > 1000 МОм. Класс точности 1,5;
- установка для испытания электрической прочности изоляции с испытательным напряжением 250 В 50 Гц переменного тока;
- удлиняющие провода по МЭК 60584-3 к ТП с НСХ типов *L, E, K, J, N, I.* Значение ТЭДС индивидуально подобранной пары скомплектованных удлиняющих проводов при температуре рабочего и свободных концов пары, соответственно равной 100 °С и 0 °С, не должно отклоняться от значений соответствующей типу ТП НСХ более чем на ± 0,2 $\Delta_{доп}$, выраженного в милливольтах. Максимальное отклонение индивидуальной статической характеристики удлинительных проводов от НСХ ($E^{max}_{удл}$) равно: для преобразователей

типа (L) — 0,036 мВ, типа (E) — 0,020 мВ, типа (J) — 0,016 мВ, типа (K) — 0,012 мВ, типа (N) — 0,009 мВ мВ.

5.3 Все применяемые средства измерений должны быть поверены органами государственной метрологической службы или метрологическими службами юридических лиц, аккредитованными в установленном порядке, и иметь действующие клейма или свидетельства установленных форм.

5.4 Допускается применять другие средства поверки, удовлетворяющие требованиям настоящей методики.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура, относительная влажность и барометрическое давление воздуха в помещении должны соответствовать нормам, установленным требованиями к поверочной лаборатории;
- в помещении, в котором проводят поверку, не должно быть пыли, дыма, газов и средства поверки должны быть защищены от вибрации и ударов;
- ТП разборных конструкций необходимо вынуть из защитной арматуры. К поверке могут быть допущены ТП разборных конструкций в защитной арматуре (чехле) и ТП неразборных конструкций, длиной не менее указанных в таблице 1.
- электроизмерительная часть поверочной установки должна быть удалена не менее чем на 1 м от окон, дверей, радиаторов отопления и других устройств, выделяющих тепло, а также защищена от прямых солнечных лучей;
- должна быть проверена ТЭДС помех в измерительной линии поверочной установки, которая не должна превышать для ТП типов *L, E, K, J, N, I* 2 мкВ.

7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

7.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019

7.1. Поверочная установка и вспомогательное оборудование должны быть подключены к контуру заземления. Сопротивление заземления должно быть не более 4,0 Ом.

7.2. Вблизи термостата не должны находиться горючие материалы.

7.3. Стеклянные сосуды Дьюара должны иметь охранные кожухи из жести или пластмассы.

7.4. Должны быть соблюдены требования Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей и Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

8.1. Подготовка основных и вспомогательных средств поверки

8.1.1. Вспомогательные средства поверки - термостат с флюидизированной средой FB-08 или FBS готовят к работе в соответствии с требованиями технической документации.

8.1.2. Эталонные 2-го или 3-го разрядов ТП типа ТППО, используемые при поверке ТП из неблагородных металлов, помещают в защитные пробирки из кварцевого стекла или окиси алюминия.

Рабочий конец ТП должен касаться дна пробирки.

Эталонный термометр сопротивления ЭТС 100, используемый при проведении поверки, применяется без защитных пробирок.

8.1.3. Теплоизолированный сосуд для термостатирования свободных концов ТП при 0 °С заполняют льдоводяной смесью. В сосуд помещают стеклянные пробирки. Глубина погружения пробирок должна быть не менее 120 мм, расстояние между пробирками — не менее 10 мм.

8.2. Подготовка термопреобразователей и ЧЭ.

8.2.1. Из ТП разборной конструкции извлекают ЧЭ и, при необходимости, очищают поверхность от окалины, отслоений и т.п. После очистки поверхность оболочки ЧЭ протирают растворителем. ТП неразборной конструкции подготавливаются аналогично.

8.2.2. Подготовленные по п.8.2.2. ЧЭ (ТП) помещают в центральную зону рабочего объёма ванны термостата на глубину не менее указанной в таблице 1.

Расстояние между стенкой флюидизированной ванны и поверяемыми датчиками должно быть не менее 20 мм.

8.2.3. Эталонные датчики температуры помещаются в центральную зону рабочего объёма термостата на глубину, определяемую их техническими характеристиками.

Расстояние между стенкой флюидизированной ванны и эталонным датчиком должно быть не менее 20 мм.

8.2.4. Свободные концы (или концы удлиняющих проводов) поверяемых ТП и эталонного ТП соединяют с медными проводами и термостатируют в сосудах Дьюара по 8.1.3 настоящей методики. Концы медных проводов подсоединяют к соответствующим клеммам измерительного прибора.

9 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

9.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре поверяемых ТП разборной и неразборной конструкции должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- на каждом ЧЭ (ТП), поступившем на поверку, должна быть маркировка с указанием номера, обозначения НСХ, рабочего диапазона измерений и класса допуска.
- внешний вид ТП должен соответствовать НД на ТП конкретного типа.

9.2. Проверка электрической прочности изоляции

9.2.1. Проверку электрической прочности изоляции ТП проводят по ГОСТ 6616 только при первичной поверке. Электрическую прочность изоляции ТП в сборе проверяют перед проведением операций по 8.2 .

9.2.2. Электрическая прочность изоляции поверяемых ТП должна соответствовать указанной в НД на ТП конкретного типа.

9.3. Проверка электрического сопротивления изоляции

9.3.1. Проверку электрического сопротивления изоляции поверяемых ТП проводят по ГОСТ 6616. Электрическое сопротивление ТП в сборе проверяют перед проведением операций по 8.2 .

9.3.2. Электрическое сопротивление изоляции поверяемых ТП должно соответствовать указанному в НД на ТП конкретного типа.

9.4. Проверка нестабильности

9.4.1. Проверку нестабильности ТП всех типов проводят только при первичной поверке при максимальной температуре длительного применения, установленной в НД на поверяемый ТП, путем определения ТЭДС ЧЭ ТП при этой температуре до и после двухчасового отжига по 9.5.3 настоящей методики.

9.4.2. Нестабильность ТП $\Delta_н$ не должна превышать указанной в НД на ТП конкретного типа.

9.5. Определение ТЭДС ТП при заданных значениях температуры

9.5.1. Градировочные характеристики поверяемых ТП должны соответствовать НСХ соответствующего типа в пределах допускаемых отклонений ТЭДС.

При проверке определяют ТЭДС ТП при нескольких заданных значениях температуры его рабочего конца и температуре свободных концов, равной 0 °С. Полученные результаты измерений сравнивают с данными НСХ соответствующего типа ТП при тех же значениях температуры.

9.5.2. При поверке ТП их ТЭДС должна быть определена не менее чем при трех значениях температуры в пределах рабочего диапазона ТП, лежащего внутри диапазона от 50 °С до 700 °С.

Определение ТЭДС ТП рекомендуется проводить при температурах 200 °С, 400 °С, 600 °С, (700 °С).

Для ЧЭ ТП специального назначения, применяемых в более узком диапазоне температуры, указанном заказчиком, допускается определять ТЭДС в границах этого диапазона, но не менее чем при трех значениях температуры, равноотстоящих друг от друга.

9.5.3. В диапазоне температур от 50 °С до 300 °С в качестве эталонного средства измерения используется эталонный термометр сопротивления ЭТС-100.

В диапазоне температур от 300 °С до 700 °С в качестве эталонного средства измерения используется эталонная платинородий-платиновая термопара ТППО 2 или 3 разрядов.

9.5.4. ТЭДС термопреобразователей всех типов при заданных значениях температуры определяют в последовательности, указанной ниже.

Нагревают термостат до заданного значения температуры с допускаемыми отклонениями, не превышающими ± 5 °С.

Температуру термостата контролируют эталонным средством измерения. При проведении измерений ТЭДС ТП температурный ход не должен превышать 0,1 °С/мин.

Цикл измерений осуществляется непрерывным отсчетом показаний: в прямой последовательности (от отсчета показаний эталонного СИ до отсчета показаний ЧЭ последнего поверяемого ТП), затем в обратной последовательности (от отсчета показаний ЧЭ последнего поверяемого ТП до отсчета показаний эталонного СИ) и т. д. до получения десяти отсчетов показаний эталонного СИ и ТЭДС ЧЭ каждого поверяемого ТП.

Усреднение производится по 10 отсчетам показаний средств измерений, интервалы времени между которыми, равны.

Отсчеты ТЭДС эталонного и поверяемых ТП проводят до 10^{-3} мВ.

При измерении температуры в термостате термометром сопротивления эталонным ЭТС-100 отсчет проводят до 0,01 °С.

Результаты измерений температуры термостата и ТЭДС ЧЭ поверяемых ТП (средние значения) вносят в протокол поверки. Форма протокола соответствует требованиям Приложения Д ГОСТ 8.338.

Операции, перечисленные выше, выполняют при всех заданных значениях температуры (таблица 3).

10 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Обработка результатов измерений ТЭДС при поверке ТП методом прямых измерений

10.1. По среднему значению ТЭДС эталонного ТП определяют температуру t, °С, рабочих концов поверяемых ТП по формуле

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

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

$E_{эт}^{ср}$ — среднее значение ТЭДС эталонного ТП, мВ;

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

$(\Delta E/\Delta t)_t$ — чувствительность эталонного ТП типа ТППО на единицу температуры, мВ/°С. указана в таблице 4.

Таблица 4

Тип ТП	$(\Delta E/\Delta t)_t \cdot 10^3$, мВ/°С, при значениях температуры $t_{свид}$, °С									
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
ТППО	9,1	9,6	9,9	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1

Допускается вычислять температуру эталонного термометра другими численными методами с использованием современной вычислительной техники.

В случае использования в качестве эталонного средства измерения температуры эталонного термометра сопротивления в комплекте с микропроцессорными измерителями температуры типа МИТ 8.10 средние значения температуры ($t_{эт}^{эталон}{}_{ср}$) определяют по показаниям измерителей температуры в °С.

10.2. По НСХ для поверяемых ТП находят нормированное значение ТЭДС ТП $E_{нсх}$, соответствующее температуре t, вычисленной по формуле (1), по показаниям эталонного ТП или $t_{эт}^{этал}{}_{ср}$ для эталонного термометра сопротивления.

10.3. Для ЧЭ каждого поверяемого ТП определяют разность Δ между средним $E_{пов}^{ср}$ и нормированным $E_{нсх}$ значениями ТЭДС при каждом значении температуры t, вычисленной по формуле (1).

Разность Δ указанных значений в температурном эквиваленте для ТП соответствующего типа не должна превышать предела допускаемого отклонения от НСХ($\Delta_{доп}$) по ГОСТ 6616.

ЧЭ поверяемых ТП, не удовлетворяющие этому требованию при первичной поверке переводятся в более низкий класс или должны быть забракованы.

Поверяемые ТП, не удовлетворяющие этому требованию хотя бы при одном из заданных значений температуры, бракуют.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1. Положительные результаты первичной поверки оформляют нанесением оттиска поверительного клейма в паспорт ТП.

В паспорте указывается глубина погружения ТП в рабочее пространство термостата.

11.2. Положительные результаты периодической поверки оформляются выдачей свидетельства о поверке установленной формы или нанесением оттиска поверительного клейма.

11.3. На оборотной стороне свидетельства указывают глубину погружения ЧЭ ТП в рабочее пространство термостата при поверке.

11.4. ТП или ЧЭ, не удовлетворяющие требованиям НД на них и настоящей методики, к выпуску в обращение и к применению не допускают. Оттиск клейма предыдущей поверки гасят и выдают извещение о непригодности к дальнейшему применению с указанием причин.

Приложение А
(справочное)
Неопределенность градуировки кабельных термопреобразователей длиной менее 250 мм во флюидизированных термостатах в диапазоне температур от 50 °С до 700 °С

Приборы и оборудование: эталонный термометр сопротивления 3 разряда **ЭТС 100,**
эталонная платинородий-платиновая термопара **ТППО 2 или 3 разрядов,**
многоканальный измеритель температуры **МИТ 8.10,**
термостат с флюидизированной средой **FB-08.**

1. Суммарная и расширенная неопределенность градуировки ТП рассчитывается для каждой температуры градуировки **100 °С, 200 °С, 300 °С, 400 °С, 500 °С, 600 °С, 700 °С.**

1.1. В диапазоне температур **от 50 °С до 300 °С** в качестве эталонного средства измерения используется эталонный термометр сопротивления **ЭТС 100**.

В диапазоне температур **от 300 °С до 700 °С** в качестве эталонного средства измерения используется эталонная платинородий-платиновая термопара **ТППО 2 или 3 разрядов**.

2. **Составляющие бюджета неопределенности**.

2.1. Неопределенность значения температуры, измеренной эталонным термометром.

2.2. Неопределенность измеренного значения ТЭДС градуируемой ТП.

3. Значение температуры (среднее), определенное по показаниям эталонного термометра сопротивления, рассчитывается по формуле

$$ts = \frac{1}{N}\sum_{1}^{N} ti ,$$

где N – количество измерений по эталонному термометру, выполненных при градуировке.
N = 10.
t_i – значение температуры, полученное при i-ом измерении.

4. **Бюджет неопределенностей температуры, измеренной эталонным термометром,** включает следующие составляющие:

4.1. Стандартная неопределенность, связанная со **случайными эффектами при измерениях**, рассчитывается как СКО среднего значения.

$$u_{изм_t} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{N} (ti - ts)^2}{N(N-1)}} ,$$

где N – количество измерений, N =10.
t_i – температура в i-ом измерении,
t_s – средняя температура, рассчитанная по п.3.

4.2. Стандартная неопределенность **стабильности температуры в ванне** термостата за время всех измерений

$$u(ts) = \frac{t_{max} - t_{min}}{2\sqrt{3}},$$

где t_{max} и t_{min} – соответственно максимальная и минимальная температура, измеренная эталонным термометром за время проведения всех измерительных циклов.

4.3. Стандартная неопределенность **эталонного датчика температуры.**

4.3.1. В **свидетельстве о поверке ЭТС** указана доверительная погрешность $\Delta_{этс}$

Стандартная неопределенность рассчитывается по типу В по формуле

$$u_{этс} = \Delta_{этс}/2.$$

4.3.2. Стандартная неопределенность **градуировки эталонной ТППО**, рассчитывается по типу В по формуле

$$u_{эт} = \Delta_{эт}/2.$$

4.4. Стандартная неопределенность, связанная с **поверкой измерительного прибора**.

В свидетельстве о поверке МИТа указан предел допускаемой погрешности $\pm\Delta_{пр}$,

$\Delta_{пр\ U} = (1\cdot10^{-3} + 1\cdot10^{-4}\cdot U)$ [мВ]

$\Delta_{пр\ R} = (5\cdot10^{-4} + R\cdot10^{-5})$ [Ом]

Стандартная неопределенность рассчитывается по типу В по формуле

$$u_{пр} = \Delta_{пр}/\sqrt{3}.$$

4.5. Стандартная неопределенность, связанная с **разрешающей способностью отсчетных устройств**

$$u_{рс} = a_{рс}/(2\sqrt{3}),$$

где $a_{рс}$ – разрешающая способность отсчетного устройства.

$a_{рс}^{мит\ U} = 0{,}01$ °С $\quad u_{рс} = 2.89\cdot10^{-3}$ °С

$a_{рс}^{мит\ R} = 0{,}01$ °С $\quad u_{рс} = 2.89\cdot10^{-3}$ °С

4.6. Стандартная неопределенность, связанная с **поддержанием температуры холодных спаев** в нулевом термостате.

$$u_{хс} = \Delta_{хс}/\sqrt{3}$$

$\Delta_{хс} = \pm0{,}1$ °С $\qquad u_{хс} = \Delta_{хс}/\sqrt{3} = 5{,}78\cdot10^{-2}$ °С

4.7. Стандартная неопределенность, связанная с **неоднородностью** температурного поля в рабочем объеме термостата.

$$u_{об} = a_{об}/\sqrt{3},$$

где $a_{об}$ – половина диапазона возможных значений неоднородности температурного поля в рабочем объёме термостата (значения представлены в таблице), °С.

Температура °С	Неоднородность температурного поля в рабочем объеме термостата, (паспортные данные) °С
100	±0,5
200	±0,5
300	±0,5
400	±0,5
500	±0,5
600	±0,5
700	±0,5

5. Бюджет неопределенностей измерения температуры эталонным термометром.

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности Тип, Метод расчета, Пункт Приложения А, Размерность	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А Нормальное распределение п.4.1, $u_{изм_t}$, °С	1	$u_{изм_t}$ °С
Нестабильность температуры в термостате	Тип В Равномерное распределение п.4.2, u(ts), °С	1	u(ts) °С
Градуировка эталонного термометра	Тип В Нормальное распределение п.4.3, $u_{(этс)} = \Delta_{этс}/2$, °С	1	$u_{(этс)}$ °С
Поверка прибора	Тип В Нормальное распределение, п.4.4, $u_{пр} = \Delta_{пр}/\sqrt{3}$, [Ом] или [мВ]	1/S	$u_{пр}/S$ °С
Разрешающая способность измерительного прибора	Тип В Равномерное распределение п.4.5, $u_{рс} = a_{рс}/(2\sqrt{3})$, °С	1	$u_{рс}$ °С

Погрешность заделки холодных спаев	Тип В Равномерное распределение п.4.6, $u_{хс} = \Delta_{хс}/\sqrt{3}$, °С	1	$u_{хс}$ °С

S – чувствительность эталонного датчика при данной температуре.

6. Суммарная стандартная неопределенность результата измерения температуры эталоном, °С.

$$u_c(t_{эт}) = \sqrt{u^2_{изм_t} + u(ts)^2 + u^2_{(эт.с)} + (u_{пр}/S)^2 + u^2_{рс} + u^2_{хс}}$$

7. Бюджет неопределенностей измерения ТЭДС градуируемой КТХА.

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности, Тип, Метод расчета, Пункт Приложения А, Размерность	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А Нормальное распределение п.4.1, $u_{изм_v}$, мВ	1	$u_{изм_v}$ мВ
Поверка (предел погрешности) прибора	Тип В Нормальное распределение п.4.4, $u_{пр} = \Delta_{пр}/\sqrt{3}$, мВ	1	$u_{пр}$ мВ
Разрешающая способность измерительного прибора	Тип В Равномерное распределение п.4.5, $u_{рс} = a_{рс}/(2\sqrt{3})$, мВ	1	$u_{рс}$ мВ
Погрешность заделки холодных спаев (только для температур ниже 300 °С)	Тип В Равномерное распределение п.4.6, $u_{хс} = \Delta_{хс}/\sqrt{3}$, °С	S	$u_{хс}$ S мВ
Однородность температурного поля в рабочем объеме термостата	Тип В Равномерное распределение п.4.7, $u_{об} = a_{об}/\sqrt{3}$, °С	S	$u_{об}$ S мВ

S – чувствительность градуируемого ТП при данной температуре. мВ /°С

8. Суммарная стандартная неопределенность результата измерения ТЭДС, мВ.

$$u_c(раб)=\sqrt{u_{изм_V}^2+u_{пр}^2+u_{рс}^2+u_{хс}^2S^2+u_{об}^2S^2}$$

9. Суммарная стандартная неопределенность градуировки, °С.

$$u_{сумм}=\sqrt{u_c(t_{эт})^2+u_c(раб)^2/S^2}$$

10. Расширенная суммарная неопределенность градуировки, °С.

$U(R) = 2\,\mathbf{u_{сумм}}$

В таблицах 11 – 14 приведены конкретные значения неопределенности измерения при поверке эталонных термометров и термоэлектрических преобразователей.
Показано, что при использовании указанного выше оборудования и приборов расширенная неопределенность измерения при градуировке ТП не превышает требований ГОСТ Р 8.558-93.

11. Суммарная стандартная неопределенность результата измерения температуры эталоном.

$$u_c(t_{эт})=\sqrt{u_{изм_t}^2+u(ts)^2+u_{(этс)}^2+(u_{пр}/S)^2+u_{рс}^2+u_{хс}^2}$$

°С

Эталонные термометры: ЭТС 3 разряда и ТППО 2 разряда.

Температура, °С	$u_c(t_{эт})$, °С
100	0,09
200	0,09
300	0,09
400	0,28
500	0,29
600	0,31
700	0,34

Эталонные термометры: ЭТС 3 разряда и ТППО 3 разряда.

Температура, °С	$u_c(t_{эт})$, °С
100	0,09
200	0,09
300	0,09
400	0,51
500	0,57
600	0,63
700	0,69

12. Суммарная стандартная неопределенность результата измерения ТЭДС КТХА, мВ.

$$u_c(раб)=\sqrt{u_{изм_у}^2+u_{пр}^2+u_{рс}^2+u_{хс}^2 S^2+u_{об}^2 S^2}$$

Температура, °С	u_c(раб), мВ
100	0,012
200	0,012
300	0,012
400	0,012
500	0,012
600	0,012
700	0,012

13. Суммарная стандартная неопределенность градуировки.

$$u_{сумм}=\sqrt{u_c(t_{эт})^2+u_c(раб)^2/S^2}$$

Эталонные термометры: ЭТС 3 разряда и ТППО 2 разряда.

Температура, °С	$u_{сумм}$, °С
100	0,30
200	0,30
300	0,30
400	0,40
500	0,40
600	0,42
700	0,45

Эталонные термометры: ЭТС 3 разряда и ТППО 3 разряда.

Температура, °С	$u_{сумм}$, °С
100	0,30
200	0,30
300	0,30
400	0,58
500	0,63
600	0,69
700	0,75

14. Расширенная суммарная неопределенность градуировки ТП типа КТХА в флюидизированной ванне FB- 08.

$U(R) = 2\ u_{сумм}$

Эталонные датчики температуры: ЭТС 3 разряда и ТППО 2 разряда.

Температура, °С	**U(R),** °С	**Допуск по кл.1,** °С	**Допуск по кл.2,** °С
100	0,60	1,50	2,50
200	0,60	1,50	2,50
300	0,60	1,50	2,50
400	0,80	1,60	3,00
500	0,80	2,00	3,75
600	0,84	2,40	4,50
700	0,90	2,80	5,25

Эталонные датчики температуры: ЭТС 3 разряда и ТППО 3 разряда.

Температура, °С	**U(R),** °С	**Допуск по кл.1,** °С	**Допуск по кл.2,** °С
100	0,60	1,50	2,50
200	0,60	1,50	2,50
300	0,60	1,50	2,50
400	1,16	1,60	3,00
500	1,26	2,00	3,75
600	1,38	2,40	4,50
700	1,50	2,80	5,25

gost.e-ecolog.ru