|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО**  **ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ** | | |
|  | | |
|  | **НАЦИОНАЛЬНЫЙ**  **СТАНДАРТ**  **РОССИЙСКОЙ**  **ФЕДЕРАЦИИ** | **ГОСТ Р**  **8.611-** |

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ**

**ПЛАТИНОРОДИЙ-ПЛАТИНОВЫЕ**

**ЭТАЛОННЫЕ 1, 2 и 3-го РАЗРЯДОВ**

**Методика поверки и калибровки**

Проект, первая редакция

Москва

Стандартинформ

202\_

**Предисловие**

Задачи, основные принципы и правила проведения работ по национальной стандартизации в Российской Федерации установлены ГОСТ Р 1.0-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения и ГОСТ Р 1.2-2020 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления, внесения поправок и отмены.

**Сведения о стандарте**

1 РАЗРАБОТАН Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом ТК 206 "Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от N

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 8.611-2005

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет*

**Содержание**

Стр

1 Область применения……………………………………………………………………………………………

2 Нормативные ссылки……………………………………………………………………………………………

3 Термины и определения……………………….……………………………………………………………….

4 Операции поверки (калибровки)….……………………………………………………………………………

5 Средства поверки (калибровки)………………………………………………………………………………..

6 Требования безопасности и охраны труда ….………………………………………………..……………

7 Условия поверки (калибровки) и требования к квалификации поверителей (калибровщиков)…..

8 Подготовка к проведению поверки (калибровки)…………………………………....................................

9 Проведение поверки и (или) калибровки …………………………………………………………………….

10 Обработка результатов измерений………………………………………………………………………….

11 Оформление результатов поверки (калибровки)………………………………………………………….

Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки термопреобразователей……………

Приложение Б (рекомендуемое)Форма протокола калибровки термопреобразователей ……….

Приложение В (справочное) Электрическая схема подключения термопреобразователей

при поэлектродном сличении…………………………………………………………………

Приложение Г (обязательное) Последовательность измерений при поверке (калибровке)

термопреобразователей………………………………………………………………………

Приложение Д (справочное) Перечень составляющих погрешности (неопределенности)

при поверке (калибровке) термопреобразователей методом прямых измерений в реперных точках МТШ-90………………………………………………………………….

Приложение Е (рекомендуемое) Пример расчета расширенной неопределенности при

периодической калибровке эталонного термопреобразователя 1-го разряда ……

Приложение Ж (рекомендуемое) Перечень составляющих погрешности (неопределенности)

при поверке (калибровке) термопреобразователей непосредственным сличением

или поэлектродным сличением с эталонным термопреобразователем более

высокого разряда………………………………………………………………………………

Приложение И (справочное) Таблицы для расчета значений ТЭДС платинородий-платиновых

термопреобразователей в реперных точках цинка, алюминия и меди………………

Библиография

## НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЛАТИНОРОДИЙ-ПЛАТИНОВЫЕ**

## ЭТАЛОННЫЕ 1, 2 и 3-го РАЗРЯДОВ

**Методика поверки и калибровки**

State system for ensuring the uniformity of measurements.

Standard thermoelectric converters platinumrhodium / platinum

of the first, second and third grades.

Verification and calibration procedure

**Дата введения –– \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**1 Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на преобразователи термоэлектрические платинородий-платиновые эталонные 1, 2 и 3-го разрядов (далее – термопреобразователи), предназначенные для воспроизведения и передачи единицы температуры в диапазоне от 300 °С до 1200 °С в соответствии с [1], [2], и устанавливает методику их первичной и периодической поверки и (или) калибровки.

Настоящий стандарт разработан в соответствии с ГОСТ Р 8.973 и может быть распространен на термопреобразователи, находящиеся в эксплуатации.

##### 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.381 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности

ГОСТ Р 8.973 Государственная система обеспечения единства измерений.

Национальные стандарты на методики поверки. Общие требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 427 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 5679 Вата хлопчатобумажная одежная и мебельная. Технические условия

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

ГОСТ 18389 Проволока из платины и сплавов на ее основе. Технические условия

ГОСТ 21007 Проволока из платины для термопребразователей сопротивления. Технические условия

ГОСТ 15177 Трубы из прозрачного кварцевого стекла для источников света и электровакуумных приборов

ГОСТ 19908 Тигли, чаши, стаканы, колбы, воронки, пробирки и наконечники из прозрачного кварцевого стекла. Общие технические условия

ГОСТ 27989 Сосуды из стекла к бытовым термосам. Типы, параметры и размеры

ГОСТ Р 52314 Преобразователи термоэлектрические платинородий-платиновые и платинородий-платинородиевые эталонные 1, 2 и 3-го разрядов. Общие технические требования

П р и м е ч а н и е — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

#### 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [3], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **реперная точка:** Температура фазового перехода или фазового равновесия вещества, характеризующаяся высокой стабильностью и воспроизводимостью.

Примечание – Перечень веществ, применяемых в качестве реперных точек, и их основные характеристики регламентированы Положением о Международной температурной шкале МТШ-90 [2] и дополняющими документами.

3.2 **нестабильность термопреобразователя:** Изменение первоначальной статической характеристики преобразования термопреобразователя после отжига или в эксплуатации за интервал между поверками (калибровками).

3.3 **неоднородность термопреобразователя:** Различие значений термоэлектродвижущей силы (далее - ТЭДС), возникающее между отдельными участками термоэлектродов термопреобразователя, имеющими неодинаковые физико-химические свойства по длине, при попадании их в неоднородное температурное поле.

3.4 **показатель чистоты платинового термоэлектрода термопреобразователя:** Отношение электрического сопротивления одного и того же участка платинового термоэлектрода термопреобразователя при температуре 100 °С к его электрическому сопротивлению при температуре 0 °C.

3.5 **индивидуальная характеристика преобразования:** значения ТЭДС термопреобразователя при заданных значениях температуры.

##### 4 Операции поверки (калибровки)

4.1 При проведении поверки и (или) калибровки термопреобразователей выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки (калибровки) термопреобразователей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование операции | Номер пункта  настоящего стандарта | Проведение операции  при поверке: | |
| первичной | периодической |
| Внешний осмотр | 9.1 | + | + |
| Определение нестабильности | 9.2 | + | + |
| Определение неоднородности | 9.3 | + | + |
| Определение показателя чисто-  ты платинового термоэлектрода  термопреобразователя | 9.4 | + | - |
| Определение индивидуальной  характеристики преобразования | 9.5 | + | + |
| Примечания: -знак "+" указывает на обязательность операции поверки (калибровки);  -знак "-" указывает на необязательность операции поверки (калибровки). | | | |

**5 Средства поверки (калибровки)**

5.1 При проведении поверки (калибровки) применяют следующие эталоны и средства измерений

5.1.1 Установки для реализации реперных точек МТШ-90 с ампулами в составе рабочих эталонов 0-го и 1-го разрядов:

- ампула реперной точки затвердевания цинка - 419,527 °С;

- ампула реперной точки затвердевания алюминия - 660,323 °С;

- ампула реперной точки затвердевания меди - 1084,62 °С.

Допустимое СКО суммарной погрешности для ампул 0-го разряда: 0,002 °С (цинк), 0,005 °С (алюминий), 0,010 °С (медь).

Допустимое СКО суммарной погрешности для ампул 1-го разряда: 0,005 °С (цинк), 0,010 °С (алюминий), 0,030 °С (медь).

5.1.2 Рабочий эталон нулевого разряда (эталонный платинородий-платиновый термоэлектрический термометр) для определения неоднородности термопреобразователей 1-го разряда и для измерений температуры затвердевания реперных точек металлов. Диапазон воспроизведения единицы температуры от 300 °С до 1100 °С; СКО результата воспроизведения единицы температуры (0,10...0,20) °С.

5.1.3 Рабочий эталон 1-го разряда (термопреобразователь платинородий-платиновый) для поверки (калибровки) термопреобразователей 2-го разряда и определения неоднородности термопреобразователей 2-го и 3-го разрядов. Диапазон измерения температуры от 300 °С до 1100 °С; доверительные границы погрешности ±(0,25...0,60) °С.

5.1.4 Рабочий эталон 2-го разряда (термопреобразователь платинородий-платиновый) для поверки (калибровки) термопреобразователей 3-го разряда. Диапазон воспроизведения температуры от 300 °С до 1200 °С; доверительные границы погрешности: ±(0,4...1,0) °С.

5.1.5 Термопреобразователь платинородий-платиновый для контроля температуры в печи. Диапазон измерения температуры от 300 °С до 1200 °С; пределы допускаемой погрешности ±(1,5...6,0) °С.

5.1.6 Средство измерений ТЭДС (милливольтметр), обеспечивающее измерения напряжения в диапазоне от 0 до 15 мВ, с пределами допускаемой основной погрешности ±5·10-7 В и разрешающей способностью 1·10-7 В.

5.1.7 Термометр цифровой ТЦ-1200 со щупом ТЦЩ-1. Пределы допускаемой абсолютной погрешности ±0,02 °C при температуре 0 °C.

5.1.8 Средство измерений температуры окружающего воздуха, относительной влажности и атмосферного давления с диапазоном измерений температуры от 10 °C до 30 °C и пределами допускаемой абсолютной погрешности ±0,2 °C, с диапазоном измерений относительной влажности от 30 % до 80 % и пределами допускаемой абсолютной погрешности ±3 %, с диапазоном измерений атмосферного давления от 84 до 106 кПа и пределами допускаемой абсолютной погрешности ±0,5 кПа.

5.1.9 Линейка металлическая измерительная по ГОСТ 427 (диапазон измерений от 0 до 500 мм, цена деления: 1 мм.

5.1.10 Образец термоэлектродной платины (далее - ОТП) марки Пл0 или Пл1 по

[ГОСТ 21007](kodeks://link/d?nd=1200011473&point=mark=000000000000000000000000000000000000000000000000007D20K3"\o"’’ГОСТ 21007-75 Проволока из платины для термопреобразователей сопротивления. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)’’(утв. постановлением Госстандарта СССР от 17.07.1975 N 1836)) диаметром 0,5 мм, длиной не менее 1000 мм (показатель чистоты платинового термоэлектрода W не менее 1,3920).

5.1.11 Все, указанные эталоны должны быть аттестованы (поверены, откалиброваны) с прослеживаемостью к ГЭТ 34, средства измерений должны иметь свидетельства о поверке и (или) сертификаты калибровки.

5.2 При проведении поверки (калибровки) применяют следующее испытательное оборудование

5.2.1 Трубчатые электрические печи сопротивления в количестве 2 шт. каждая с регулятором температуры. Диапазон воспроизведения температуры от 300 °С до 1200 °С, допускаемым градиентом температуры при температуре (1200±20) °С не более 0,08 °С/мм на глубине погружения в рабочую зону от 250 до 300 мм, амплитудой колебаний температуры в установившемся температурном режиме не более 0,2 °С/мин.

Печь № 1 используют для отжига термопреобразователей.

Печь № 2 используют для воспроизведения температуры, близкой к температуре реперных точек.

5.2.2 Термостат для свободных концов термопреобразователей:

сосуд 1500 х 108 по ГОСТ 27989 или термостат нулевой ТН-3М.

5.2.3 Испытательное оборудование должно иметь действующие аттестаты.

5.3 При поверке (калибровке) используют следующее вспомогательное оборудование и материалы

5.3.1 Коммутатор сигнала термопреобразователей: переключатель точек измерения ПТИ-М. Применяется для переключения термопреобразователей к средству измерений ТЭДС при непосредственном сличении.

5.3.2 Устройство для дробления льда УДЛ-2.

5.3.3 Пробирка для рабочих концов термопреобразователей: наконечник, изготовленный из трубы прозрачного кварцевого стекла наружным диаметром от 14 до 26 мм по ГОСТ 15177 длиной (480±20) мм, толщиной стенки не менее 1,0 мм. Применяется для размещения рабочих концов термоэлектрических преобразователей при определении их метрологических характеристик.

5.3.4 Отрезки проволоки из платины или сплава платинородия любой марки по ГОСТ 10821, ГОСТ 18389 или ГОСТ 21007 номинальным диаметром от 0,3 до 0,5 мм, длиной от 20 до 100 мм для связывания рабочих концов термоэлектрических преобразователей при определении их метрологических характеристик методом непосредственного сличения.

5.3.5 Пробирка для свободных концов термопреобразователей: Наконечник 200 по ГОСТ 19908 или пробирка из прозрачного кварцевого или иного стекла длиной (200±15) мм, наружным диаметром (8±2) мм, толщиной стенки (1,0±0,5) мм для размещения свободных концов термоэлектрических преобразователей при их термостатировании (глубина погружения не менее 180 мм).

5.3.6 Кабель микрофонный КММ 2х0,35 или медный нелуженый экранированный кабель с проводом номинальным сечением не менее 0,35 мм2 для подключения свободных концов термоэлектрических преобразователей к коммутатору сигналов термопреобразователей или к средству измерений ТЭДС.

5.4 Допускается использование других средств поверки (калибровки) термопреобразователей с метрологическими и техническими характеристиками не хуже указанных выше.

# 6 Требования безопасности и охраны труда

6.1 При проведении поверки и (или) калибровки должны быть соблюдены требования безопасности и охраны труда, установленные ГОСТ 12.2.007.0 и [4 ].

6.2 Средство измерений ТЭДС и печи должны быть надежно заземлены в соответствии с указаниями эксплуатационных документов.

6.3 Во время проведения поверки и (или) калибровки необходимо избегать соприкосновения незащищенных частей тела с корпусом печи и с нагретыми термопреобразователями при извлечении их из печи.

6.4 Помещение, в котором проводят поверку и (или) калибровку, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

6.5 В помещении, в котором проводят поверку и (или) калибровку, запрещается хранить горючие и химически опасные вещества и материалы.

**7 Условия поверки (калибровки) и требования к квалификации поверителей (калибровщиков)**

7.1 Температура окружающего воздуха, относительная влажность, атмосферное давление, вибрация в помещении должны соответствовать требованиям, установленным в эксплуатационных документах на применяемые средства поверки (калибровки).

7.2 В помещении не допускается содержание в воздухе пыли, агрессивных газов, паров кислот и щелочей, а также других вредных примесей, вызывающих коррозию.

7.3 Изменение температуры воздуха в помещении не должно превышать 0,5 °С в течение 1 ч.

7.4 При работе с термопреобразователями следует принять меры, исключающие возможность пластического деформирования и загрязнения термоэлектродов термопреобразователя.

7.5 К проведению поверки (калибровки) допускают лиц, имеющих квалификационную группу по технике безопасности не ниже III при работе с установками напряжением до 1000 В, имеющих необходимую квалификацию и аттестованных в качестве поверителей (калибровщиков) средств измерений температуры.

8 Подготовка к поверке (калибровке)

8.1 Проверяют наличие средств поверки (калибровки), указанных в разделе 5.

8.2 Проверяют соответствие условий поверки (калибровки) требованиям раздела 7.

8.3 Подготавливают к работе средства поверки (калибровки) в соответствии с требованиями эксплуатационных документов.

8.4 Подготавливают термопреобразователи к поверке (калибровке) следующим образом:

8.4.1 Термопреобразователи с чистой поверхностью термоэлектродов, но с поврежденной или загрязненной керамической изоляцией освобождают от изоляции и армируют запасной керамической трубкой.

8.4.2 Термопреобразователи, подвергнутые переармированию или другим пластическим деформациям, а также термопреобразователи перед первичной поверкой и (или) калибровкой отжигают следующим образом:

8.4.2.1 Перед отжигом свободные концы термопреобразователей освобождают от гибких изоляционных трубок.

8.4.2.2 Термопреобразователи (не более четырех штук) помещают в трубчатую печь на глубину (300±5) мм, отжигают в течение 1 ч при температуре (1100±20) °С и охлаждают вместе с печью до температуры воздуха в помещении. Рекомендуется помещать термопреобразователи в печь в защитной кварцевой пробирке во избежание загрязнения рабочего конца и термоэлектродов.

8.5 Подключение свободных концов термопреобразователей к средству измерений ТЭДС осуществляют следующим образом:

8.5.1 Схема подключения свободных концов термопреобразователей к средству измерений ТЭДС должна соответствовать эксплуатационным документам на средство измерений ТЭДС и способу измерений (измерение ТЭДС эталонных термопреобразователей и рабочего эталона более высокого разряда).

8.5.2 При передаче единицы температуры методом непосредственного сличения с эталонным термоэлектрическим преобразователем более высокого разряда, допускается одновременная поверка (калибровка) до 3 термопреобразователей с использованием коммутатора сигналов термопреобразователей.

8.5.3 Пример схемы подключения при измерении ТЭДС термопреобразователей в случае использования коммутатора сигналов термопреобразователей приведен на рисунке 1 (соединение термоэлектродов и проводников кабелей средства измерений ТЭДС осуществляется накруткой, как описано в 8.5.4).

******

TC1, TC2 − термопреобразователи, TU1 − термостат для свободных концов термопреобразователей, S1 – коммутатор сигналов термопреобразователей, V1 − средство измерений ТЭДС, TC1+ − обозначение места подключения проводника от положительного термоэлектрода термопреобразователя ТС1, TC1− − обозначение места подключения проводника от отрицательного термоэлектрода термопреобразователя ТС1, TC2+ − обозначение места подключения проводника от положительного термоэлектрода термопреобразователя ТС2, TC2− − обозначение места подключения проводника от отрицательного термоэлектрода термопреобразователя ТС2

Рисунок 1 − Схема подключения при измерении ТЭДС с использованием

коммутатора сигналов термопреобразователей

8.5.4 Присоединение проводника кабеля к термоэлектродам свободных концов термопреобразователя осуществляют как показано на рисунке 2 или иным способом, обеспечивающим надёжный контакт и целостность термоэлектродов термопреобразователя, место соединения помещают в пробирку и погружают в термостат для свободных концов, заполненный тающим мелкодисперсным льдом, на глубину не менее 180 мм так, чтобы пробирка была на расстоянии не менее 20 мм от стенки термостата.



1 − пробирка, 2 − уплотнение из ваты хлопчатобумажной по ГОСТ 5679, 3 − термоэлектрод (свободный конец), 4 − проводник кабеля средства измерений ТЭДС, 5 − соединение накруткой на термоэлектрод проводника кабеля или вспомогательного проводника (проволоки) из меди

Рисунок 2 − Схема присоединения проводника кабеля к термоэлектроду

свободного конца термопреобразователя

8.6 Заполнение термостата мелкодробленым тающим льдом для термостатирования свободных концов термопреобразователей осуществляют следующим образом.

8.6.1 При помощи устройства для дробления льда из льда, приготовленного из дистиллированной или отстоявшейся в течение не менее 1 ч водопроводной воды, подготавливают мелкодроблёный лед с преимущественным содержанием фракций менее 3 мм. Допускается наличие до 10 % фракций (3-5) мм, наличие фракций более 5 мм не допускается.

8.6.2 Полностью заполняют рабочий объём термостата мелкодроблёным льдом.

8.6.3 Заливают в камеру термостата дистиллированную или отстоявшуюся в течение не менее 1 ч водопроводную воду, постоянно тщательно перемешивая и уплотняя водо-ледяную смесь вручную. Достаточность количества воды определяют визуально по однородности получаемой смеси и экспериментальной оценкой: правильно приготовленная смесь должна быть достаточно плотной, чтобы пробирка для свободных концов термопреобразователя не тонула под собственным весом, и достаточно рыхлой, чтобы пробирка при несильном нажатии погружалась почти на полную глубину, при этом фракции льда должны быть чётко различимы и уровень воды в термостате должен быть одинаковым с уровнем льда и быть на (5 - 10) мм ниже верхнего края рабочего объема термостата.

### 9 Проведение поверки и (или) калибровки

9.1 Внешний осмотр

9.1.1 Проверяют наличие паспорта на термопреобразователь при представлении его на первичную поверку (калибровку), протокола при представлении на периодическую поверку, сертификата и протокола калибровки при представлении на калибровку.

9.1.2 Проверяют комплектность, упаковку, маркировку термопреобразователя на соответствие требованиям ГОСТ Р 52314 и эксплуатационных документов на термопреобразователь конкретного типа.

9.1.3 Проверяют отсутствие явных повреждений элементов конструкции, нарушений электрической цепи.

Рабочий конец термопреобразователя должен иметь гладкую (без раковин) блестящую поверхность.

Допускается наличие не более одной точки сварки по длине свободных концов термопреобразователя (при проведении периодической поверки или калибровки).

9.1.4 Результаты считают положительными, если термопреобразователь удовлетворяет требованиям 9.1.1-9.1.3.

9.2 Определение нестабильности

9.2.1 Нестабильность термопреобразователей при первичной поверке (калибровке) определяют по изменению ТЭДС при температуре в реперной точке затвердевания меди, *tCU* = 1084,620 °С, после отжига в трубчатой печи в течение (2,5±0,5) ч при температуре (1100±20) °С и глубине погружения (300±5) мм.

Значение ТЭДС термопреобразоватепей при температуре, соответствующей реперной точке меди определяют:

- для 1-го разряда − в расплавленном металле по 9.5, но на одной "площадке" затвердевания меди;

- для 2-го и 3-го разрядов − поэлектродным сличением по 9.6.3.

Значение нестабильности ΔЕНСТ рассчитывают по формулам:

- при первичной поверке (калибровке)

*ΔЕНСТ* = *E2(tCU)* − *E1(tCU)*, (1)

- при периодической поверке (калибровке)

*ΔЕНСТ* = *E1(tCU)* − *Eсв*, (2)

где *E1(tCU)* − ТЭДС термопреобразователя при температуре 1084,62 °С до отжига, мкВ;

*E2(tCU)* − ТЭДС термопреобразователя при температуре 1084,62 °С после отжига, мкВ;

*Eсв* − ТЭДС термопреобразователя при температуре 1084,62 °С из свидетельства о предыдущей поверке (сертификате калибровки), мкВ.

9.2.2 Изменение ТЭДС термопреобразователей в реперной точке меди после отжига должно находиться в интервалах ±3 мкВ, ±6 мкВ и ±8 мкВ для термопреобразователей 1, 2 и 3-го разрядов соответственно.

Термопреобразователи, не удовлетворяющие этому требованию, переводят в более низкий разряд или присваивают статус рабочих термопреобразователей или признают непригодными к применению.

9.2.3 Изменение значений ТЭДС термопреобразователей в реперной точке меди за интервал между поверками (калибровками) должно находиться в интервалах ±5 мкВ/год, ±8 мкВ/год и ±10 мкВ/год для термопреобразователей 1, 2 и 3-го разрядов соответственно.

Термопреобразователи, не удовлетворяющие этому требованию, переводят в более низкий разряд или присваивают им статус рабочих термопреобразователей или признают непригодными к применению.

9.2.4 Результаты определения нестабильности приводят в протоколе поверки (калибровки).

9.3 Определение неоднородности

9.3.1 Неоднородность термопреобразователей определяют сравнением ТЭДС при максимальной глубине погружения в ампулу реперной точки затвердевания меди и при подъёме термопреобразователя на (50±5) мм относительно этого положения или поэлектродным сличением с термопреобразователем – эталоном более высокого разряда при погружении в трубчатую печь на глубину (250±5) и (300±5) мм при температуре (1100±20) °С, как показано на рисунке 3.



а) б)

(а) в реперной точке; (б) сличением с термопреобразователем − эталоном более высокого разряда

Рисунок 3 – Схема размещения термопреобразователей при определении неоднородности

9.3.2 При определении неоднородности термопреобразователя в ампуле реперной точки затвердевания меди, значение неоднородности ΔЕНЕОД определяют по формуле

*ΔЕНЕОД* = *E2(tCU)* − *E1(tCU)*, (3)

где *E1(tCU)* − ТЭДС, измеренная при максимальной глубине погружения в ампулу реперной точки, мкВ;

*E2(tCU)* − ТЭДС, измеренная после подъема термопреобразователя на (50±5) мм, мкВ.

9.3.3 При определении неоднородности термопреобразователя поэлектродным сличением с термопреобразователем − рабочим эталоном более высокого разряда, значение неоднородности, *ΔЕНЕОД*, определяют по формуле

*ΔЕНЕОД* = (*ΔЕ300+* – *ΔЕ300–*) – (*ΔЕ250+* – *ΔЕ250–*) – *ΔЕНЕОД(Э)*, (4)

где *ΔЕ300+*– разность ТЭДС положительного термоэлектрода термопреобразователя − рабочего эталона более высокого разряда (цепь «–» милливольтметра) и положительного термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя (цепь «+» милливольтметра) при погружении в трубчатую печь на глубину (300±5) мм, мкВ;

*ΔЕ300–*– разность ТЭДС отрицательного термоэлектрода термопреобразователя − рабочего эталона более высокого разряда (цепь «–» милливольтметра) и отрицательного термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя (цепь «+» милливольтметра) при погружении в трубчатую печь на глубину (300±5) мм, мкВ;

*ΔЕ250+*– разность ТЭДС положительного термоэлектрода термопреобразователя − рабочего эталона более высокого разряда (цепь «–» милливольтметра) и положительного термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя (цепь «+» милливольтметра) при погружении в трубчатую печь на глубину (250±5) мм, мкВ;

*ΔЕ250–*– разность ТЭДС отрицательного термоэлектрода термопреобразователя − рабочего эталона более высокого разряда (цепь «–» милливольтметра) и отрицательного термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя (цепь «+» милливольтметра) при погружении в трубчатую печь на глубину (250±5) мм, мкВ;

*ΔЕНЕОД(Э)*– известное значение неоднородности термопреобразователя − рабочего эталона более высокого разряда или равно нулю, в случае, если это значение неизвестно (не указано в протоколе поверки или калибровке термопреобразователя), мкВ.

9.3.4 При поверке пригодность термопреобразователей оценивают, сравнивая полученные результаты с требованиями, приведённым в таблице 2.

Таблица 2 – Значения допускаемой неоднородности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид поверки | Значения допускаемой неоднородности для  термопреобразователей, мкВ (±) | | |
| разрядов | | |
|  | 1 | 2 | 3 |
| Первичная | 3 | 3 | 3 |
| Периодическая | 3 | 6 | 8 |

9.3.5 Термопреобразователи, не удовлетворяющие требованиям допускаемой неоднородности, переводят в более низкий разряд или присваивают им статус рабочих термопреобразователей или признают непригодными к применению.

9.3.6 Полученное при измерении неоднородности термопреобразователя в реперной точке затвердевания меди значение неоднородности указывают в протоколе поверки (калибровки). Значение неоднородности, полученное поэлектродным сличением, указывают в протоколе поверки (калибровки), если при его определении использовалось ранее полученное значение ΔЕНЕОД(Э).

9.4 Определение показателя чистоты платинового термоэлектрода термопреобразователя

9.4.1 Показатель чистоты платинового термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя определяют при первичной поверке (калибровке) по формуле

(5)

где и – показатели чистоты платинового термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя и эталонного платинового термоэлектрода (далее – ЭТП) соответственно;

– ТЭДС пары, образованной платиновым термоэлектродом поверяемого (калибруемого) термопреобразователя и ЭТП, при температуре (1100±10) °С и при температуре свободных концов термопреобразователя 0 °С;

*K* – коэффициент, равный 0,4·10-4 при температуре (1100±10) °С.

Примечание – Понижению на 1·10-4 соответствует положительное приращение ТЭДС платинового термоэлектрода на 2,5 мкВ при температуре (1100±10) °С.

9.4.2 Определение показателя чистоты платинового термоэлектрода  термопреобразователей 1-го разряда проводят отдельно от измерения ТЭДС в реперных точках, а термопреобразователей 2-го и 3-го разрядов - совместно с измерением ТЭДС при температуре, близкой к реперной точке меди.

9.4.3 Операции сличения платиновых термоэлектродов выполняют по 9.5.2, 9.5.3, заложив в пучок поверяемых (калибруемых) термопреобразователей ЭТП. Свободные концы термопреобразователей и ЭТП термостатируют при температуре 0 °С. При этом термоэлектрод ЭТП должен быть подключен к зажиму электроизмерительного прибора по 5.1.6, помеченному знаком "-" (минус).

Примечание - Допускается при определении Wпов термопреобразователей 2-го и 3-го разрядов вместо ЭТП использовать платиновый термоэлектрод рабочего эталона 1-го разряда, показатель чистоты которого должен быть не менее 1,3920.

9.4.4 по результатам измерений вычисляют среднее арифметическое значение для серии измерений для каждого платинового термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя и вычисляют значение показателя чистоты Wпов по формуле (5). Значение Wпов округляют до 0,0001.

9.4.5 Значение показателя чистоты платиновых термоэлектродов поверяемых (калибруемых) термопреобразователей должно быть не менее 1,3920.

Термопреобразователям, не удовлетворяющим этому требованию, присваивают статус рабочих термопреобразователей или бракуют.

9.4.6 Результаты определения чистоты платинового термоэлектрода при первичной поверке (калибровке) указывают в протоколе первичной поверки (калибровки).

9.5 Определение индивидуальной характеристики преобразования

9.5.1 Определение индивидуальной характеристики преобразования термопреобразователя в реперных точках МТШ 90 при первичной (периодической) поверке (калибровке) проводят в реперных точках металлов методом прямых измерений ТЭДС в следующей последовательности:

- в точке затвердевания меди (1084,620 °С);

- в точке затвердевания алюминия (660,323 °С);

- в точке затвердевания цинка (419,527 °С).

Порядок операций, проводимых в расплавленных металлах, единый для всех реперных точек.

9.5.1.1 Подготавливают установки для реализации реперных точек к работе в соответствии с эксплуатационными документами.

9.5.1.2 Металл в ампулах реперных точек нагревают до температуры, превышающей температуру его затвердевания на 10 °С. Выдерживают расплавленный металл при этой температуре в течение (10‑15) мин. Температуру в ампуле реперной точки (далее - ампула) контролируют, используя контрольный платинородий-платиновый термопреобразователь.

Из ампулы удаляют контрольный термопреобразователь и заменяют его на поверяемый (калибруемый) термопреобразователь.

9.5.1.3 Термостатируют свободные концы поверяемого (калибруемого) термопреобразователя при температуре 0 °С и подключают их к электроизмерительному прибору по 5.1.6.

9.5.1.4 Снижают значение силы тока в обмотке печи до значения, при котором металл в ампуле охлаждается со скоростью от 0,5 до 1,5 °С/мин, обеспечивая "площадку" затвердевания металла.

9.5.1.5 Выполняют не менее пяти измерений ТЭДС, Et, термопреобразователя на "площадке" затвердевания с точностью до 0,1 мкВ.

9.5.1.6 После окончания измерений ТЭДС в реперных точках металлов термопреобразователь медленно извлекают из ампулы и охлаждают до температуры воздуха в помещении.

9.5.1.7 При первичной поверке (калибровке) термопреобразователя измерения в реперных точках меди, алюминия и цинка повторяют на двух "площадках" затвердевания металла.

9.5.1.8 Вычисляют средние арифметические значения ТЭДС, t, для каждой реперной точки и записывают их в протоколе поверки (калибровки), форма которых приведена в приложении А и приложении Б соответственно.

9.5.1.9 Расхождение отдельных результатов измерений ТЭДС термопреобразователя на двух "площадках" затвердевания меди не должно превышать 2 мкВ, а на "площадках" затвердевания цинка и алюминия - 1,5 мкВ.

9.5.1.10 Если расхождение превышает вышеуказанные значения, необходимо провести измерения на третьей "площадке" затвердевания меди.

9.5.1.11 Если расхождение отдельных результатов измерений ТЭДС термопреобразователя на третьей и второй "площадках" затвердевания меди превышает 2 мкВ, термопреобразователь следует отжечь по 8.4.2 и повторить измерения для получения четвертой "площадки".

9.5.1.12 Если расхождение отдельных результатов измерений ТЭДС термопреобразователя на четвертой и третьей "площадках" составляет более 2 мкВ, термопреобразователь бракуют.

9.5.1.13 При периодической поверке (калибровке) допускаются однократные измерения термопреобразователя в реперных точках меди, алюминия и цинка, если расхождение результата измерений в реперной точке меди с соответствующим значением из свидетельства о предыдущей поверке (сертификате калибровки) не превышает 5 мкВ. В остальных случаях измерения выполняют дважды в каждой реперной точке.

9.5.1.14 Значения ТЭДС термопреобразователей в реперных точках должны соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Допускаемое отклонение ТЭДС термопреобразователя от номинального значения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура рабочего конца термопреобразователя, °С | Номинальное значение ТЭДС, мкВ | Допускаемое отклонение ТЭДС от номинального значения, мкВ (±) |
| 419,527 | 3447 | 14 |
| 660,323 | 5860 | 17 |
| 1084,62 | 10574 | 30 |

9.5.1.15 Термопреобразователи, не удовлетворяющие требованиям 9.5.14, переводят в рабочие термопреобразователи или бракуют.

9.5.2 Определение индивидуальной характеристики преобразования термопреобразователя при поверке (калибровке) методом поэлектродного сличения с эталонным термопреобразователем более высокого разряда

9.5.2.1 Определение индивидуальной характеристики преобразования термопреобразователя выполняют при температурах, близких к температурам затвердевания меди, алюминия и цинка с отклонением от них не более 10 °С, начиная с температуры, соответствующей точке затвердевания меди.

9.5.2.2 Поверяемые (калибруемые) термопреобразователи, подлежащие сличению, складывают в общий плотный пучок с эталонным термопреобразователем более высокого разряда, выравнивают рабочие концы и обвязывают армирующие керамические трубки в двух местах отрезками платиновой проволоки. Общее число термопреобразователей в пучке должно быть не более пяти вместе с эталонным термопреобразователем.

9.5.2.3 Вытягивают на (12-15) мм из керамических трубок рабочие концы термопреобразователей и плотно стягивают их друг с другом вблизи спаев несколькими витками платиновой проволоки, при этом электрический контакт между отдельными термоэлектродами должен быть образован только в месте их связки.

9.5.2.4 Пучок термопреобразователей помещают в рабочее пространство печи N 2 на глубину (300±5) мм и центрируют его по оси печи.

Рекомендуется для выравнивания температурного поля в центральной зоне печи использовать выравнивающие никелевые блоки.

9.5.2.5 Свободные концы всех термопреобразователей термостатируют при одной и той же температуре по 8.5.4 или при температуре 0 °С по 8.6 и подключают к электроизмерительному прибору по 5.1.6 в соответствии с указаниями эксплуатационных документов на него по схеме, приведенной в приложении В.

9.5.2.6 Нагревают печь до температуры, близкой к температуре затвердевания металлов. Отклонение от нее не должно превышать 10 °С. Измерение ТЭДС преобразователя начинают с температуры (1084±10) °С. Температуру в печи контролируют по показаниям эталонного термопреобразователя в пучке в начале и конце серии измерений.

Изменение температуры в печи при поэлектродном сличении за серию измерений не должно превышать 5 °С.

9.5.2.7 Порядок измерений при поэлектродном сличении:

а) измеряют ТЭДС эталонного термопреобразователя;

б) последовательно измеряют ТЭДС между платинородиевым термоэлектродом эталонного термопреобразователя и платинородиевым термоэлектродом поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, *Δeпр*, затем измеряют ТЭДС между платиновым термоэлектродом эталонного термопреобразователя *Δeпл*.

Измерения ТЭДС выполняют, переходя последовательно от первого поверяемого (калибруемого) термопреобразователя к последнему, затем повторяют измерения в обратном порядке до получения требуемого числа отсчетов.

Число отсчетов должно быть равно четырем для каждого термоэлектрода при поверке (калибровке) термопреобразователей 2-го разряда и двум - для термопреобразователей 3-го разряда;

в) измеряют ТЭДС эталонного термопреобразователя.

9.5.2.8 Последовательность измерений при поэлектродном сличении приведен в приложе- нии Г.

9.5.2.9 Значения ТЭДС между платинородиевыми Δeпр и платиновыми термоэлектродами *Δeпл* поверяемых (калибруемых) термопреобразователей определяют с округлением до 1 мкВ с учетом знака в паре с одноименными термоэлектродами эталонного термопреобразователя и записывают в протокол поверки, форма которого приведена в приложении А и протокол калибровки, форма которого приведена в приложении Б.

9.5.2.10 Измерения ТЭДС термопреобразователей проводят на глубинах погружения в печь 300 мм и 250 мм, совмещая определение индивидуальной характеристики преобразования при поверке (калибровке) термопреобразователей с определением неоднородности и нестабильности термопреобразователей.

9.5.3 Определение индивидуальной характеристики преобразования методом непосредственного сличения с термопреобразователем − эталоном более высокого разряда, подключенным к измерительному каналу 1 (ТЭДС E1) и прямыми измерениями ТЭДС поверяемых (калибруемых) термопреобразователей

9.5.3.1 При определении ТЭДС непосредственным сличением с эталонным термопреобразователем более высокого разряда выполняют следующие операции:

9.5.3.2 Проводят подготовительные операции по 9.5.2.2-9.5.2.3.

9.5.3.3 Термоэлектроды всех поверяемых (калибруемых) термопреобразователей термостатируют при температуре 0 °С и подключают к электроизмерительному прибору по 5.1.6 по схеме, приведенной в приложении В.

9.5.3.4 Нагревают печь № 2 до заданной температуры. Температуру контролируют с помощью эталонного термопреобразователя более высокого разряда, с которым проводят сличение, в начале и конце измерений. Изменение температуры за время серии измерений должно быть плавным и не должно превышать 1 °С.

9.5.3.5 Значения ТЭДС поверяемых (калибруемых) термопреобразователей *Eпов* и эталонного *Eэт* измеряют, начиная с эталонного и кончая последним поверяемым (калибруемым). Затем все измерения повторяют в обратном порядке до получения не менее четырех отсчетов ТЭДС для каждого термопреобразователя. Полученные результаты округляют до 1 мкВ.

9.5.3.6 Последовательность измерений при непосредственном сличении приведен в приложении Г.

9.5.3.7 Измерения ТЭДС термопреобразователей проводят на глубинах погружения в печь 300 мм и 250 мм, совмещая определение индивидуальной характеристики преобразования при поверке (калибровке) термопреобразователей с определением неоднородности и нестабильности термопреобразователей.

**10 Обработка результатов измерений**

10.1 Нестабильность термопреобразователей рассчитывают по формулам (1)-(2).

10.2 Неоднородность термопреобразователей рассчитывают по формулам (3)-(4).

10.3 Показатель чистоты платинового термоэлектрода поверяемого (калибруемого) термопреобразователя рассчитывают только при первичной поверке (калибровке) по формуле (5).

10.4 Определение погрешности термопреобразователя при поверке (калибровке) в реперных точках

10.4.1 Доверительные границы абсолютной погрешности термопреобразователя в *j*-ой реперной точке, δj, °С, при *P* = 0,95 рассчитывают в соответствии с ГОСТ 8.381 по формуле

, (6)

где *Sij* – СКО *i*-ой составляющей абсолютной погрешности в *j*-ой реперной точке, °С;

*К* –коэффициент, который рассчитывают по формуле , (7)

где *Sj* – CКО случайной составляющей абсолютной погрешности в *j*-ой реперной точке, °С;

*Δij* – *i*-я составляющая систематической погрешности в *j*-ой реперной точке, °С;

*t* – коэффициент Стьюдента для числа измерений *m* и *Р*=0,95.

10.4.2 Перечень составляющих абсолютной погрешности термопреобразователей при поверке (калибровке) в реперных точках приведен в приложении Д.

10.4.3 Результаты поверки считают положительными, если полученные значения абсолютной погрешности термопреобразователя соответствующего разряда в реперных точках МТШ - 90 находятся в доверительных границах погрешности, указанных в таблице 4.

Термопреобразователи, не удовлетворяющие этому требованию, переводят в рабочий эталон более низкого разряда или признают непригодными к применению.

Таблица 4 – Доверительные границы абсолютной погрешности термопреобразователей

в реперных точках МТШ - 90

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Температура  реперной точки по МТШ-90, °С | Доверительные границы абсолютной погрешности  эталонных термопреобразователей, °С (±) | | |
| 1 разр. | 2 разр. | 3 разр. |
| 419,527 | 0,25 | 0,48 | 0,96 |
| 660,323 | 0,36 | 0,64 | 1,3 |
| 1084,62 | 0,55 | 0,92 | 1,9 |

10.5 Определение расширенной неопределенности измерений при калибровке термопреобразователя в реперных точках

10.5.1 Расширенную неопределённость при калибровке термопреобразователя в *j*-ой реперной точке, *Uj*, °С, при *P* = 0,95 рассчитывают по формуле

, (8)

где *ui* – *i*-я составляющая стандартной неопределенности в j-реперной точке, °С;

*k*=2 – коэффициент охвата для уровня доверия 0,95.

10.5.2 Перечень составляющих стандартной неопределенности приведен в приложении Д.

10.5.3 Результаты калибровки считают положительными, если полученные значения расширенной неопределенности не превышают целевой расширенной неопределенности, указанной в заявке на калибровку термопреобразователя.

10.5.4 Индивидуальную характеристику преобразования термопреобразователя 1-го разряда при поверке (калибровке) в реперных точках представляют в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Значения ТЭДС в реперных точках МТШ-90

|  |  |
| --- | --- |
| Значение температуры в реперной точке, °С | ТЭДС, мкВ |
| 419,527 |  |
| 660,323 |  |
| 1084,620 |  |

10.5.5 Пример расчета расширенной неопределенности при калибровке эталонного термопреобразователя 1-го разряда приведен в приложении Е.

10.6 Обработка результатов измерений при поверке (калибровке) термопреобразователей методом непосредственного сличения

10.6.1 По отсчетам ТЭДС каждого поверяемого (калибруемого) термопреобразователя и ТЭДС эталонного термопреобразователя вычисляют их средние арифметические значения и с округлением до 1 мкВ. Для каждой глубины погружения в печь (далее - глубина погружения) и температуры вычисления выполняют раздельно.

10.6.2 По средним значениям ТЭДС определяют значение температуры , при которой проведено сличение, по формуле

, (9)

где – значение ТЭДС из свидетельства о поверке (сертификате калибровки) эталонного термопреобразователя в точках затвердевания металлов, мВ;

 – значение температуры реперной точки, заданное при сличении, °С;

– приращение ТЭДС эталонного термопреобразователя на единицу температуры (чувствительность), мВ/°С, при температурах реперных точек:

- при 419,527 °С 9,6·10 мВ/°С;

- при 660,323 °С 10,4·10 мВ/°С;

- при 1084,62 °С 11,9·10 мВ/°С.

10.6.3 Вычисляют разности средних арифметических значений ТЭДС каждого поверяемого (калибруемого) термопреобразователя и эталонного термопреобразователя на глубинах погружения 250 и 300 мм по формуле

. (10)

10.6.4 Дальнейшую обработку результатов измерений проводят по 10.4-10.5 с учетом составляющих погрешности (неопределенности), приведенных в приложении Ж.

10.6.5 Результаты измерений и их обработки приводят в протоколе поверки (калибровке), формы которых приведены в приложении А и Б.

10.7 Обработка результатов измерений при поверке (калибровке) термопреобразователей методом поэлектродного сличения

10.7.1 Рассчитывают значения ТЭДС каждого поверяемого (калибруемого) термопреобразователя для целых сотен градусов Цельсия в диапазоне температур от 300 °С до 1200 °С и заполняют таблицу приложения А при поверке и таблицу приложения Б при калибровке. Расчет выполняют по формуле

. (11)

Значения , , в зависимости от ТЭДС поверяемого (калибруемого) термопреобразователя в реперных точках цинка (), алюминия (), меди () и температуры приведены в таблицах приложения К.

Рассчитанные значения , , записывают в протокол поверки (калибровки) и суммируют для каждого значения температуры.

10.7.2 Проверяют правильность расчетов , вычисляя первые и вторые разности между соседними значениями ТЭДС. Любые два значения вторых разностей не должны отличаться друг от друга более чем на 2 мкВ.

10.7.3 После проверки по 10.7.2 рассчитанные значения ТЭДС при 1200 °С уменьшают на 8 мкВ для приведения к МТШ-90 [2].

11 Оформление результатов поверки (калибровки)

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А.

11.2 При положительных результатах поверки термопреобразователь признают пригодным к применению в качестве рабочего эталона соответствующего разряда и оформляют результаты поверки в соответствии с [5]. Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с [6].

11.3 Результаты калибровки оформляют протоколом, рекомендуемая форма которого приведена в приложении Б, и оформляют сертификат калибровки в соответствии с Системой менеджмента качества, принятой в организации, аккредитованной на право калибровки средств измерений температуры.

11.4 Сведения о результатах калибровки термопреобразователя передают в Федеральную государственную информационную систему в области аккредитации в соответствии с [7].

**Приложение А**

**(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки термопреобразователей**

Протокол поверки № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_

А.1 Сведения о средстве измерений:

Тип средства измерений (СИ):

Заводской номер СИ:

Год выпуска СИ:

СИ представлено на поверку: (наименование организации)

Регистрационный номер в ФИФ ОЕИ:

Методика поверки:

Интервал между поверками:

Вид поверки: первичная (периодическая)

Разряд СИ:

Таблица А.1 – Средства поверки:

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование, тип, рег.№, зав.№ | Сведения о поверке |
|  |  |

А.2 Условия поверки:

Температура окружающего воздуха \_\_\_\_\_\_\_\_°C

Относительная влажность окружающего воздуха \_\_\_\_\_\_\_\_\_ %

Атмосферное давление \_\_\_\_\_\_\_\_\_кПа

Свободные концы термопреобразователей термостатированы при температуре тающего льда в термостате, температура термостатирования свободных концов термопреобразователей: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ °С

А.3 Результаты поверки:

А.3.1 Результаты внешнего осмотра: Механические повреждения \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_,

комплектность, маркировка, упаковка и внешний вид \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(соответствуют, не соответствует) требованиям

Таблица А.2 – Результаты определения нестабильности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| измеренные значения | после отжига, при первичной поверке (из протокола, при периодической) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение |  |  |
| Нестабильность |  | |

Нестабильность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(соответствует, не соответствует) требованиям.

Таблица А.3 – Результаты определения неоднородности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| при максимальной глубине | после подъема на 50 мм |
| E+ |  |  |
| E+ |  |  |
| E+ |  |  |
| E+ |  |  |
| E– |  |  |
| E– |  |  |
| E– |  |  |
| E– |  |  |
| Среднее значение (*E+*) – (*E–*) |  |  |
| Неоднородность |  | |

Неоднородность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(соответствует, не соответствует) требованиям.

А.4 Результаты определения индивидуальной характеристики преобразования

Таблица А.4 – Результаты определения при температуре 1084,62 °С

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| серия измерений 1 (3) | серия измерений 2 (4) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение из серии |  |  |
| Разность между сериями |  | |
| Среднее значение из двух (четырех) серий |  | |
| Отклонение от номинального значения |  | |
| Доверительные границы абсолютной  погрешности, °С |  | |

Таблица А.5 – Результаты определения при температуре 660,323 °С

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| серия измерений 1 (3) | серия измерений 2 (4) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение из серии |  |  |
| Разность между сериями |  | |
| Среднее значение из двух (четырех) серий |  | |
| Отклонение от номинального значения |  | |
| Доверительные границы абсолютной  погрешности, °С |  | |

Таблица А.6 – Результаты определения при температуре 419,527 °С

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| серия измерений 1 (3) | серия измерений 2 (4) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение из серии |  |  |
| Разность между сериями |  | |
| Среднее значение из двух (четырех) серий |  | |
| Отклонение от номинального значения |  | |
| Доверительные границы абсолютной  погрешности, °С (Р=0,95) |  | |

Таблица А.7 – Результаты измерений ТЭДС при температуре свободных концов 0 °С

|  |  |
| --- | --- |
| Температура, °С | ТЭДС, мкВ |
|  |  |

Таблица А.8 – Индивидуальная характеристика преобразования

| Температура, °С | ТЭДС, мкВ |
| --- | --- |
| 300 |  |
| 400 |  |
| 500 |  |
| 600 |  |
| 700 |  |
| 800 |  |
| 900 |  |
| 1000 |  |
| 1100 |  |
| 1200 |  |

Заключение: Термопреобразователь поверен в соответствии с МТШ-90 по реперным точкам температуры и \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(соответствует, не соответствует) требованиям к рабочему эталону \_\_\_\_\_\_ разряда по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры».

Поверитель: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (фамилия, И.О.)

Подпись

**Приложение Б**

**(рекомендуемое)**

**Форма протокола калибровки термопреобразователей**

Протокол калибровки № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_

Б.1 Сведения о средстве измерений:

Тип средства измерений (СИ):

Заводской номер СИ :

Год выпуска СИ:

СИ представлено на калибровку: (наименование организации)

Методика калибровки:

Вид калибровки: первичная (периодическая)

Разряд СИ:

Таблица Б.1 – Средства калибровки:

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование, тип, рег.№, зав.№ | Сведения о калибровке |
|  |  |

Б.2 Условия калибровки:

Температура окружающего воздуха \_\_\_\_\_\_\_\_°C

Относительная влажность окружающего воздуха \_\_\_\_\_\_\_\_\_ %

Атмосферное давление \_\_\_\_\_\_\_\_\_кПа

Свободные концы термопреобразователей термостатированы при температуре тающего льда в термостате, температура термостатирования свободных концов термопреобразователей: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ °С

Б.3 Результаты калибровки:

Б.3.1 Результаты внешнего осмотра: Механические повреждения \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_,

комплектность, маркировка, упаковка и внешний вид \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(соответствуют, не соответствует) требованиям

Таблица Б.2 – Результаты определения нестабильности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| измеренные значения | после отжига, при первичной калибровке (из протокола, при периодической) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение |  |  |
| Нестабильность |  | |

Нестабильность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(соответствует, не соответствует) требованиям.

Таблица Б.3 – Результаты определения неоднородности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| при максимальной глубине | после подъема на 50 мм |
| *E+* |  |  |
| *E+* |  |  |
| *E+* |  |  |
| *E+* |  |  |
| *E–* |  |  |
| *E–* |  |  |
| *E–* |  |  |
| *E–* |  |  |
| Среднее значение (*E+*) – (*E–*) |  |  |
| Неоднородность |  | |

Неоднородность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(соответствует, не соответствует) требованиям.

Б.4 Результаты определения индивидуальной характеристики преобразования

Таблица Б.4 – Результаты определения при температуре 1084,62 °С

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| серия измерений 1 (3) | серия измерений 2 (4) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение по серии |  |  |
| Разность между сериями |  | |
| Среднее значение из двух (четырех) серий |  | |
| Отклонение от номинального значения |  | |
| Значение расширенной неопределенности  (к=2, |  | |

Таблица Б.5 – Результаты определения при температуре 660,323 °С

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| серия измерений 1 (3) | серия измерений 2 (4) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение по серии |  |  |
| Разность между сериями |  | |
| Среднее значение из двух (четырех) серий |  | |
| Отклонение от номинального значения |  | |

Таблица Б.6 – При температуре 419,527 °С

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ТЭДС, мкВ | |
| серия измерений 1 (3) | серия измерений 2 (4) |
| Результаты измерений |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Среднее значение по серии |  |  |
| Разность между сериями |  | |
| Среднее значение из двух (четырех) серий |  | |
| Отклонение от номинального значения |  | |

Заключение: Термопреобразователь прошел калибровку по реперным точкам МТШ и по метрологическим характеристикам может быть отнесен к рабочему эталону \_\_\_\_\_\_ разряда по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры».

Калибровщик: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (фамилия, И.О.)

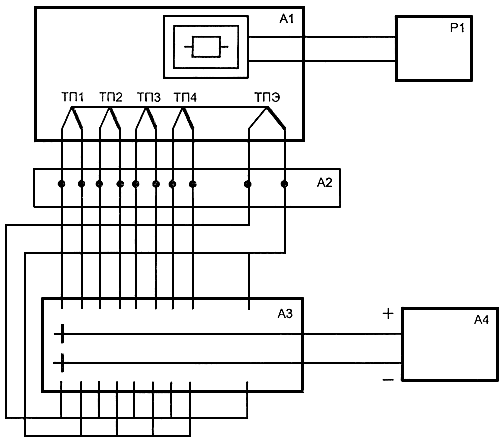
Подпись

**Приложение В**

**(справочное)**

**Электрическая схема подключения термопреобразователей при поэлектродном сличении**

Электрическая схема подключения ТП к установке при поэлектродном сличении представлена на рисунке В.1.



А1 – печь; А2 – термостат для свободных концов ТП; A3 – бестермоточный переключатель; А4 – измерительный потенциометр постоянного тока; Р1 – регулятор напряжения; ТП1, ..., ТП4 – поверяемые (калибруемые) термопреобразователи; ТПЭ – эталонный термопреобразователь

Рисунок В.1 – Электрическая схема подключения ТП к установке при поэлектродном сличении

**Приложение Г**

**(обязательное)**

**Последовательность измерений при поверке (калибровке) термопреобразователей**

Г.1 Последовательность измерений ТЭДС при использовании метода прямых измерений в реперных точках МТШ 90 (рисунок Г.1а)

Измерения выполняют с приблизительно равными интервалами времени при соблюдении следующей последовательности

Г.2 Последовательность измерений ТЭДС при использовании метода поэлектродного сличения (рисунок Г.1б)

Измерения выполняют с приблизительно равными интервалами времени при соблюдении следующей последовательности:

-ТЭДС термопреобразователя – эталона более высокого разряда, разность ТЭДС положительных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 1, разность ТЭДС отрицательных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 1, разность ТЭДС положительных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 2 (если участвует), разность ТЭДС отрицательных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 2 (если участвует), разность ТЭДС положительных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 3 (если участвует), разность ТЭДС отрицательных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 3 (если участвует), разность ТЭДС отрицательных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 3 (если участвует), разность ТЭДС положительных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 3 (если участвует), разность ТЭДС отрицательных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 2 (если участвует), разность ТЭДС положительных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 2 (если участвует), разность ТЭДС отрицательных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 1, разность ТЭДС положительных термоэлектродов термопреобразователя – эталона более высокого разряда и термопреобразователя 1, ТЭДС термопреобразователя – эталона более высокого разряда (описано получение двух измерений), далее – повтор последовательности.

Г.3 Последовательность измерений при непосредственном сличении (рисунок Г.1в)

- ТЭДС термопреобразователя − эталона более высокого разряда, ТЭДС термопреобразователя 1, ТЭДС термопреобразователя 2 (если участвует), ТЭДС термопреобразователя 3 (если участвует), ТЭДС термопреобразователя 3 (если участвует), ТЭДС термопреобразователя 2 (если участвует), ТЭДС термопреобразователя 1, ТЭДС термопреобразователя − эталона более высокого разряда (описано получение двух измерений), далее – повтор последовательности.

Количество измерений *Nx* должно быть не менее 4.

Г.3 Последовательность измерений при поверке (калибровке) термопреобразователей представлена на рисунке Г.1

***E1***

***E1***

***E1***

а) прямые измерения ТЭДС в ампуле реперной точки

***ΔE+n***

***ΔE+*2**

***ΔE-n***

***ΔE-n***

***ΔE-2***

***E1***

//////

//////

**….. …..**

***E1***

***ΔE+n***

***ΔE+2***

повтор

***ΔE-2***

последовательности

б) метод поэлектродного сличения с термопреобразователем − эталоном более высокого разряда, подключенным к измерительному каналу 1 (ТЭДС E1)

***En***

***E2***

***E1***

***E1***

***E2***

***En***

**….** **….** повтор

последовательности

в) непосредственное сличение с термопреобразователем − эталоном более высокого разряда, подключенным к измерительному каналу 1 (ТЭДС *E1*) и прямыми измерениями ТЭДС термопреобразователей (ТЭДС *E2* … *En*)

Рисунок Г.1 – Последовательность измерений ТЭДС при поверке (калибровке)

термопреобразователей

**Приложение Д**

**(справочное)**

**Перечень составляющих погрешности (неопределенности) при поверке (калибровке)**

**термопреобразователей методом прямых измерений в реперных точках МТШ-90**

Таблица Д.1 – Перечень составляющих погрешности (неопределенности) при поверке (калибровке) термопреобразователей методом прямых измерений в реперных точках МТШ-90

| Источник погрешности (неопределённости), обозначение соответствующей погрешности (стандартной неопределённости), единица измерений | Вид  оценивания | Формула для вычисления погрешности (стандартной неопределённости) | Примечания |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 Погрешность (неопределенность) воспроизведения температуры реперных точек ампулами рабочих эталонов 0-го и 1-го разрядов,  *S1*, *u1*, °С | B | ,  где – суммарное среднеквадратическое отклонение погрешности (неопределенности) воспроизведения температуры реперной точки, °С |  |
| 2 Погрешность средства измерений ТЭДС при измерении ТЭДС поверяемого (калибруемого) термопреобразователя (учитывая дискретность измерений), *S2*, *u2*, °С | B | ,  где *Δ2*– пределы допускаемой погрешности средства измерений ТЭДС при заданной температуре, мкВ;  – коэффициент чувствительности поверяемого (калибруемого) термопреобразователя при заданной температуре, мкВ/°С |  |
| 3 Случайные факторы при измерении ТЭДС поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, *S3*, *u3*, °С | A | ,  где *Ei* – *i*-е значение средства измерений ТЭДС при коротком замыкании кабеля на стороне поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, мкВ;  – среднее арифметическое значение Ei за время измерений, мкВ; N – количество зафиксированных значений за время измерений, N ≥ 30 (время измерений – не более 30 мин);  – коэффициент средней чувствительности поверяемого (калибруемого) термопреобразователя в диапазоне температуры, мкВ/°С;  *Nx* − количество измерений, *Nx* ≥ 4 | Определяют однократно перед началом измерений;      − коэффициент чувствительности поверяемого (калибруемого) термо- преобразователя при минимальной температуре, мкВ/°С;  − коэффициент чувствительности поверяемого (калибруемого) термо- преобразователя при максимальной температуре, мкВ/°С |
| 4 Измерение температуры свободных концов поверяемого эталонного термоэлектрического преобразователя, *S4*, *u4*, °С | B | ,  где *Δ4*– пределы допускаемой погрешности термометра, используемого при измерении температуры свободных концов поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, °С |  |
| 5 Изменение температуры свободных концов поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, *S5*, *u5*, °С | B | ,  где *tmax*– наибольшая зафиксированная температура свободных концов поверяемого (калибруемого) термопреобразователя за время измерений, °С; *tmin*– наименьшая зафиксированная температура свободных концов поверяемого (калибруемого) термопреобразователя за время измерений, °С |  |
| 6 Градиент температуры в месте термостатирования свободных концов поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, *S6*, *u6*, °С | B | ,  где *tН* – температура в термостате для термостатирования свободных концов поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, измеренная на уровне 1/3 глубины погружения пробирки вблизи ближайшей к стенке термостата пробирки, °С;  *tL*– температура в термостате для термостатирования свободных концов поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, измеренная на уровне нижнего торца пробирки по центру объема термостата, °С | Определяют однократно перед началом измерений. |
| 7 Нестабильность поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, *S7*, *u7*, °С | B | где *E1(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки (измеренная до отжига при первичной), мкВ;  *E2(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки, измеренная после отжига при первичной (из протокола при периодической) поверки (калибровки) термопреобразователя, мкВ. |  |
| 8 Неоднородность поверяемого (калибруемого) термопреобразователя, *S8*, *u8*, °С | B | ,  где *E2(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки, измеренная при максимальной глубине погружения, мкВ;  *E1(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки, измеренная после подъема термопреобразователя на (50±5) мм, мкВ. |  |
| 9 Показатель чистоты платинового термоэлектрода термопреобразователя | B | ,  где 2,5 мкВ - положительное приращение ТЭДС платинового термоэлектрода при температуре (1100±10) °С, соответствующее понижению на 1·10-4. | Определяют при первичной поверке (калибровке). |

**Приложение Е**

**(рекомендуемое)**

**Пример расчета расширенной неопределенности при калибровке эталонного**

**термопреобразователя 1-го разряда**

Таблица Е.1 – Результаты измерения ТЭДС в реперной точке меди

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер измерения | ТЭДС, мВ | | |
| 1-ая площадка | 2-ая площадка | 3-я площадка |
| 1 | 10,5677 | 10,5680 | 10,5677 |
| 2 | 10,5679 | 10,5679 | 10,5680 |
| 3 | 10,5678 | 10,5678 | 10,5678 |
| 4 | 10,5677 | 10,5680 | 10,5679 |
| 5 | 10,5676 | 10,5679 | 10,5676 |
| 6 | 10,5677 | 10,5681 | 10,5678 |
| 7 | 10,5676 | 10,5678 | 10,5677 |
| 8 | 10,5677 | 10,5680 | 10,5678 |
| 9 | 10,5675 | 10,5681 | 10,5678 |
| 10 | 10,5677 | 10,5680 | 10,5678 |
|  | 10,5677 | 10,5676 | 10,5678 |
|  | 10,5677 | | |
|  | 0,6·10-4 | | |

Таблица Е.2 − Результаты измерения ТЭДС в реперной точке алюминия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер измерения | ТЭДС, мВ | | |
| 1-ая площадка | 2-ая площадка | 3-я площадка |
| 1 | 5,8541 | 5,8549 | 5,8546 |
| 2 | 5,8542 | 5,8550 | 5,8545 |
| 3 | 5,8543 | 5,8547 | 5,8544 |
| 4 | 5,8542 | 5,8548 | 5,8545 |
| 5 | 5,8541 | 5,8549 | 5,8546 |
| 6 | 5,8542 | 5,8547 | 5,8544 |
| 7 | 5,8544 | 5,8548 | 5,8545 |
| 8 | 5,8541 | 5,8550 | 5,8546 |
| 9 | 5,8544 | 5,8549 | 5,8544 |
| 10 | 5,8543 | 5,8548 | 5,8545 |
|  | 5,8542 | 5,8549 | 5,8545 |
|  | 5,8545 | | |
|  | 0,2·10-3 | | |

Таблица Е.3 − Результаты измерения ТЭДС в реперной точке цинка

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер измерения | ТЭДС, мВ | | |
| 1-ая площадка | 2-ая площадка | 3-я площадка |
| 1 | 3,4428 | 3,4431 | 3,4431 |
| 2 | 3,4430 | 3,4430 | 3,4430 |
| 3 | 3,4428 | 3,4432 | 3,4433 |
| 4 | 3,4426 | 3,4431 | 3,4431 |
| 5 | 3,4429 | 3,4430 | 3,4432 |
| 6 | 3,4428 | 3,4432 | 3,4430 |
| 7 | 3,4429 | 3,4431 | 3,4431 |
| 8 | 3,4427 | 3,4430 | 3,4433 |
| 9 | 3,4430 | 3,4433 | 3,4432 |
| 10 | 3,4428 | 3,4432 | 3,4430 |
|  | 3,4428 | 3,4431 | 3,4431 |
|  | 3,4430 | | |
|  | 0,1·10-3 | | |

Таблица Е.4 − Бюджет неопределенности измерений при калибровке в реперной точке меди

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Входная величина | Оценка исходной величины | | Стандартная  неопределенность | | Распределение | Коэффициент чувствительности | | Вклад в *uc* | |
| *xi* | ед. | *ui* | ед. | *ci* | ед. | *ci* | ед. |
| B | Неопределенность воспроизведения температуры реперной ампулой *u1* | 1082,462 | °С | 5,0·10-3 | °С | R | 1,0 | безразм. | 10·10-3 | °С |
| B | Неопределенность средства измерений ТЭДС *u2* | 10,568 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 9,0·10-2 | °С/мкВ | 2,6·10-2 | °С |
| A | СКО измерения ТЭДС *u3* | 10,568 | мВ | 2,9·10-2 | мкВ | N | 9,3·10-3 | °С/мкВ | 2,7·10-4 | °С |
| B | Неопределенность средства измерений температуры свободного конца *u4* | 0,00 | °С | 1,2·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 1,2·10-2 | °С |
| B | Нестабильность температуры свободного конца *u5* | 0,00 | °С | 2,0·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 2,0·10-2 | °С |
| B | Градиент температуры в термостате свободного конца *u6* | 0,00 | °С | 1,5·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 1,5·10-2 | °С |
| В | Нестабильность калибруемого термопреобразователя *u7* | 10,568 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 9,0·10-2 | °С/мкВ | 2,6·10-2 | °С |
| В | Неоднородность калибруемого термопреобразователя *u8* | 10,568 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 9,0·10-2 | °С/мкВ | 2,6·10-2 | °С |
| Стандартная неопределенность типа А, *uA* | | | | | | | | | 2,7·10-4 | °С |
| Стандартная неопределенность типа B, *uB* | | | | | | | | | 5,4·10-2 | °С |
| Суммарная стандартная неопределенность, *uC* | | | | | | | | | 5,4·10-2 | °С |
| Расширенная неопределенность, *U* (*k*=2, *P*=0,95) | | | | | | | | | 1,1·10-1 | °С |

Таблица Е.5 − Бюджет неопределенности измерений при калибровке в реперной точке алюминия

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Входная величина | Оценка исходной величины | | Стандартная  неопределенность | | Распределение | Коэффициент чувствительности | | Вклад в *uc* | |
| *xi* | ед. | *ui* | ед. | *ci* | ед. | *ci* | ед. |
| B | Неопределенность воспроизведения температуры реперной ампулой *u1* | 660,323 | °С | 3,2·10-3 | °С | R | 1,0 | безразм. | 5,0·10-3 | °С |
| B | Неопределенность средства измерений ТЭДС *u2* | 5,8545 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 8,9·10-2 | °С/мкВ | 2,6·10-3 | °С |
| A | СКО измерения ТЭДС *u3* | 5,8545 | мВ | 5,1·10-2 | мкВ | N | 9,3·10-3 | °С/мкВ | 4,7·10-4 | °С |
| B | Неопределенность средства измерений температуры свободного конца *u4* | 0,00 | °С | 1,2·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 1,2·10-2 | °С |
| B | Нестабильность температуры свободного конца *u5* | 0,00 | °С | 2,0·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 2,0·10-2 | °С |
| B | Градиент температуры в термостате свободного конца *u6* | 0,00 | °С | 1,5·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 1,5·10-2 | °С |
| В | Нестабильность калибруемого термопреобразователя *u7* | 5,8545 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 8,9·10-2 | °С/мкВ | 2,6·10-2 | °С |
| В | Неоднородность калибруемого термопреобразователя *u8* | 5,8545 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 8,9·10-2 | °С/мкВ | 2,6·10-2 | °С |
| Стандартная неопределенность типа А, *uA* | | | | | | | | | 4,7·10-4 | °С |
| Стандартная неопределенность типа B, *uB* | | | | | | | | | 5,3·10-2 | °С |
| Суммарная стандартная неопределенность, *uC* | | | | | | | | | 5,3·10-2 | °С |
| Расширенная неопределенность, *U* (*k*=2, *P*=0,95) | | | | | | | | | 1,1·10-1 | °С |

Таблица Е.6 − Бюджет неопределенности измерений при калибровке в реперной точке цинка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Входная величина | Оценка исходной величины | | Стандартная  неопределенность | | Распределение | Коэффициент чувствительности | | Вклад в *uc* | |
| *xi* | ед. | *ui* | ед. | *ci* | ед. | *ci* | ед. |
| B | Неопределенность воспроизведения температуры реперной ампулой *u1* | 419,527 | °С | 2,0·10-3 | °С | R | 1,0 | безразм. | 2,0·10-3 | °С |
| B | Неопределенность средства измерений ТЭДС *u2* | 3,4430 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 1,2·10-1 | °С/мкВ | 3,5·10-2 | °С |
| A | СКО измерения ТЭДС *u3* | 3,4430 | мВ | 3,3·10-5 | мкВ | N | 1,0·10-2 | °С/мкВ | 3,3·10-7 | °С |
| B | Неопределенность средства измерений температуры свободного конца *u4* | 0,00 | °С | 1,2·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 1,2·10-2 | °С |
| B | Нестабильность температуры свободного конца *u5* | 0,00 | °С | 2,0·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 2,0·10-2 | °С |
| B | Градиент температуры в термостате свободного конца *u6* | 0,00 | °С | 1,5·10-2 | °С | R | 1,0 | безразм. | 1,5·10-2 | °С |
| В | Нестабильность калибруемого термопреобразователя *u7* | 3,4430 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 1,2·10-1 | °С/мкВ | 3,5·10-2 | °С |
| В | Неоднородность калибруемого термопреобразователя *u8* | 3,4430 | мВ | 2,9·10-1 | мкВ | R | 1,2·10-1 | °С/мкВ | 3,5·10-2 | °С |
| Стандартная неопределенность типа А, *uA* | | | | | | | | | 3,3·10-7 | °С |
| Стандартная неопределенность типа B, *uB* | | | | | | | | | 6,7·10-2 | °С |
| Суммарная стандартная неопределенность, *uC* | | | | | | | | | 6,7·10-2 | °С |
| Расширенная неопределенность, *U* (*k*=2, *P*=0,95) | | | | | | | | | 1,4·10-1 | °С |

**Приложение Ж**

**(рекомендуемое)**

**Перечень составляющих погрешности (неопределенности) при поверке (калибровке)**

**термопреобразователей непосредственным сличением или поэлектродным сличением с эталонным термопреобразователем более высокого разряда**

Таблица Ж.1 − Перечень составляющих погрешности (неопределенности) при поверке (калибровке) термопреобразователей непосредственным сличением или поэлектродным сличением с эталонным термопреобразователем более высокого разряда

| Источник погрешности (неопределённости), обозначение соответствующей погрешности (стандартной неопределённости), единица измерений | Вид  оценивания | Формула для вычисления погрешности (стандартной неопределённости) | Примечания |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. Используемый термопреобразователь более высокого разряда, *S1*, *u1*, °С | B | ,  где *δ1*– доверительные границы погрешности термопреобразователя более высокого разряда при  *P* = 0,95, °С |  |
| 2.Средство измерений ТЭДС при измерении ТЭДС используемого термопреобразователя более высокого разряда (учитывая дискретность измерений), *S2*, *u2*, °С | B | ,  где *Δ2*– пределы допускаемой погрешности средства измерений ТЭДС при заданной температуре, мкВ;  – коэффициент чувствительности используемого термопреобразователя более высокого разряда при заданной температуре, мкВ/°С | Фактор необходимо учитывать, если для измерения ТЭДС используемого эталонного термоэлектрического преобразователя более высокого разряда и поверяемого (калибруемого) термопреобразователя используют разные средства измерений ТЭДС или разные измерительные каналы одного и того же средства измерений ТЭДС. В случае, когда для измерения ТЭДС используется единственное средство измерений ТЭДС (измерительный канал), учитывать следует только вклад дискретности измерений e, мкВ, по формуле |
| 3.Случайные факторы при измерении ТЭДС используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, *S3*, *u3*, °С | A | ,  где *Ei* – *i*-е значение средства измерений ТЭДС при коротком замыкании кабеля на стороне используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, мкВ;  – среднее арифметическое значение *Ei* за время измерений, мкВ; *N* – количество зафиксированных значений за время измерений, *N* ≥ 30 (время измерений – не более 30 мин);  – среднее значение коэффициента чувствительности используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда в диапазоне температуры , мкВ/°С;  *Nx* − количество измерений, *Nx* ≥ 4 | Определяют однократно перед началом измерений;      − коэффициент чувствительности используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда при минимальной температуре, мкВ/°С;  − коэффициент чувствительности используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда при максимальной температуре, мкВ/°С |
| 4.Нестационарность процесса при измерении ТЭДС используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, *S4*, *u4*, °С | A | ,  где *Ei* – *i*-е значение средства измерений ТЭДС во время измерений, мкВ;  – среднее арифметическое значение Ei за время измерений, мкВ;  – чувствительность используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда при заданной температуре, мкВ/°С;  *Nx* − количество измерений, *Nx* ≥ 4 |  |
| 5.Измерение температуры свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, *S5*, *u5*, °С | B | ,  где *Δ5*– пределы допускаемой погрешности термометра, используемого при измерении температуры свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, °С | Фактор необходимо учитывать, если свободные концы используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда и поверяемого эталонного термопреобразователя термостатированы в разных термостатах. В случае, когда для термостатирования используется единственный термостат, принимают u5= 0 °C |
| 6.Изменение температуры свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, *S6*, *u6*, °С | B | ,  где *tmax*– наибольшая зафиксированная температура свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда за время измерений, °С;  *tmin*– наименьшая зафиксированная температура свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда за время измерений, °С | Фактор необходимо учитывать, если свободные концы используемого эталонного термоэлектрического преобразователя более высокого разряда и поверяемого эталонного термопреобразователя термостатированы в разных термостатах. В случае, когда для термостатирования используется единственный термостат, принимают u6= 0 °C |
| 7.Градиент температуры в месте термостатирования свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, *S7*, *u7*, °С | B | ,  где *tН* – температура в термостате для термостатирования свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, измеренная на уровне 1/3 глубины погружения пробирки вблизи ближайшей к стенке термостата пробирки, °С;  *tL*– температура в термостате для термостатирования свободных концов используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда, измеренная на уровне нижнего торца пробирки по центру объема термостата, °С | Определяют однократно перед началом измерений |
| 8.Средство измерений ТЭДС при измерении ТЭДС поверяемого эталонного термопреобразователя (учитывая дискретность измерений), *S8*, *u8*, °С | B | ,  где *Δ8*– пределы допускаемой погрешности средства измерений ТЭДС при заданной температуре, мкВ;  – коэффициент чувствительности поверяемого (калибруемого) эталонного термопреобразователя при заданной температуре, мкВ/°С | Фактор необходимо учитывать, если для измерения ТЭДС используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда и поверяемого (калибруемого) эталонного термопреобразователя используют разные средства измерений ТЭДС или разные измерительные каналы одного и того же средства измерений ТЭДС. В случае, когда для измерения ТЭДС используется единственное средство измерений ТЭДС (измерительный канал), учитывать следует только вклад дискретности измерений *e*, мкВ, по формуле |
| 9.Случайные факторы при измерении ТЭДС поверяемого эталонного термопреобразователя, *S9*, *u9*, °С | A | ,  где *Ei* – *i*-е значение средства измерений ТЭДС при коротком замыкании кабеля на стороне поверяемого эталонного термопреобразователя, мкВ;  – среднее арифметическое значение *Ei* за время измерений, мкВ; *N* – количество зафиксированных значений за время измерений, *N* ≥ 30 (время измерений – не более 30 мин);  – среднее значение коэффициента чувствительности поверяемого (калибруемого) эталонного термопреобразователя в диапазоне температуры, мкВ/°С;  *Nx* − количество измерений, *Nx* ≥ 4 | Определяют однократно перед началом измерений;    где    − коэффициент чувствительности используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда при минимальной температуре, мкВ/°С;  − коэффициент чувствительности используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда при максимальной температуре, мкВ/°С |
| 10.Нестационарность процесса при измерении ТЭДС поверяемого эталонного термопреобразователя, *S10*, *u10*, °С | A | ,  где *Ei* – *i*-е значение средства измерений ТЭДС во время измерений, мкВ;  – среднее арифметическое значение *Ei* за время измерений, мкВ;  – коэффициент чувствительности используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда при заданной температуре, мкВ/°С;  *Nx* − количество измерений, *Nx* ≥ 4 |  |
| 11.Измерение температуры свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя, *S11*, *u11*, °С | B | ,  где *Δ11*– пределы допускаемой погрешности термометра, используемого при измерении температуры свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя, °С | Фактор необходимо учитывать, если свободные концы используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда и поверяемого эталонного термопреобразователя термостатированы в разных термостатах. В случае, когда для термостатирования используется единственный термостат, принимают u11= 0 °C |
| 12.Изменение температуры свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя, *S12*, *u12*, °С | B | ,  где *tmax*– наибольшая зафиксированная температура свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя за время измерений, °С; tmin – наименьшая зафиксированная температура свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя за время измерений, °С | Фактор необходимо учитывать, если свободные концы используемого эталонного термопреобразователя более высокого разряда и поверяемого эталонного термопреобразователя термостатированы в разных термостатах. В случае, когда для термостатирования используется единственный термостат, принимают u12= 0 °C |
| 13.Градиент температуры в месте термостатирования свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя, *S13*, *u13*, °С | B | , где *tН* – температура в термостате для термостатирования свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя, измеренная на уровне 1/3 глубины погружения пробирки вблизи ближайшей к стенке термостата пробирки, °С;  *tL*– температура в термостате для термостатирования свободных концов поверяемого эталонного термопреобразователя, измеренная на уровне нижнего торца пробирки по центру объема термостата, °С |  |
| 14.Нестабильность поверяемого эталонного термопреобразователя, *S14*, *u14*, °С | B | где *E1(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки (измеренная до отжига при первичной), мкВ;  *E2(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки, измеренная после отжига при первичной (из протокола при периодической) поверки (калибровки) термопреобразователя, мкВ. |  |
| 15. Неоднородность поверяемого эталонного термопреобразователя, *S15*, *u15*, °С | B | ,  где *E2(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки, измеренная при максимальной глубине погружения, мкВ;  *E1(t)* − ТЭДС при температуре реперной точки, измеренная после подъема термопреобразователя на (50±5) мм, мкВ. |  |
| 16 Показатель чистоты платинового термоэлектрода термопреобразователя | B | ,  где 2,5 мкВ - положительное приращение ТЭДС платинового термоэлектрода при температуре (1100±10) °С, соответствующее понижению на 1·10-4. | Определяют при первичной поверке (калибровке) |

**Приложение И**

**(справочное)**

**Таблицы для расчета значений ТЭДС платинородий-платиновых термопреобразователей**

**в реперных точках цинка (419,527 °С), алюминия (660,323 °С) и меди (1084,62 °С)**

Формула для расчета значений ТЭДС термопреобразователей в диапазоне температур от

300 °С до 1200 °С по результатам измерений в реперных точках цинка, алюминия и меди следующая:

,                                                   (И.1)

где , , − значения ТЭДС термопреобразователя, соответствующие температурам затвердевания цинка (), алюминия () и меди () (3,447 мВ; 5,860 мВ; 10,574 мВ);

, , − функции влияния, рассчитываемые по формулам:

,                                            (И.2)

,                                            (И.3)

,                                            (И.4)

.                                                      (И.5)

Формула (И.1) может быть представлена в виде:

,                                                          (И.6)

где , , .

В таблицах И.1-И.3 приведены значения , , , для целых сотен градусов Цельсия температуры в диапазоне от 300 °С до 1200 °С и для значений от 3,437 до 3,460 мВ, от 5,842 до 5,877 мВ, от 10,542 до 10,607 мВ, которые могут быть получены при градуировке термопреобразователей 2-го и 3-го разрядов.

Значения ТЭДС термопреобразователей 2-го и 3-го разрядов при температуре 1200 °С, рассчитанные по формуле (И.6), следует уменьшить на 0,008 мВ для приведения к МТШ-90 [2].

Примечания: 1.Допускается обработку результатов измерений ТЭДС термопреобразователей осуществлять с помощью аттестованной программы определения значений ТЭДС термопреобразователей в диапазоне от 300 °С до 1200 °С при температурах, кратных 100.

2.Допускается обработку результатов измерений ТЭДС термопреобразователей осуществлять с помощью программы, аттестованной по [8].

Таблица И.1 − Значения при 

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 3,437 | 3,438 | 3,439 | 3,440 | 3,441 | 3,442 |
| 300 | 6,0674 | 6,0691 | 6,0709 | 6,0726 | 6,0744 | 6,0762 |
| 400 | 3,8248 | 3,8259 | 3,8270 | 3,8281 | 3,8293 | 3,8304 |
| 500 | 2,0115 | 2,0121 | 2,0127 | 2,0132 | 2,0138 | 2,0144 |
| 600 | 0,6274 | 0,6276 | 0,6277 | 0,6279 | 0,6281 | 0,6283 |
| 700 | -0,3275 | -0,3276 | -0,3277 | -0,3278 | -0,3279 | -0,3280 |
| 800 | -0,8532 | -0,8534 | -0,8537 | -0,8539 | -0,8542 | -0,8544 |
| 900 | -0,9496 | -0,9499 | -0,9502 | -0,9505 | -0,9507 | -0,9510 |
| 1000 | -0,6169 | -0,6170 | -0,6172 | -0,6174 | -0,6176 | -0,6178 |
| 1100 | 0,1451 | 0,1452 | 0,1452 | 0,1453 | 0,1453 | 0,1453 |
| 1200 | 1,3363 | 1,3367 | 1,3371 | 1,3375 | 1,3379 | 1,3383 |

Продолжение таблицы И.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 3,443 | 3,444 | 3,445 | 3,446 | 3,447 | 3,448 |
| 300 | 6,0779 | 6,0797 | 6,0815 | 6,0832 | 6,0850 | 6,0868 |
| 400 | 3,8315 | 3,8326 | 3,8337 | 3,8348 | 3,8359 | 3,8371 |
| 500 | 2,0150 | 2,0156 | 2,0162 | 2,0168 | 2,0173 | 2,0179 |
| 600 | 0,6285 | 0,6287 | 0,6288 | 0,6290 | 0,6292 | 0,6294 |
| 700 | -0,3281 | -0,3282 | -0,3283 | -0,3284 | -0,3285 | -0,3286 |
| 800 | -0,8547 | -0,8549 | -0,8552 | -0,8554 | -0,8557 | -0,8559 |
| 900 | -0,9513 | -0,9516 | -0,9518 | -0,9521 | -0,9524 | -0,9527 |
| 1000 | -0,6179 | -0,6181 | -0,6183 | -0,6185 | -0,6187 | -0,6188 |
| 1100 | 0,1454 | 0,1454 | 0,1455 | 0,1455 | 0,1455 | 0,1456 |
| 1200 | 1,3387 | 1,3390 | 1,3394 | 1,3398 | 1,3402 | 1,3406 |

Продолжение таблицы И.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 3,449 | 3,450 | 3,451 | 3,452 | 3,453 | 3,454 |
| 300 | 6,0885 | 6,0903 | 6,0921 | 6,0938 | 6,0956 | 6,0974 |
| 400 | 3,8382 | 3,8393 | 3,8404 | 3,8415 | 3,8426 | 3,8437 |
| 500 | 2,0185 | 2,0191 | 2,0197 | 2,0203 | 2,0209 | 2,0214 |
| 600 | 0,6296 | 0,6298 | 0,6299 | 0,6301 | 0,6303 | 0,6305 |
| 700 | -0,3286 | -0,3287 | -0,3288 | -0,3289 | -0,3290 | -0,3291 |
| 800 | -0,8562 | -0,8564 | -0,8567 | -0,8569 | -0,8571 | -0,8574 |
| 900 | -0,9529 | -0,9532 | -0,9535 | -0,9538 | -0,9540 | -0,9543 |
| 1000 | -0,6190 | -0,6192 | -0,6194 | -0,6196 | -0,6197 | -0,6199 |
| 1100 | 0,1456 | 0,1457 | 0,1457 | 0,1458 | 0,1458 | 0,1458 |
| 1200 | 1,3410 | 1,3414 | 1,3418 | 1,3422 | 1,3425 | 1,3429 |

Окончание таблицы И.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 3,455 | 3,456 | 3,457 | 3,458 | 3,459 | 3,460 |
| 300 | 6,0991 | 6,1009 | 6,1027 | 6,1044 | 6,1062 | 6,1080 |
| 400 | 3,8448 | 3,8460 | 3,8471 | 3,8482 | 3,8493 | 3,8504 |
| 500 | 2,0220 | 2,0226 | 2,0232 | 2,0238 | 2,0244 | 2,0249 |
| 600 | 0,6307 | 0,6309 | 0,6310 | 0,6312 | 0,6314 | 0,6316 |
| 700 | -0,3292 | -0,3293 | -0,3294 | -0,3295 | -0,3296 | -0,3297 |
| 800 | -0,8576 | -0,8579 | -0,8581 | -0,8584 | -0,8586 | -0,8589 |
| 900 | -0,9546 | -0,9549 | -0,9552 | -0,9554 | -0,9557 | -0,9560 |
| 1000 | -0,6201 | -0,6203 | -0,6205 | -0,6206 | -0,6208 | -0,6210 |
| 1100 | 0,1459 | 0,1459 | 0,1460 | 0,1460 | 0,1461 | 0,1461 |
| 1200 | 1,3433 | 1,3437 | 1,3441 | 1,3445 | 1,3449 | 1,3453 |

Таблица И.2 − Значения при 

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 5,842 | 5,843 | 5,844 | 5,845 | 5,846 | 5,847 |
| 300 | -5,3625 | -5,3634 | -5,3643 | -5,3653 | -5,3662 | -5,3671 |
| 400 | -0,7644 | -0,7645 | -0,7647 | -0,7648 | -0,7649 | -0,7651 |
| 500 | 2,6901 | 2,6905 | 2,6910 | 2,6915 | 2,6919 | 2,6924 |
| 600 | 5,0010 | 5,0018 | 5,0027 | 5,0036 | 5,0044 | 5,0053 |
| 700 | 6,1683 | 6,1694 | 6,1704 | 6,1715 | 6,1725 | 6,1736 |
| 800 | 6,1920 | 6,1931 | 6,1941 | 6,1952 | 6,1962 | 6,1973 |
| 900 | 5,0721 | 5,0730 | 5,0739 | 5,0747 | 5,0756 | 5,0765 |
| 1000 | 2,8086 | 2,8091 | 2,8096 | 2,8101 | 2,8106 | 2,8111 |
| 1100 | -0,5984 | -0,5985 | -0,5986 | -0,5987 | -0,5988 | -0,5989 |
| 1200 | -5,1491 | -5,1500 | -5,1509 | -5,1517 | -5,1526 | -5,1535 |

Продолжение таблицы И.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 5,848 | 5,849 | 5,850 | 5,851 | 5,852 | 5,853 |
| 300 | -5,3680 | -5,3689 | -5,3698 | -5,3708 | -5,3717 | -5,3726 |
| 400 | -0,7652 | -0,7653 | -0,7655 | -0,7656 | -0,7657 | -0,7659 |
| 500 | 2,6928 | 2,6933 | 2,6938 | 2,6942 | 2,6947 | 2,6952 |
| 600 | 5,0061 | 5,0070 | 5,0078 | 5,0087 | 5,0095 | 5,0104 |
| 700 | 6,1746 | 6,1757 | 6,1767 | 6,1778 | 6,1789 | 6,1799 |
| 800 | 6,1984 | 6,1994 | 6,2005 | 6,2015 | 6,2026 | 6,2037 |
| 900 | 5,0773 | 5,0782 | 5,0791 | 5,0799 | 5,0808 | 5,0817 |
| 1000 | 2,8115 | 2,8120 | 2,8125 | 2,8130 | 2,8135 | 2,8139 |
| 1100 | -0,5990 | -0,5991 | -0,5992 | -0,5993 | -0,5994 | -0,5996 |
| 1200 | -5,1544 | -5,1553 | -5,1561 | -5,1570 | -5,1579 | -5,1588 |

Продолжение таблицы И.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 5,854 | 5,855 | 5,856 | 5,857 | 5,858 | 5,859 |
| 300 | -5,3735 | -5,3744 | -5,3754 | -5,3763 | -5,3772 | -5,3781 |
| 400 | -0,7660 | -0,7661 | -0,7662 | -0,7664 | -0,7665 | -0,7666 |
| 500 | 2,6956 | 2,6961 | 2,6965 | 2,6970 | 2,6975 | 2,6979 |
| 600 | 5,0113 | 5,0121 | 5,0130 | 5,0138 | 5,0147 | 5,0155 |
| 700 | 6,1810 | 6,1820 | 6,1831 | 6,1841 | 6,1852 | 6,1862 |
| 800 | 6,2047 | 6,2058 | 6,2068 | 6,2079 | 6,2090 | 6,2100 |
| 900 | 5,0825 | 5,0834 | 5,0843 | 5,0852 | 5,0860 | 5,0869 |
| 1000 | 2,8144 | 2,8149 | 2,8154 | 2,8159 | 2,8163 | 2,8168 |
| 1100 | -0,5997 | -0,5998 | -0,5999 | -0,6000 | -0,6001 | -0,6002 |
| 1200 | -5,1597 | -5,1606 | -5,1614 | -5,1623 | -5,1632 | -5,1641 |

Продолжение таблицы И.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 5,860 | 5,861 | 5,862 | 5,863 | 5,864 | 5,865 |
| 300 | -5,3790 | -5,3799 | -5,3809 | -5,3818 | -5,3827 | -5,3836 |
| 400 | -0,7668 | -0,7669 | -0,7670 | -0,7672 | -0,7673 | -0,7674 |
| 500 | 2,6984 | 2,6988 | 2,6993 | 2,6998 | 2,7002 | 2,7007 |
| 600 | 5,0164 | 5,0173 | 5,0181 | 5,0190 | 5,0198 | 5,0207 |
| 700 | 6,1873 | 6,1884 | 6,1894 | 6,1905 | 6,1915 | 6,1926 |
| 800 | 6,2111 | 6,2121 | 6,2132 | 6,2143 | 6,2153 | 6,2164 |
| 900 | 5,0878 | 5,0886 | 5,0895 | 5,0904 | 5,0912 | 5,0921 |
| 1000 | 2,8173 | 2,8178 | 2,8183 | 2,8187 | 2,8192 | 2,8197 |
| 1100 | -0,6003 | -0,6004 | -0,6005 | -0,6006 | -0,6007 | -0,6008 |
| 1200 | -5,1650 | -5,1658 | -5,1667 | -5,1676 | -5,1685 | -5,1694 |

Продолжение таблицы И.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 5,866 | 5,867 | 5,868 | 5,869 | 5,870 | 5,871 |
| 300 | -5,3845 | -5,3855 | -5,3864 | -5,3873 | -5,3882 | -5,3891 |
| 400 | -0,7676 | -0,7677 | -0,7678 | -0,7679 | -0,7681 | -0,7682 |
| 500 | 2,7011 | 2,7016 | 2,7021 | 2,7025 | 2,7030 | 2,7034 |
| 600 | 5,0215 | 5,0224 | 5,0232 | 5,0241 | 5,0250 | 5,0258 |
| 700 | 6,1936 | 6,1947 | 6,1957 | 6,1968 | 6,1979 | 6,1989 |
| 800 | 6,2174 | 6,2185 | 6,2196 | 6,2206 | 6,2217 | 6,2227 |
| 900 | 5,0930 | 5,0938 | 5,0947 | 5,0956 | 5,0964 | 5,0973 |
| 1000 | 2,8202 | 2,8207 | 2,8211 | 2,8216 | 2,8221 | 2,8226 |
| 1100 | -0,6009 | -0,6010 | -0,6011 | -0,6012 | -0,6013 | -0,6014 |
| 1200 | -5,1702 | -5,1711 | -5,1720 | -5,1729 | -5,1738 | -5,1747 |

Окончание таблицы И.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 5,872 | 5,873 | 5,874 | 5,875 | 5,876 | 5,877 |
| 300 | -5,3900 | -5,3910 | -5,3919 | -5,3928 | -5,3937 | -5,3946 |
| 400 | -0,7683 | -0,7685 | -0,7686 | -0,7687 | -0,7689 | -0,7690 |
| 500 | 2,7039 | 2,7044 | 2,7048 | 2,7053 | 2,7057 | 2,7062 |
| 600 | 5,0267 | 5,0275 | 5,0284 | 5,0292 | 5,0301 | 5,0310 |
| 700 | 6,2000 | 6,2010 | 6,2021 | 6,2031 | 6,2042 | 6,2053 |
| 800 | 6,2238 | 6,2249 | 6,2259 | 6,2270 | 6,2280 | 6,2291 |
| 900 | 5,0982 | 5,0990 | 5,0999 | 5,1008 | 5,1016 | 5,1025 |
| 1000 | 2,8231 | 2,8236 | 2,8240 | 2,8245 | 2,8250 | 2,8255 |
| 1100 | -0,6015 | -0,6016 | -0,6017 | -0,6018 | -0,6019 | -0,6020 |
| 1200 | -5,1755 | -5,1764 | -5,1773 | -5,1782 | -5,1791 | -5,1799 |

Таблица И.3 − Значения при 

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,542 | 10,543 | 10,544 | 10,545 | 10,546 | 10,547 |
| 300 | 1,6089 | 1,6091 | 1,6092 | 1,6094 | 1,6095 | 1,6097 |
| 400 | 0,1899 | 0,1899 | 0,1899 | 0,1900 | 0,1900 | 0,1900 |
| 500 | -0,4820 | -0,4820 | -0,4821 | -0,4821 | -0,4821 | -0,4822 |
| 600 | -0,4067 | -0,4067 | -0,4068 | -0,4068 | -0,4068 | -0,4069 |
| 700 | 0,4157 | 0,4158 | 0,4158 | 0,4158 | 0,4159 | 0,4159 |
| 800 | 1,9853 | 1,9855 | 1,9856 | 1,9858 | 1,9860 | 1,9862 |
| 900 | 4,3020 | 4,3024 | 4,3028 | 4,3032 | 4,3036 | 4,3040 |
| 1000 | 7,3658 | 7,3665 | 7,3672 | 7,3679 | 7,3686 | 7,3693 |
| 1100 | 11,1767 | 11,1778 | 11,1789 | 11,1799 | 11,1810 | 11,1820 |
| 1200 | 15,7348 | 15,7363 | 15,7378 | 15,7393 | 15,7408 | 15,7423 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,548 | 10,549 | 10,550 | 10,551 | 10,552 | 10,553 |
| 300 | 1,6098 | 1,6100 | 1,6101 | 1,6103 | 1,6104 | 1,6106 |
| 400 | 0,1900 | 0,1900 | 0,1900 | 0,1901 | 0,1901 | 0,1901 |
| 500 | -0,4822 | -0,4823 | -0,4823 | -0,4824 | -0,4824 | -0,4825 |
| 600 | -0,4069 | -0,4070 | -0,4070 | -0,4070 | -0,4071 | -0,4071 |
| 700 | 0,4160 | 0,4160 | 0,4160 | 0,4161 | 0,4161 | 0,4162 |
| 800 | 1,9864 | 1,9866 | 1,9868 | 1,9870 | 1,9872 | 1,9873 |
| 900 | 4,3044 | 4,3048 | 4,3052 | 4,3056 | 4,3060 | 4,3064 |
| 1000 | 7,3700 | 7,3707 | 7,3714 | 7,3721 | 7,3728 | 7,3735 |
| 1100 | 11,1831 | 11,1842 | 11,1852 | 11,1863 | 11,1873 | 11,1884 |
| 1200 | 15,7438 | 15,7453 | 15,7468 | 15,7483 | 15,7498 | 15,7513 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,554 | 10,555 | 10,556 | 10,557 | 10,558 | 10,559 |
| 300 | 1,6107 | 1,6109 | 1,6110 | 1,6112 | 1,6113 | 1,6115 |
| 400 | 0,1901 | 0,1901 | 0,1901 | 0,1902 | 0,1902 | 0,1902 |
| 500 | -0,4825 | -0,4826 | -0,4826 | -0,4827 | -0,4827 | -0,4827 |
| 600 | -0,4072 | -0,4072 | -0,4072 | -0,4073 | -0,4073 | -0,4073 |
| 700 | 0,4162 | 0,4162 | 0,4163 | 0,4163 | 0,4164 | 0,4164 |
| 800 | 1,9875 | 1,9877 | 1,9879 | 1,9881 | 1,9883 | 1,9885 |
| 900 | 4,3069 | 4,3073 | 4,3077 | 4,3081 | 4,3085 | 4,3089 |
| 1000 | 7,3742 | 7,3749 | 7,3756 | 7,3763 | 7,3770 | 7,3777 |
| 1100 | 11,1895 | 11,1905 | 11,1916 | 11,1926 | 11,1937 | 11,1948 |
| 1200 | 15,7528 | 15,7542 | 15,7557 | 15,7572 | 15,7587 | 15,7602 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,560 | 10,561 | 10,562 | 10,563 | 10,564 | 10,565 |
| 300 | 1,6116 | 1,6118 | 1,6120 | 1,6121 | 1,6123 | 1,6124 |
| 400 | 0,1902 | 0,1902 | 0,1903 | 0,1903 | 0,1903 | 0,1903 |
| 500 | -0,4828 | -0,4828 | -0,4829 | -0,4829 | -0,4830 | -0,4830 |
| 600 | -0,4074 | -0,4074 | -0,4075 | -0,4075 | -0,4075 | -0,4076 |
| 700 | 0,4164 | 0,4165 | 0,4165 | 0,4165 | 0,4166 | 0,4166 |
| 800 | 1,9887 | 1,9888 | 1,9890 | 1,9892 | 1,9894 | 1,9896 |
| 900 | 4,3093 | 4,3097 | 4,3101 | 4,3105 | 4,3109 | 4,3113 |
| 1000 | 7,3784 | 7,3791 | 7,3798 | 7,3805 | 7,3812 | 7,3819 |
| 1100 | 11,1958 | 11,1969 | 11,1979 | 11,1990 | 11,2001 | 11,2011 |
| 1200 | 15,7617 | 15,7632 | 15,7647 | 15,7662 | 15,7677 | 15,7692 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,566 | 10,567 | 10,568 | 10,569 | 10,570 | 10,571 |
| 300 | 1,6126 | 1,6127 | 1,6129 | 1,6130 | 1,6132 | 1,6133 |
| 400 | 0,1903 | 0,1903 | 0,1904 | 0,1904 | 0,1904 | 0,1904 |
| 500 | -0,4831 | -0,4831 | -0,4832 | -0,4832 | -0,4832 | -0,4833 |
| 600 | -0,4076 | -0,4077 | -0,4077 | -0,4077 | -0,4078 | -0,4078 |
| 700 | 0,4167 | 0,4167 | 0,4167 | 0,4168 | 0,4168 | 0,4169 |
| 800 | 1,9898 | 1,9900 | 1,9902 | 1,9904 | 1,9905 | 1,9907 |
| 900 | 4,3117 | 4,3122 | 4,3126 | 4,3130 | 4,3134 | 4,3138 |
| 1000 | 7,3826 | 7,3832 | 7,3839 | 7,3846 | 7,3853 | 7,3860 |
| 1100 | 11,2022 | 11,2032 | 11,2043 | 11,2054 | 11,2064 | 11,2075 |
| 1200 | 15,7707 | 15,7722 | 15,7736 | 15,7751 | 15,7766 | 15,7781 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,572 | 10,573 | 10,574 | 10,575 | 10,576 | 10,577 |
| 300 | 1,6135 | 1,6136 | 1,6138 | 1,6139 | 1,6141 | 1,6142 |
| 400 | 0,1904 | 0,1905 | 0,1905 | 0,1905 | 0,1905 | 0,1905 |
| 500 | -0,4833 | -0,4834 | -0,4834 | -0,4835 | -0,4835 | -0,4836 |
| 600 | -0,4078 | -0,4079 | -0,4079 | -0,4080 | -0,4080 | -0,4080 |
| 700 | 0,4169 | 0,4169 | 0,4170 | 0,4170 | 0,4171 | 0,4171 |
| 800 | 1,9909 | 1,9911 | 1,9913 | 1,9915 | 1,9917 | 1,9919 |
| 900 | 4,3142 | 4,3146 | 4,3150 | 4,3154 | 4,3158 | 4,3162 |
| 1000 | 7,3867 | 7,3874 | 7,3881 | 7,3888 | 7,3895 | 7,3902 |
| 1100 | 11,2085 | 11,2096 | 11,2107 | 11,2117 | 11,2128 | 11,2139 |
| 1200 | 15,7796 | 15,7811 | 15,7826 | 15,7841 | 15,7856 | 15,7871 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,578 | 10,579 | 10,580 | 10,581 | 10,582 | 10,583 |
| 300 | 1,6144 | 1,6145 | 1,6147 | 1,6149 | 1,6150 | 1,6152 |
| 400 | 0,1905 | 0,1906 | 0,1906 | 0,1906 | 0,1906 | 0,1906 |
| 500 | -0,4836 | -0,4837 | -0,4837 | -0,4837 | -0,4838 | -0,4838 |
| 600 | -0,4081 | -0,4081 | -0,4082 | -0,4082 | -0,4082 | -0,4083 |
| 700 | 0,4171 | 0,4172 | 0,4172 | 0,4173 | 0,4173 | 0,4173 |
| 800 | 1,9920 | 1,9922 | 1,9924 | 1,9926 | 1,9928 | 1,9930 |
| 900 | 4,3166 | 4,3171 | 4,3175 | 4,3179 | 4,3183 | 4,3187 |
| 1000 | 7,3909 | 7,3916 | 7,3923 | 7,3930 | 7,3937 | 7,3944 |
| 1100 | 11,2149 | 11,2160 | 11,2170 | 11,2181 | 11,2192 | 11,2202 |
| 1200 | 15,7886 | 15,7901 | 15,7916 | 15,7931 | 15,7945 | 15,7960 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,584 | 10,585 | 10,586 | 10,587 | 10,588 | 10,589 |
| 300 | 1,6153 | 1,6155 | 1,6156 | 1,6158 | 1,6159 | 1,6161 |
| 400 | 0,1907 | 0,1907 | 0,1907 | 0,1907 | 0,1907 | 0,1907 |
| 500 | -0,4839 | -0,4839 | -0,4840 | -0,4840 | -0,4841 | -0,4841 |
| 600 | -0,4083 | -0,4084 | -0,4084 | -0,4084 | -0,4085 | -0,4085 |
| 700 | 0,4174 | 0,4174 | 0,4175 | 0,4175 | 0,4175 | 0,4176 |
| 800 | 1,9932 | 1,9934 | 1,9936 | 1,9937 | 1,9939 | 1,9941 |
| 900 | 4,3191 | 4,3195 | 4,3199 | 4,3203 | 4,3207 | 4,3211 |
| 1000 | 7,3951 | 7,3958 | 7,3965 | 7,3972 | 7,3979 | 7,3986 |
| 1100 | 11,2213 | 11,2223 | 11,2234 | 11,2245 | 11,2255 | 11,2266 |
| 1200 | 15,7975 | 15,7990 | 15,8005 | 15,8020 | 15,8035 | 15,8050 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,590 | 10,591 | 10,592 | 10,593 | 10,594 | 10,595 |
| 300 | 1,6162 | 1,6164 | 1,6165 | 1,6167 | 1,6168 | 1,6170 |
| 400 | 0,1908 | 0,1908 | 0,1908 | 0,1908 | 0,1908 | 0,1909 |
| 500 | -0,4842 | -0,4842 | -0,4843 | -0,4843 | -0,4843 | -0,4844 |
| 600 | -0,4085 | -0,4086 | -0,4086 | -0,4087 | -0,4087 | -0,4087 |
| 700 | 0,4176 | 0,4177 | 0,4177 | 0,4177 | 0,4178 | 0,4178 |
| 800 | 1,9943 | 1,9945 | 1,9947 | 1,9949 | 1,9951 | 1,9952 |
| 900 | 4,3215 | 4,3220 | 4,3224 | 4,3228 | 4,3232 | 4,3236 |
| 1000 | 7,3993 | 7,4000 | 7,4007 | 7,4014 | 7,4021 | 7,4028 |
| 1100 | 11,2276 | 11,2287 | 11,2298 | 11,2308 | 11,2319 | 11,2329 |
| 1200 | 15,8065 | 15,8080 | 15,8095 | 15,8110 | 15,8125 | 15,8139 |

Продолжение таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,596 | 10,597 | 10,598 | 10,599 | 10,600 | 10,601 |
| 300 | 1,6171 | 1,6173 | 1,6174 | 1,6176 | 1,6177 | 1,6179 |
| 400 | 0,1909 | 0,1909 | 0,1909 | 0,1909 | 0,1909 | 0,1910 |
| 500 | -0,4844 | -0,4845 | -0,4845 | -0,4846 | -0,4846 | -0,4847 |
| 600 | -0,4088 | -0,4088 | -0,4089 | -0,4089 | -0,4089 | -0,4090 |
| 700 | 0,4178 | 0,4179 | 0,4179 | 0,4180 | 0,4180 | 0,4180 |
| 800 | 1,9954 | 1,9956 | 1,9958 | 1,9960 | 1,9962 | 1,9964 |
| 900 | 4,3240 | 4,3244 | 4,3248 | 4,3252 | 4,3256 | 4,3260 |
| 1000 | 7,4035 | 7,4042 | 7,4049 | 7,4056 | 7,4063 | 7,4070 |
| 1100 | 11,2340 | 11,2351 | 11,2361 | 11,2372 | 11,2382 | 11,2393 |
| 1200 | 15,8154 | 15,8169 | 15,8184 | 15,8199 | 15,8214 | 15,8229 |

Окончание таблицы И.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , °С | Значение при , мВ | | | | | |
|  | 10,602 | 10,603 | 10,604 | 10,605 | 10,606 | 10,607 |
| 300 | 1,6181 | 1,6182 | 1,6184 | 1,6185 | 1,6187 | 1,6188 |
| 400 | 0,1910 | 0,1910 | 0,1910 | 0,1910 | 0,1911 | 0,1911 |
| 500 | -0,4847 | -0,4848 | -0,4848 | -0,4848 | -0,4849 | -0,4849 |
| 600 | -0,4090 | -0,4090 | -0,4091 | -0,4091 | -0,4092 | -0,4092 |
| 700 | 0,4181 | 0,4181 | 0,4182 | 0,4182 | 0,4182 | 0,4183 |
| 800 | 1,9966 | 1,9968 | 1,9969 | 1,9971 | 1,9973 | 1,9975 |
| 900 | 4,3264 | 4,3268 | 4,3273 | 4,3277 | 4,3281 | 4,3285 |
| 1000 | 7,4077 | 7,4084 | 7,4091 | 7,4098 | 7,4105 | 7,4112 |
| 1100 | 11,2404 | 11,2414 | 11,2425 | 11,2435 | 11,2446 | 11,2457 |
| 1200 | 15,8244 | 15,8259 | 15,8274 | 15,8289 | 15,8304 | 15,8319 |

**Библиография**

[1] Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»

[2] Документ Международного Бюро по мерам и весам, 1989. Международная температурная шкала МТШ-90

[3] РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

[4] Приказ Министерства труда и Социальной защиты РФ от 15.12.2020 N 903н Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок

[5] Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

[6] Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 28 августа 2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений»

[7] Приказ Минэкономразвития Российской Федерации от 24 октября 2020 г. № 704 «Об утверждении Положения о составе сведений о результатах деятельности аккредитованных лиц, об изменениях состава их работников и о компетентности этих работников, об изменениях технической оснащенности, представляемых аккредитованными лицами в Федеральную службу по аккредитации, порядке и сроках представления аккредитованными лицами таких сведений в Федеральную службу по аккредитации».

[8] МИ 2174-91 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

УДК 536.5.087.92.089.6: 006.354 ОКС 17.200.20 Т 88.6

Ключевые слова: преобразователи термоэлектрические, рабочий эталон, разряд, температура, поверка, калибровка, реперная точка, прямые измерения, непосредственное сличение, неоднородность, нестабильность

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_



Директор

УНИИМ – филиала

ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.П. Собина

личная подпись

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Руководитель разработки:  Зав. отделом 23  УНИИМ – филиала  ФГУП «ВНИИМ  им.Д.И.Менделеева» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  личная подпись | В.В. Казанцев |
|  |  |  |
| Ответственный исполнитель:  Ведущий инженер  лаборатории 221  УНИИМ – филиала  ФГУП «ВНИИМ  им.Д.И.Менделеева» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  личная подпись | Е.А.Клевакин |