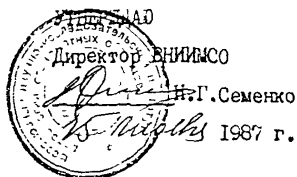


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ  
Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии  
стандартных образцов  
(ВНИИМСО)



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи термоэлектрические платиновые-платиновые образцовые типа ППО

Методика поверки

МИ 1444-87

Свердловск  
1987

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОИ. Термопреобразователи термоэлектрические  
платиновые-платиновые образцовые типа ППО

Методика поверки

ИД 1744-87

Взамен ГОСТ 8.460-82

Введен в действие с 01.07 1988 г

Настоящие методические указания распространяются на термопреобразователи термоэлектрические платиновые-платиновые образцовые типа ППО (в дальнейшем – термопреобразователи), предназначенные для передачи размера единицы температуры в диапазоне от 573 до 1473 К (от 300 до 1200 °С) по ГОСТ 8.080-80 и устанавливают методику их первичной и периодической поверки.

Технические требования к термопреобразователям, приведенные в обязательном приложении I.

## I. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

I.1. При проведении поверки термопреобразователей должны быть выполнены следующие операции:

внешний осмотр (п. 5.1);

определение стабильности термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) (п. 5.2);

проверка ТЭДС неоднородности (п. 5.3);

градуйровка (п.п. 5.4, 5.5);

определение показателя чистоты платинового термоэлектрода термопреобразователя (при первичной поверке) (п. 5.6).

## 2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки термопреобразователей должны быть применены следующие средства:

образцы чистых металлов: цинк ЦВ00 по ГОСТ 3640-79, сурьма СУ0000 по ГОСТ 1089-82Е, медь МВ4к по ГОСТ 859-78 (СТ СЭВ 226-75);

рабочие эталоны - платиновый термометр сопротивления для контроля температуры затвердевания цинка и сурьмы и платинородий - платиновый термоэлектрический термометр для контроля температуры затвердевания меди;

электроизмерительная установка типа УТТ-6, которая обеспечивает измерение напряжения в пределах от 0 до  $10^{-1}$  В с погрешностью не более  $5 \cdot 10^{-7}$  В и сопротивления в пределах от 0 до  $10^2$  Ом; с погрешностью не более  $1 \cdot 10^{-3}$  Ом;

установка УПСТ-1 для поэлектродного сличения термопреобразователей, которая обеспечивает измерение термоэлектродвижущей силы от 0 до  $5 \cdot 10^{-5}$  В, с пределом допускаемого значения среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности 0,9 мкВ;

установки для реализации реперных точек Цинк-9, Сурьма-7, Медь-7 или шахтные градуировочные печи сопротивления для каждого из металлов с набором графитовых изделий (описание печи и графитовых изделий приведено в справочном приложении 2);

образцовый платинородий-платиновый термопреобразователь 1-го разряда;

образцовый платинородий-платиновый термопреобразователь 2-го разряда;

образцовый платинородий-платиновый термопреобразователь 3-го разряда;

образцы термоэлектродно платины (далее - ОТП) марки ПЛО или ПЛ по ГОСТ 21007-75 диаметром 0,5 мм, длина (1000±10) мм с показателем частоты  $W_{100}$ , определенным с погрешностью не более 0,01 %;

калошершневая трубчатая печь МПН-2М по ТУ 50-239-84 для остыва;

амперметры класса точности 1,0 с верхним пределом измерения 20 А по ГОСТ 8711-78;

автотрансформатор типа АОИИ-40-220-75 уч. по ТУ 6-517.847-74, обеспечивающий плавное регулирование напряжения в пределах от 0 до 220 В при силе тока до 15 А;

стеклянный вакуумный сосуд Дьюара внутренним диаметром от 80 до 100 мм, высотой не менее 200 мм, вместимостью от 0,5 до 2 л;

охранные трубы из прозрачного кварцевого стекла по ГОСТ 8680-73 длиной (500±10) мм и наружным диаметром 25 мм;

охранные тонкостенные пробирки из прозрачного кварцевого стекла, изготовленные из труб по ГОСТ 8680-73 длиной 500 мм и наружным диаметром 8 мм. Допускается применять трубы и пробирки из окиси алюминия;

проволока диаметром 0,5 мм из платины любой марки по ГОСТ 21007-75 или из сплава марки ПЛРД-10 по ГОСТ 18389-73 в образках длиной не менее 60 мм для обвязки пучка термопреобразователей;

устройство для дробления льда УДЛ-1 по ТУ 50-240-80;

стеклянные пробирки длиной (150±10) мм и внутренним диаметром (6,5±0,5) мм;

линейка металлическая длиной 1000 мм по ГОСТ 427-75.

Примечание. Допускается применять явки разработанные или находящиеся в эксплуатации средства поверки, имеющие метрологиче-

ские характеристики, аналогичные указанным.

2.2. Находясь в эксплуатации аттестованная поверочная установка должна раз в два года проходить метрологическую аттестацию в соответствии с требованиями нормативно-технической документации на нее.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

3.2. При работе на поверочных установках необходимо соблюдать требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на них.

### 4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия

4.1.1. К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений должны быть допущены лица, аттестованные в качестве государственных или ведомственных поверителей в порядке, устанавливаемом Госстандартом по ГОСТ 8.513-84.

4.1.2. Температура воздуха, относительная влажность, вибрации в помещении, барометрическое давление должны соответствовать нормам, установленным в эксплуатационной документации поверочных установок и средств поверки.

4.1.3. Изменение температуры воздуха в помещении, где проводят поверку, не должно быть более  $0,5^{\circ}\text{C}$  в течение 1 ч.

4.1.4. В помещении, где проводят поверку, не должно быть пыли,

дыма, газов и паров, вызывающих коррозию деталей поверочной установки или загрязняющих платиновые элементы термопреобразователя.

4.1.4. При работе с сурьмой и медью включают местную вытяжную вентиляцию.

4.1.5. Термопреобразователи, используемые для сличения с поверяемыми, применять для других операций не допускается.

4.1.6. При работе с термопреобразователями принять меры, исключающие возможность пластического деформирования и загрязнения термоэлектродов.

4.2. Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы

4.2.1. Подготавливают к работе средства измерений, печь УТП-2М для отжига в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

4.2.2. Подготавливают к работе шахтную печь

4.2.2.1. Рукоятку регулятора напряжения питания печи устанавливают в нулевое положение.

4.2.2.2. Проверяют исправность заземления корпуса печи.

4.2.2.3. В графитовый игель с металлом, установленный в рабочем пространстве печи, помещают кварцевую пробирку до касания поверхности металла. В пробирку опускают термопреобразователь 3-го разряда, подключенный к электроизмерительной установке типа УТТ-6.

4.2.2.4. Печь нагревают до температуры плавления металла. Охранный кварцевую пробирку погружают в расплавленный металл и фиксируют таким образом, чтобы дно пробирки находилось на расстоянии

(25±5) из от дна тигля.

4.2.2.5. В державит расплавленный металл в течение 10-15 мин при температуре, превышающей температуру его затвердевания на 5-7 °C.

4.2.2.6. Из кварцевого охранного пробирки удаляют термопреобразователь и после его поверстки для его градуировки.

4.2.2.7. При использовании установок Цинк-9, Сурьма-7, Медь-7 подготовка их к работе производится в соответствии с эксплуатационной документацией этих установок.

4.2.2.8. Контролируют не реже одного раза в год температуру затвердевания цинка и сурьмы (в дальнейшем - точки цинка и сурьмы) рабочих эталонов - платиновые термометры сопротивления и температуры затвердевания меди (в дальнейшем - точка меди) рабочих эталонов - платиновые-платиновые термоэлектрические термометры. Отклонение температур затвердевания металлов от номинальных значений не должно превышать 0,1 °C для цинка и сурьмы и 0,2 °C для меди.

При невыполнении этого требования образцы металлов следует заменить.

#### 4.2.3. Подготавливают термопреобразователи к градуировке

4.2.3.1. Термопреобразователи, предназначенные для поверки, помещают в печь ИПП-2М на глубину 300 мм, отжигают в течение 1 ч при температуре  $(1100 \pm 20)$  °C и охлаждают вместе с печью до температуры окружающего воздуха.

4.2.3.2. Термопреобразователи с чистой поверхностью термоэлектродов, но с поврежденной керамической изоляцией полностью освобождают от изоляции и армируют запасной керамической трубкой.

Затем отжигают в печи согласно п. 4.2.3.1. После отжига свободные концы термоэлектродов помещают в гибкие электроизоляционные трубки.

#### 4.2.4. Термостатируют свободные концы термоэлектродов

4.2.4.1. При градуировке методом прямого сличения заполняют сосуд Дьюара однородной смесью измельченного льда и воды. В эту смесь погружают на глубину (120–135) мм стеклянные пробирки с залитым в них до уровня 15 мм трансформаторным маслом по ГОСТ 9 80. Свободные концы термоэлектродов помещают в пробирки. После градуировки свободные концы термоэлектродов, находившиеся в масле, протирают ватным тампоном, смоченным чистым этиловым спиртом по ГОСТ 17299-78 (расход спирта – 2 мл спирта на пять термопреобразователей).

4.2.4.2. При градуировке методом поэлектродного сличения термостатируют свободные концы термоэлектродов термопреобразователей согласно требованиям эксплуатационной документации на установку УПСТ-1.

4.2.5. Контролируют сходимость результатов градуировки термопреобразователей в шахтной печи пятикратной градуировкой термопреобразователя I-ого разряда и одновременно контролируют температуру затвердевания металлов. Эту операцию проводят не же двух раз в год.

При градуировке методом воспроизведения температуры затвердевания металлов расхождения отдельных градуировок не должны быть более 1,5 мкВ в точках затвердевания цинка и сурьмы и 2 мкВ в точке меди.



## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 5.1. Внешний осмотр

5.1.1. Устанавливают соответствие термопреобразователей требованиям, установленным в обязательном приложении 1 п.п. IО, II.

5.1.2. Термопреобразователи с поврежденной керамической изоляцией полностью освобождают от нее и армируют запасной изоляционной керамической трубкой.

5.1.3. Термопреобразователи представляют на первичную поверку в комплекте с паспортом, периодическую – со свидетельством о предыдущей поверке.

### 5.2. Определение стабильности ТЭДС термопреобразователей

5.2.1. Стабильность ТЭДС термопреобразователей при первичной поверке определяют в последовательности, приведенной ниже:

определяют в точке меди ТЭДС термопреобразователей 1-го разряда по п. 5.4, 2-го и 3-го разрядов – по п. 5.3.3;

термопреобразователи помещают в печь МП-2М на глубину 300 мм и отжигают в течение 6–8 ч при температуре  $(1100 \pm 20)^\circ\text{C}$ ;

определяют значение ТЭДС отожженных термопреобразователей в точке меди и оно является первой градуировочной точкой;

отклонение измеренного значения ТЭДС до и после отжига не должно превышать 3, 6 и 8 мкВ для термопреобразователей соответственно 1, 2 и 3-го разрядов.

Термопреобразователи, не удовлетворяющие этому требованию, бракуют или относят к более низкому разряду.

5.2.2. Стабильность ТЭДС термопреобразователей при периодической поверке определяют, градуируя в точке меди и сравнивая с соответствующими значениями по свидетельству о предыдущей поверке.

Отклонения ТЭДС термопреобразователей не должны превышать 5; 8 и 10 мкВ для термопреобразователей соответственно 1, 2 и 3-го разрядов.

### 5.3. Проверка ТЭДС неоднородности термопреобразователей

5.3.1. Проверку ТЭДС неоднородности термопреобразователей проводят при температуре  $(1100 \pm 20)^\circ\text{C}$  методом позлектродного сличения, определяя расхождение ТЭДС на глубинах погружения 250 и 300 мм. При проверке термопреобразователей 1-ого разряда используют изученный на однородность термопреобразователь 1-го разряда или рабочий эталон, при проверке термопреобразователей 2-го и 3-го разрядов – термопреобразователи соответственно 1-го и 2-го разрядов.

5.3.2. Проверка ТЭДС неоднородности термопреобразователей 1-го разряда проводят отдельно от градуировки, а 2 и 3-го разрядов совместно с градуировкой.

5.3.3. Проводят операции при позлектродном методе сличения термопреобразователей

5.3.3.1. Термопреобразователи, подлежащие сличению, складывают в общий пучок, выравнивают рабочие концы и оовязывают поверх изоляционных керамических трубок в двух местах отрезками платиновой или платинородиевой проволоки. Общее число термопреобразователей в пучке должно быть не более пяти.

5.3.3.2. Вытягивают на 12–15 мм из изоляционных керамических трубок рабочие концы термоэлектродов 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.

5.3.3.3. Лучок термопреобразователя помещают в рабочее пространство печи ПП-21, предназначенной для градуировки, на глубину  $(200 \pm 10)$  мм, центрируют его по оси печи.

5.3.3.4. Термоэлектроды термопреобразователей подключают при помощи гибких соединительных проводов, например, ПЭВ по ГОСТ 6323-79 к электроизмерительной установке УИСТ-1.

5.3.3.5. Нагревают печь до заданной температуры. Отклонение от нее не должно превышать  $\pm 20^\circ \text{C}$ .

5.3.3.6. ТЭДС платиновых  $\Delta e_{\text{пр}}$  и платиновых  $\Delta e_{\text{пл}}$  термоэлектродов проверяемых термопреобразователей измеряют с округлением до 1 мкВ с учетом знака в паре с одноименными термоэлектродами образцового термопреобразователя и записывают в протокол поверки, форма которого приведена в обязательном приложении 3.

Измерения ТЭДС ведут, переходя последовательно от первого проверяемого термопреобразователя к последнему, затем повторяют измерения в обратном порядке до получения требуемого числа отсчетов.

Число отсчетов при сличении электродов термопреобразователей I и 2-го разрядов должно быть равно четырем, 3-го разряда - двум.

5.3.3.7. Уменьшают глубину погружения термопреобразователей в изотермическую зону рабочего пространства печи до  $(250 \pm 10)$  мм и повторяют измерения.

5.3.4. При первичной поверке для термопреобразователей всех разрядов и периодической для термопреобразователя I-го разряда неоднородность не должна превышать 3 мкВ.

При периодической поверке неоднородность не должна быть более 6 и 8 мкВ для термопреобразователей соответственно 2 и 3-го разрядов.

#### 5.4. Градуировка термопреобразователей 1-го разряда

5.4.1. Термопреобразователи 1-го разряда градуируют методом воспроизведения температуры затвердевания меди ( $1084,9^{\circ}\text{C}$ ), сурьмы ( $630,76^{\circ}\text{C}$ ) и цинка ( $419,58^{\circ}\text{C}$ ).

Градуировку начинают с определения ТЭДС при температуре затвердевания меди.

5.4.2. Для определения ТЭДС термопреобразователя его помещают в охранную кварцевую пробирку, погруженную в расплавленный металл. Затем термопреобразователь подключают к электроизмерительной установке типа УТТ-6 при помощи медных соединительных проводов.

5.4.3. Снижают силу тока в обмотке печи до значения, при котором металл в тигле охлаждается со скоростью от  $0,5$  до  $1,5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , обеспечивая площадку затвердевания в течение не менее  $15-20$  мин.

Перемещение охранной пробирки с термопреобразователем на  $10$  мм вверх или вниз от нормального положения не должно вызывать в период затвердевания металла изменения ТЭДС более чем на  $\pm 1$  мкВ.

5.4.4. десятикратно отсчитывают значение ТЭДС  $E_T$  градуируемого термопреобразователя. Измерение ТЭДС проводят согласно эксплуатационной документации на измерительную установку с точностью отсчета  $0,1$  мкВ.

Допускается градуировать до трех термопреобразователей, пользуясь одну площадку затвердевания металла, если ее продолжительность составляет не менее  $20$  мин.

5.4.5. После градуировки металл расплавляют, извлекают охранную пробирку из печи и выключают ток. Поверхность сурьмы и меди после их остывания засыпают измельченным в порошок древесным углем.

5.4.6. При необходимости продолжают градуировку в точке зат-

затвердевания того же металла, не охлаждая печи и выполнив предварительные операции по п.п. 4.2.2.4, 4.2.2.5, 5.4.2, 5.4.3.

5.4.7. Градуируют поверхность термопреобразователя при температуре затвердевания двух других металлов, соблюдая тот же порядок операции.

Примечание. Температуру первой в серии градуировок площадки затвердевания меди контролируют при помощи термопреобразователя I-го разряда. При заданном значении температуры затвердевания образец меди выдерживают в тигле при  $(1100 \pm 5)^\circ\text{C}$  в течение 2-3 ч, избегая расплава при помощи кварцевой пробирки.

5.4.8. При первичной проверке термопреобразователя его градуировка в точках меди, сурьмы и цинка должна быть повторена три раза.

5.4.9. При периодической проверке допускается однократная градуировка термопреобразователя, если расхождение результатов градуировки в точке меди с данными свидетельства о предыдущей проверке не превышает значений, указанных в п. 5.2.2. В остальных случаях градуировку выполняет три раза.

## 5.5. Градуировка термопреобразователей 2 и 3-го разрядов

5.5.1. Термопреобразователи 2 и 3-го разрядов градуируют методом сличения: поэлектродного (основной метод) или прямого с образцовыми термопреобразователями более высокого разряда в горизонтальной трубчатой печи.

5.5.2. При градуировке методом поэлектродного сличения выполняют операции согласно п. 5.3.3.

5.5.3. При градуировке методом прямого сличения выполняют следующие операции

5.5.3.1. Проводят подготовительные операции по п.п. 5.3.3.1-5.3.3.3.

5.5.3.2. Термоэлектроды сличаемых термопреобразователей при помощи медных соединительных проводов подключают к электроизмерительной установке типа УТТ-6.

5.5.3.3. Нагревают печь до заданной температуры, регулируют ее, изменяя силу тока в обмотке. Температуру контролируют при помощи образцового термопреобразователя, с которым ведут сличение, в начале и в конце измерения. Изменение температуры за время измерения должно быть плавным и не должно превышать  $1^{\circ}\text{C}$ .

5.5.3.4. ТЭДС термопреобразователей  $E_{\text{пов.п}}$  и  $E_{\text{обр.п}}$  измеряют, начиная с образцового и кончая последним поверяемым. Затем все измерения повторяют в обратном порядке и т.д. до получения не менее четырех отсчетов ТЭДС каждого термопреобразователя. Полученные результаты округляют до  $1 \text{ мкВ}$ .

Измерения ТЭДС термопреобразователей проводят на глубинах погружения 250 и 300 мм.

5.6. Определение показателя чистоты  $W_{100}$  платинового термоэлектрода термопреобразователя (при первичной поверке)

5.6.1. Показатель чистоты поверяемого термоэлектрода определяют по формуле

$$W_{100}^{\text{пов}} = W_{100}^{\text{обр}} - \kappa \cdot \Delta e, \quad (1)$$

где  $W_{100}^{\text{обр}}$  — показатель чистоты ОТП;

$\Delta e$  — ТЭДС пары, образцованной платиновым термоэлектродом поверяемого термопреобразователя и ОТП при температуре  $(1084,9 \pm 20)^{\circ}\text{C}$  мкВ;

$\kappa$  — коэффициент, равный  $0,4 \cdot 10^{-4} \text{ мкВ}^{-1}$  при температуре проведения измерений.

5.6.2. Выполняют операции, указанные в п.п. 5.3.3.1-5.3.3.5, заложив в пучок термопреобразователей ОТП. Подключают ОТП вместо платинового термоэлектрода образцового термопреобразователя к установке УИСТ-1.

5.6.3. Выполняют измерения  $\Delta e$  по п. 5.3.3.6, вычисляют средние арифметические значения  $\Delta \bar{e}$ . По формуле (1) вычисляют значения показателя чистоты  $W_{100}^{пчб}$  платиновых термоэлектродов приемных термопреобразователей. Значения  $W_{100}^{пчб}$  округляют до  $10^{-4}$ .

5.6.4. Если полученное значение  $W_{100}^{пчб}$  не удовлетворяет требованию п. 3 приложения 1, термопреобразователь бракуют или относят к более низкому разряду.

## 6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Обработка результатов измерений при градуировке термопреобразователя методом воспроизведения температуры затвердевания металлов

6.1.1. По значениям  $E_T$  вычисляют средние арифметические значения ТЗДС термопреобразователя в точках затвердевания металлов. Вычисления выполняют отдельно для каждой градуировки.

Термопреобразователь, не удовлетворяющий требованию п. 4.2.5, бракуют или переводят в более низкий разряд.

6.1.2. Из результатов трех градуировок термопреобразователя вычисляют средние значения ТЗДС  $E_T$  ср.

Значение  $E_T$  ср. при температуре  $1384,9^\circ\text{C}$  должно быть равно  $(10575 \pm 30)$  мкВ. Термопреобразователь, не удовлетворяющий этому требованию, бракуют.

6.2. Обработка результатов измерений при градуировке термопреобразователей методом электродного сличения

6.2.1. По результатам измерений ТЭДС  $\Delta E_{np}$  и  $\Delta E_{nn}$  вычисляют средние арифметические значения  $\overline{\Delta E}_{np}$  и  $\overline{\Delta E}_{nn}$  для каждого термопреобразователя с округлением до 1 мкВ.

Вычисления для каждой глубины погружения в печь и температуры выполняют отдельно.

6.2.2. Вычисляют разности  $\Delta E_{300}$  э и  $\Delta E_{250}$  э значений ТЭДС на глубинах погружения соответственно 300 и 250 мм каждого поверяемого и образцового термопреобразователя по формуле

$$\Delta E_{\varepsilon} = \overline{\Delta E}_{np} - \overline{\Delta E}_{nn} \quad (2)$$

При вычислении необходимо учитывать знаки  $\overline{\Delta E}_{np}$  и  $\overline{\Delta E}_{nn}$ .

6.2.3. Вычисляют для каждого термопреобразователя расхождение между значениями  $\Delta E_{300}$  э и  $\Delta E_{250}$  э, полученными при температуре  $(1100 \pm 20)^\circ\text{C}$ , допустимые значения которых указаны в п. 5.3.4.

6.2.4. Вычисляют среднее арифметическое значение  $\overline{\Delta E}_{\varepsilon}$  по формуле

$$\overline{\Delta E}_{\varepsilon} = \frac{\Delta E_{300 \text{ э}} + \Delta E_{250 \text{ э}}}{2} \quad (3)$$

6.2.5. Вычисляют значения ТЭДС  $E_{\text{пов.э}}$  каждого поверяемого термопреобразователя для температур  $419,58^\circ\text{C}$ ,  $630,76^\circ\text{C}$  и  $1084,9^\circ\text{C}$  по формуле

$$E_{\text{пов.э}} = E_{\text{обр.эв}} + \overline{\Delta E}_{\varepsilon}, \quad (4)$$

где  $E_{\text{обр.э}}$  — значение ТЭДС из свидетельства о поверке образцового термопреобразователя в точках затвердевания металлов.

Значения  $E_{\text{пов.э}}$  при температуре  $1084,9^\circ\text{C}$  должны быть равны



(10575 ± 30) мкВ. Термопреобразователи, не удовлетворяющие этому требованию, бракуют.

6.2.6. Рассчитывают значения ТЭДС  $E_t$  каждого поверяемого термопреобразователя для целых сотен градусов в диапазоне температур от 300 до 1200 °С и заполняют градуировочную таблицу, приведенную в обязательном приложении 3. Расчет выполняют по формуле:

$$E_t = a_t + b_t + c_t \quad (5)$$

Значения слагаемых  $a_t$ ,  $b_t$ ,  $c_t$  в зависимости от ТЭДС поверяемого термопреобразователя в точках цинка ( $E_1$ ), сурьмы ( $E_2$ ) и меди ( $E_3$ ) и от температуры приведены в справочном приложении 4.

Найденные значения  $a_t$ ,  $b_t$ ,  $c_t$  заносят в протокол поверки и суммируют для каждого значения температуры.

6.2.7. Проверяют правильность расчетов  $E_t$ , 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.

6.2.8. После проверки по п. 6.2.7 расчетные значения ТЭДС при 1200 °С уменьшают на 9 мкВ.

6.3. Обработка результатов измерений при градуировке термопреобразователей: методом прямого сличения

6.3.1. По отсчетам ТЭДС  $E_{\text{пов.п}}$  и  $E_{\text{обр.п}}$  вычисляют средние арифметические значения ТЭДС каждого поверяемого термопреобразователя  $\overline{E}_{\text{пов.п}}$  и ТЭДС образцового термопреобразователя  $\overline{E}_{\text{обр.п}}$  с округлением до 1 мкВ. Для каждой глубины погружения и температуры вычисления выполняют раздельно.

6.3.2. По средним значениям ТЭДС  $\overline{E}_{\text{обр.п}}$  определяют значение температуры  $t$ , °С, при которой проводилось сличение, по формуле:

$$t = t_3 + \frac{\bar{E}_{\text{обр.п}} - E_{\text{эп.св}}}{dE/dt}, \quad (6)$$

где  $E_{\text{обр.св}}$  - значение ТЭДС из свидетельства о поверке образцового термопреобразователя в точках затвердевания металлов, мВ;

$t_3$  - значение температуры, заданное при сличении, °C;

$dE/dt$  - приращение ТЭДС образцового термопреобразователя на единицу температуры, мВ/°C, выбранное для рядов  $dE/dt = 9,6 \cdot 10^{-3}$  мВ/°C,  $dE/dt = 10,3 \cdot 10^{-3}$  мВ/°C,  $dE/dt = 11,8 \cdot 10^{-3}$  мВ/°C

$t_3 = 419,58$  °C,  $t_3 = 630,76$  °C,  $t_3 = 1084,9$  °C.

6.3.3. Вычисляют разности  $\Delta E_n$  средних арифметических значений ТЭДС каждого поверяемого термопреобразователя  $\bar{E}_{\text{пов.п}}$  и термопреобразователя образцового  $\bar{E}_{\text{обр.п}}$  по формуле

$$\Delta E_n = \bar{E}_{\text{пов.п}} - \bar{E}_{\text{эп.п}} \quad (7)$$

на глубинах погружения 250 и 300 мм.

6.3.4. Дальнейшую обработку результатов измерений проводят по п.п. 6.2.3-6.2.8.

## 7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. На термопреобразователи образцовых платиновых-платино-вых термоэлектрических термометров, признанные годными при государственной первичной и периодической поверках выдают свидетельства в установленной форме.

7.2. Результаты ведомственной поверки оформляют документом установленной формы.

7.3. В разделе "Результаты государственной поверки" свидетельства приводят следующие данные:

округленные до 0,001 мВ градуировочные значения ТЭДС термопреобразователя при температурах 419,58 °C; 630,76 °C и 1084,9 °C

(для образцовых термопреобразователей всех разрядов);

округленные до 0,001 мВ значения ТЭДС термопреобразователя для целых сотен градусов в диапазоне температур от 300 до 1200 °С (только для образцовых термопреобразователей 2 и 3-го разрядов);

температура свободных концов, при которой действительны приведенные в свидетельстве градуировочные значения ТЭДС;

глубина погружения термопреобразователя в печь при его градуировке (например, от 250 до 300 мм);

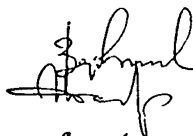
округленное до  $10^{-4}$  значение  $W_{100}^{псв}$  (или  $R_{100}/R_0$ ) платинового термоэлектрода (только при первичной поверке).

7.4. Термопреобразователи, не удовлетворяющие требованиям настоящих методических указаний, к выпуску в обращение и применению не допускают и на них выдают извещение о непригодности с указанием причин.

Зам.директора института  
по научной работе

 В.В. Леонов

Зав.лабораторией государственной метрологической службы и стандартизации



Ю.А. Вдовин

Руководитель темы

И.Е. Добровинский

Ответственный исполнитель



Л.И. Лиховская

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМ  
ОБРАЗЦОВЫХ ПЛАТИНОРОДИЙ-ПЛАТИНОВЫХ  
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕРМОМЕТРОВ

1. Термопреобразователи предназначены для поверки и градуировки средств измерений температуры в соответствии с поверочной схемой по ГОСТ 8.080-80.

2. Материалы термоэлектродов термопреобразователей должен соответствовать требованиям ТУ 48-1-419-76.

3. Отношение  $W_{100} = R_{100}/R_0$  платинового электрода готового термопреобразователя должно быть не менее 1,3920.

4. Значение ТЭДС термопреобразователя при температуре 1084,9 °С и температуре свободных концов 0 °С должно быть равно  $(10575 \pm 30)$  мкВ.

5. Изменение ТЭДС термопреобразователя при температуре 1084,9 °С и температуре свободных концов 0 °С после шести часов отжига его при температуре  $(1100 \pm 20)$  °С не должно превышать 3, 6, 8 мкВ для термопреобразователей 1, 2 и 3-го разрядов соответственно.

6. Изменение ТЭДС термопреобразователя при изменении глубины его погружения в градуировочной печи от 300 до 250 мм при температуре рабочего конца  $(1100 \pm 20)$  °С и температуре свободных концов 0 °С не должно превышать 3 мкВ.

7. Предел допускаемой погрешности образцовых термопреобразователей не должен превышать значений, указанных в таблице.

Таблица

Наименование реперной точ- ки	Предел допускаемой погрешности, °С, для термо- преобразователей 1-го разряда		
	1-ого	2-го	3-го
Цинк	0,3	0,5	1,0
Сурьма	0,4	0,6	1,2
Медь	0,6	0,9	1,8

8. Вероятность безотказной работы термопреобразователя за 500 часов должна быть не менее 0,9.

9. Длина термоэлектродов термопреобразователя должна быть не менее 1000, 1250, 1600 мм в зависимости от модификации.

10. Термопреобразователи всех разрядов, представленные на первичную поверку, должны иметь термоэлектроды длиной не менее 1000 мм.

Термопреобразователи, представленные на периодическую поверку, должны иметь термоэлектроды длиной не менее 850 мм.

11. На цанговом наконечнике термопреобразователя должна быть нанесена маркировка: тип термопреобразователя, заводской номер, год выпуска и товарный знак завода-изготовителя.

## ШАХТНАЯ ГРАДУИРОВОЧНАЯ ПЕЧЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ

1. Шахтная градуировочная печь сопротивления, конструкция которой приведена на черт. 1, предназначена для воспроизведения температур затвердевания чистых металлов — цинка ( $419,58^{\circ}\text{C}$ ), сурьмы ( $630,76^{\circ}\text{C}$ ) и меди ( $1084,9^{\circ}\text{C}$ ). Печь рассчитана на работу с цилиндрическими графитовыми тиглями и вкладышами, приведенными на черт. 2, изготовленными из особо чистого графита марок ГМЗ-ОСЧ и МГ-ОСЧ с зольностью не более 0,005 %.

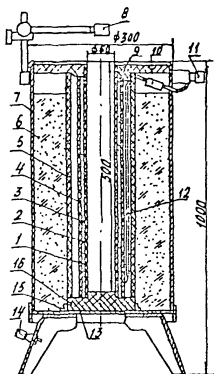
В комплект графитовых изделий входят: тигель — 1 шт., крышка тигля — 1 шт., верхний вкладыш — 3 шт., нижний вкладыш — 4 шт.

Рабочее пространство печи образовано трубой 1 (см. черт.1) из корунда марки КВНТ. Материалом для нагревательной обмотки 2 служит лента из сплава  $\lambda 2305$  по ГОСТ 127766.2-77 сечением 0,25x6 мм. Шаг обмотки ленты равен 7 мм. Нагревательная обмотка покрыта слоем огнеупорной массы 3 из окиси алюминия марки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в порошке с добавкой 15 % (по массе) белой огнеупорной глины ВГ1 по ГОСТ 6137-80 толщиной 3 мм.

Нагревательная обмотка печи плотно обернута в два слоя асбестовым картоном 4 по ГОСТ 285-80 толщиной 3,0 мм. Концевые выходы 1 изолированы трубками 12 из кварца ТКВТ-7-90 по ГОСТ 8680-73 и при помощи стальных втулок 10 и медных проводов соединены с зажимами 11 питания печи.

Нагревательная обмотка и наружная труба 5 из высокоглиноземистой керамики по ГОСТ 1446-79 опираются на основание 16 из ламита по ГОСТ 390-69, которое заключено в стальную центрирующую обойму 15 по ГОСТ 19903-74, скрепленную жестко со стальным поддоном 13

# Шахтная градуировочная печь сопротивления

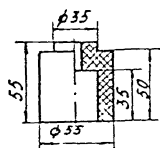


1 - труба; 2 - нагревательная обмотка; 3 - огнеупорная масса; 4 - картон; 5 - наружная труба; 6 - дробленый легковес; 7 - кожух; 8 - держатель; 9 - фланец; 10 - стальные втулки; 11 - зажим; 12 - трубка; 13 - поддон; 14 - зажим заземления; 15 - центрирующая обойма; 16 - основание

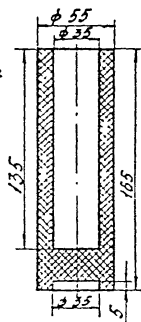
Черт. 1

# Тигли и вкладыши

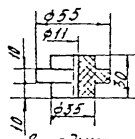
Вкладыш  
Верхний - 3 шт.



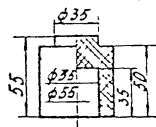
Тигель - 1 шт.



Крышка тигля - 1 шт.



Вкладыш  
Нижний - 4 шт.



Черт. 2



по ГОСТ 19903-74. В поддоне установлен и жестко скреплен с ним кожух 7 стали 1УИ ст. 3 по ГОСТ 16523-70.

Пространство между наружной трубой 5 и кожухом печи заполнено дробленым легковесом по ГОСТ 5040-76 с величиной зерна от 5 до 15 мм.

В верхней части печи нагревательная обмотка и наружная труба центрируются шамотным фланцем 9. Кожух печи закрыт крышкой из листовой стали.

Штатив с держателем 8 закрепляют в требуемом положении охранную кварцевую пробирку с градуируемым термопреобразователем.

Корпус печи поднят над уровнем пола при помощи трех металлических ножек, на одной из которых расположен зажим заземления 14.

2. Рабочее пространство печи заполняют графитовыми вкладышами с центральными отверстиями, установив вкладыши друг на друга дном вверх. Через центральные отверстия вкладышей спускают охранную кварцевую пробирку на глубину 450 мм и закрепляют выступающий из печи конец в держателе штатива. Затем в нее помещают образцовый термопреобразователь 3-го разряда и устанавливают таким образом, чтобы его рабочий спай был примерно на половине высоты рабочего пространства печи. Термоэлектроды термопреобразователя выступают из гибких изоляционных трубок на 10-12 мм.

Термопреобразователь подключают к электроизмерительной установке типа УИТ-6. Свободные концы термоэлектродов термостатируют при 0 °С.

Нагревают печь и выдерживают ее при температуре, не превышающей на 10 °С температуру затвердевания металла, для которого печь предназначена. Продолжительность выдержки должна быть не менее 1 ч. Термоэлектроды термопреобразователя опускают до дна кварцевой пробирки и выдерживают в течение 10 мин. Выполняют две серии изме-

рений Т<sub>0</sub>ДС термопреобразователя, сначала поднимая его внутри кварцевой пробирки, начиная от дна, на высоту 10 мм над дном и так через каждые 10 мм, а затем, опуская вниз таким же образом. Перед каждым измерением делают выдержку в течение 10 с.

Вычисляют из результатов двух серий измерений для каждой пары отсчетов средние значения Т<sub>0</sub>ДС, строят по ним график распределения температуры вдоль оси печи и определяют положение максимума.

Устанавливают в нижней части рабочего пространства печи графитовые вкладыши без отверстий, подогнав их общую высоту таким образом, чтобы дно поставленного на них тигля с металлом было на  $(50 \pm 5)$  мм ниже максимума температуры.

Поверхность образцов меди и сурьмы покрывают слоем измельченного в порошок древесного угля.

Рабочее пространство печи над тиглем заполняют графитовыми вкладышами с центральными отверстиями.

### 3. Технические характеристики печи

Рабочее пространство:

диаметр, мм ..... 60

высота, мм ..... 500

Температурный градиент по оси графитового тигля

с металлом в период фазового равновесия на участке  
не менее 20 мм, °С/мм, не более ..... 0,0

Максимальная рабочая температура, °С ..... 1100

Сопротивление нагревательной обмотки при

20 °С, Ом ..... 14

Сила тока при разогреве, А, не более ..... 11

Потребляемая мощность при разогреве при силе

тока 11 А, кВт, не более ..... 2,0

Время разогрева до 1100 °С при силе тока 11 А,

мин., не более ..... 150

ПРОТОКОЛ ;  
поверки образцовых платиновых-платиновых  
термопреобразователей  
\_\_\_\_\_ разряда

Номер термо-преобразователя	Кем представлен	Год выпуска	Длина электродов, мм		Вид поверки (первичная, периодическая)
			положительного	отрицательного	

Средства поверки:

1. Образцовый платиновый-платиновый термопреобразователь

\_\_\_\_\_ разряда, типа \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_.

2. Установка типа \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_.

3. Образец термоэлектродной платины ОПТ № \_\_\_\_\_

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1. Результат внешнего осмотра \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



№ п/п	Температура, °C	ТДС в точке меди после отжига, мкВ								Глубина погруже- ния, мм
		I		II		III		IV		
		$\Delta e_{np}$	$\Delta e_{nn}$	$\Delta e_{np}$	$\Delta e_{nn}$	$\Delta e_{np}$	$\Delta e_{nn}$	$\Delta e_{np}$	$\Delta e_{nn}$	
1									300	
2										
3										
4										
$\overline{\Delta e_{np}} ; \overline{\Delta e_{nn}}$										
$\Delta E_{300} = \overline{\Delta e_{np}} - \overline{\Delta e_{nn}}$									250	
1										
2										
3										
4										
$\overline{\Delta e_{np}} ; \overline{\Delta e_{nn}}$										
$\Delta E_{300} = \overline{\Delta e_{np}} - \overline{\Delta e_{nn}}$										
$\Delta E_{300} - \Delta E_{250}$										
$E_{обр. сб}, \text{мкВ}$										
$\overline{\Delta E} = \frac{\Delta E_{300} + \Delta E_{250}}{2}$										
$E_{3нов} = E_{обр. сб} + \overline{\Delta E}$										
$\Delta E_{nov} = E'_{3nov} - E_{3nov}$										

П р и м е ч а н и е. При периодической поверке  $E'_{3нов}$   
 - ТДС термопреобразователя при температуре 184,9 °C по свидетельст-  
 ву о предыдущей поверке





5. Определение показателя чистоты  $W_{100}^{псв}$  платиновых термоэлектродов:

$$W_{100}^{псв} = W_{100}^{ср} - 0,4 \cdot 10^{-4} \cdot \overline{\Delta e}.$$

№ п/п	Температура °C	Значение $\Delta e$ , мкВ			
		№	№	№	№
1					
2					
3					
4					
$\overline{\Delta e}$ , мкВ					

6. Исходные данные для расчета градуировочных таблиц

Обозначение	Температура, °C	ТЭДС термопреобразователя, мВ			
		№	№	№	№
$E_{эпв}$	1084,9				
$E_{2 псв}$	630,76				
$E_{1 псв}$	419,58				



7. Расчет градуировочной таблицы для каждого термопреобразователя

Термопреобразователь № _____						
Температура, °C	$a_t$ , мВ	$b_t$ , мВ	$c_t$ , мВ	$E_t$ , мВ	Разности ТЭДС, мкВ	
					первые	вторые
300						
400						
500						
600						
700						
800						
900						
1000						
1100						
1200						

При занесении в свидетельство о поверке значения  $E_t$  при 1200 °C его следует уменьшить на 0,009 мВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

для каждого термопреобразователя производится запись:

Термопреобразователь № \_\_\_\_\_ годен (не годен), соответствует \_\_\_\_\_ разряду, выписано свидетельство № \_\_\_\_\_.

Дата \_\_\_\_\_

Поверял \_\_\_\_\_

## Т А Б Л И Ц Ы

для вычисления ТЭДС платинородий-платиновых термопреобразователей, градуированных при температурах затвердевания чистых металлов-цинка (419,58 °C), сурьмы (630,76) и меди (1084,9 °C)

Формула для расчета значений ТЭДС ( $E_t$ ) термопреобразователей в диапазоне температур от 300 до 1200 °C по результ. ам их градуировки в точках цинка, сурьмы и меди:

$$E_t = E_1 \cdot \varphi_1(t) + E_2 \cdot \varphi_2(t) + E_3 \cdot \varphi_3(t), \quad (1)$$

где  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  - значения ТЭДС термопреобразователя, соответствующие температурам затвердевания цинка ( $t_1$ ), сурьмы ( $t_2$ ) и меди ( $t_3$ )

$$\varphi_1(t) = \frac{(t-t_2)(t-t_3)}{(t_1-t_2)(t_1-t_3)};$$

$$\varphi_2(t) = \frac{(t-t_1)(t-t_3)}{(t_2-t_1)(t_2-t_3)};$$

$$\varphi_3(t) = \frac{(t-t_1)(t-t_2)}{(t_3-t_1)(t_3-t_2)};$$

$$\varphi_1(t) + \varphi_2(t) + \varphi_3(t) \equiv 1.$$

Упрощенное выражение квадратичного уравнения представлено в следующем виде:

$$E_t = a_t + b_t + c_t, \quad (2)$$

где  $a_t = E_1 \cdot \varphi_1(t)$ ;  $b_t = E_2 \cdot \varphi_2(t)$ ;  $c_t = E_3 \cdot \varphi_3(t)$ .

В табл. I-3 настоящего приложения приведены значения  $\alpha_t$ ,  $\beta_t$  и  $C_t$  для целых сотен градусов температуры в диапазоне от 300 до 1200 °C и для ряда значений  $E_1$ ,  $E_2$  и  $E_3$ , которые могут быть получены при градуировке образцовых термопреобразователей 2 и 3-го разрядов.

Значения ТДС при температуре 1200 °C, рассчитанные по формуле (2), следует уменьшить на 0,009 мВ.

Таблица I

Значение  $\alpha_t$ , мВ

Температура, °C	$E_1$ , мВ					
	3,434	3,435	3,436	3,437	3,438	3,439
300	6,3452	6,3470	6,3489	6,3507	6,3526	6,3544
400	3,8628	3,8639	3,8651	3,8662	3,8673	3,8684
500	1,8693	1,8698	1,8704	1,8709	1,8714	1,8720
600	0,3645	0,3646	0,3648	0,3649	0,3650	0,3651
700	-0,6514	-0,6516	-0,6517	-0,6519	-0,6521	-0,6523
800	-1,1784	-1,1788	-1,1791	-1,1795	-1,1798	-1,1802
900	-1,2167	-1,2171	-1,2174	-1,2178	-1,2181	-1,2185
1000	-0,7662	-0,7664	-0,7666	-0,7668	-0,7671	-0,7673
1100	0,1732	0,1732	0,1733	0,1733	0,1734	0,1734
1200	1,6014	1,6018	1,6023	1,6028	1,6032	1,6037

Продолжение табл. I

Темпера- тура, °C	E <sub>J</sub> , мВ					
	3,440	3,441	3,442	3,443	3,444	3,445
300	6,3563	6,3581	6,3600	6,3618	6,3636	6,3655
400	3,8696	3,8707	3,8718	3,8729	3,8741	3,8752
500	1,8725	1,8731	1,8736	1,8742	1,8747	1,8753
600	0,3652	0,3653	0,3654	0,3655	0,3656	0,3657
700	-0,6525	-0,6527	-0,6529	-0,6531	-0,6533	-0,6534
800	-1,1805	-1,1809	-1,1812	-1,1815	-1,1819	-1,1822
900	-1,2188	-1,2192	-1,2196	-1,2199	-1,2203	-1,2206
1000	-0,7675	-0,7678	-0,7680	-0,7682	-0,7684	-0,7686
1100	0,1735	0,1735	0,1736	0,1736	0,1737	0,1737
1200	1,6042	1,6046	1,6051	1,6055	1,6060	1,6065

Продолжение табл. I

Темпера- тура, °C	E <sub>I</sub> , мВ					
	3,446	3,447	3,448	3,449	3,450	3,451
300	6,3673	6,3692	6,3710	6,3729	6,3747	6,3766
400	3,8763	3,8774	3,8786	3,8797	3,8808	3,8819
500	1,8758	1,8764	1,8769	1,8774	1,8780	1,8785
600	0,3658	0,3659	0,3660	0,3661	0,3662	0,3664
700	-0,6536	-0,6538	-0,6540	-0,6542	-0,6544	-0,6546
800	-1,1826	-1,1829	-1,1833	-1,1836	-1,1839	-1,1843
900	-1,2210	-1,2213	-1,2217	-1,2220	-1,2224	-1,2228
1000	-0,7689	-0,7691	-0,7693	-0,7695	-0,7698	-0,7700
1100	0,1738	0,1738	0,1739	0,1739	0,1740	0,1740
1200	1,6070	1,6074	1,6079	1,6084	1,6088	1,6093

Продолжение табл. I

Темпера- тура, °C	E <sub>I</sub> , мВ					
	3,452	3,453	3,454	3,455	3,456	3,457
300	6,3784	6,3803	6,3821	6,3840	6,3858	6,3877
400	3,8831	3,8842	3,8853	3,8864	3,8876	3,8887
500	1,8791	1,8796	1,8802	1,8807	1,8812	1,8818
600	0,3665	0,3666	0,3667	0,3668	0,3669	0,3670
700	-0,6548	-0,6550	-0,6552	-0,6554	-0,6555	-0,6557
800	-1,1846	-1,1850	-1,1853	-1,1857	-1,1860	-1,1864
900	-1,2231	-1,2235	-1,2238	-1,2242	-1,2245	-1,2249
1000	-0,7702	-0,7704	-0,7706	-0,7709	-0,7711	-0,7713
1100	0,1741	0,1741	0,1742	0,1742	0,1743	0,1743
1200	1,6098	1,6102	1,6107	1,6112	1,6116	1,6121

Продолжение табл. I

Темпера- тура, °C	E <sub>I</sub> , мВ					
	3,458	3,459	3,460	3,461	3,462	3,463
300	6,3895	6,3914	6,3932	6,3951	6,3969	6,3988
400	3,8898	3,8909	3,8921	3,8932	3,8943	3,8954
500	1,8823	1,8829	1,8834	1,8840	1,8845	1,8850
600	0,3671	0,3672	0,3673	0,3674	0,3675	0,3676
700	-0,6559	-0,6561	-0,6563	-0,6565	-0,6567	-0,6569
800	-1,1867	-1,1870	-1,1874	-1,1877	-1,1881	-1,1884
900	-1,2252	-1,2256	-1,2259	-1,2263	-1,2266	-1,2270
1000	-0,7715	-0,7718	-0,7720	-0,7722	-0,7724	-0,7726
1100	0,1744	0,1744	0,1745	0,1745	0,1746	0,1746
1200	1,6126	1,6130	1,6135	1,6140	1,6144	1,6149

Таблица 2

Значение  $\delta$ , мВ

Темпера- тура, °C	E <sub>2</sub> мВ					
	5,532	5,533	5,534	5,535	5,536	5,537
300	-5,4140	-5,4149	-5,4159	-5,4168	-5,4178	-5,4188
400	-0,7735	-0,7737	-0,7738	-0,7740	-0,7741	-0,7742
500	2,7132	2,7137	2,7142	2,7147	2,7152	2,7157
600	5,0463	5,0472	5,0482	5,0491	5,0500	5,0509
700	6,2258	6,2269	6,2281	6,2292	6,2303	6,2314
800	6,2517	6,2528	6,2539	6,2550	6,2562	6,2573
900	5,1239	5,1248	5,1257	5,1266	5,1276	5,1285
1000	2,8424	2,8429	2,8434	2,8440	2,8445	2,8450
1100	-0,5926	-0,5928	-0,5929	-0,5930	-0,5931	-0,5932
1200	-5,1813	-5,1823	-5,1832	-5,1842	-5,1851	-5,1860

Продолжение табл. 2

Темпера- тура, °C	E <sub>2</sub> мВ					
	5,538	5,539	5,540	5,541	5,542	5,543
300	-5,4198	-5,4208	-5,4217	-5,4227	-5,4237	-5,4237
400	-0,7744	-0,7745	-0,7746	-0,7748	-0,7749	-0,7751
500	2,7162	2,7167	2,7172	2,7176	2,7181	2,7186
600	5,0518	5,0527	5,0536	5,0546	5,0555	5,0564
700	6,2326	6,2337	6,2348	6,2359	6,2371	6,2382
800	6,2584	6,2596	6,2607	6,2618	6,2630	6,2641
900	5,1294	5,1304	5,1313	5,1322	5,1331	5,1340
1000	2,8455	2,8460	2,8465	2,8470	2,8476	2,8481
1100	-0,5933	-0,5934	-0,5935	-0,5936	-0,5937	-0,5938
1200	-5,1870	-5,1879	-5,1888	-5,1898	-5,1907	-5,1917

Продолжение табл. 2

Темпера- тура, °C	E <sub>2</sub> , мВ					
	5,544	5,545	5,546	5,547	5,548	5,549
300	-5,4257	-5,4266	-5,4276	-5,4286	-5,4296	-5,4306
400	-0,7752	-0,7753	-0,7755	-0,7756	-0,7758	-0,7759
500	2,7191	2,7196	2,7201	2,7206	2,7211	2,7216
600	5,0573	5,0582	5,0591	5,0600	5,0609	5,0618
700	6,2393	6,2404	6,2416	6,2427	6,2438	6,2450
800	6,2652	6,2664	6,2675	6,2686	6,2697	6,2709
900	5,1350	5,1359	5,1368	5,1378	5,1387	5,1396
1000	2,8486	2,8491	2,8496	2,8501	2,8506	2,8512
1100	-0,5939	-0,5940	-0,5941	-0,5942	-0,5944	-0,5945
1200	-5,1926	-5,1935	-5,1945	-5,1954	-5,1963	-5,1973

Продолжение табл. 2

Темпера- тура, °C	E <sub>2</sub> , мВ					
	5,550	5,551	5,552	5,553	5,554	5,555
300	-5,4315	-5,4325	-5,4335	-5,4345	-5,4354	-5,4364
400	-0,7760	-0,7762	-0,7763	-0,7765	-0,7766	-0,7767
500	2,7220	2,7225	2,7230	2,7235	2,7240	2,7245
600	5,0628	5,0637	5,0646	5,0655	5,0664	5,0673
700	6,2461	6,2472	6,2483	6,2494	6,2506	6,2517
800	6,2720	6,2731	6,2743	6,2754	6,2765	6,2776
900	5,1405	5,1415	5,1424	5,1433	5,1442	5,1452
1000	2,8517	2,8522	2,8527	2,8532	2,8537	2,8542
1100	-0,5946	-0,5947	-0,5948	-0,5949	-0,5950	-0,5951
1200	-5,1982	-5,1992	-5,2001	-5,2010	-5,2020	-5,2029

Продолжение табл. 2

Темпера- тура, °C	E <sub>2</sub> , мВ					
	5,555	5,557	5,558	5,559	5,560	5,561
300	-5,4374	-5,4384	-5,4394	-5,4403	-5,4413	-5,4423
400	-0,7769	-0,7770	-0,7772	-0,7773	-0,7774	-0,7776
500	2,7250	2,7255	2,7260	2,7265	2,7270	2,7274
600	5,0682	5,0691	5,0701	5,0710	5,0719	5,0728
700	6,2528	6,2540	6,2551	6,2562	6,2573	6,2573
800	6,2788	6,2799	6,2810	6,2822	6,2833	6,2844
900	5,1461	5,1470	5,1479	5,1489	5,1498	5,1507
1000	2,8548	2,8553	2,8558	2,8563	2,8568	2,8573
1100	-0,5952	-0,5953	-0,5954	-0,5955	-0,5956	-0,5958
1200	-5,2038	-5,2048	-5,2057	-5,2066	-5,2076	-5,2085

Продолжение табл. 2

Темпера- тура, °C	E <sub>2</sub> , мВ					
	5,562	5,563	5,564	5,565	5,566	5,567
300	-5,4433	-5,4442	-5,4452	-5,4462	-5,4472	-5,4482
400	-0,7777	-0,7779	-0,7780	-0,7781	-0,7783	-0,7784
500	2,7279	2,7284	2,7289	2,7294	2,7299	2,7294
600	5,0737	5,0746	5,0755	5,0764	5,0774	5,0783
700	6,2596	6,2607	6,2618	6,2630	6,2641	6,2652
800	6,2855	6,2867	6,2878	6,2890	6,2901	6,2912
900	5,1516	5,1526	5,1535	5,1544	5,1554	5,1563
1000	2,8578	2,8584	2,8589	2,8594	2,8599	2,8604
1100	-0,5959	-0,5960	-0,5961	-0,5962	-0,5963	-0,5964
1200	-5,2094	-5,2104	-5,2113	-5,2123	-5,2132	-5,2141



Продолжение табл. 2

Температура, °C	$E_2$ , мВ					
	5,568	5,569	5,570	5,571	5,572	5,573
300	-5,4492	-5,4501	-5,4511	-5,4521	-5,4531	-5,4540
400	-0,7786	-0,7787	-0,7788	-0,7790	-0,7791	-0,7793
500	2,7309	2,7314	2,7319	2,7324	2,7328	2,7333
600	5,0792	5,0801	5,0810	5,0819	5,0828	5,0837
700	6,2663	6,2675	6,2686	6,2697	6,2708	6,2720
800	6,2923	6,2935	6,2946	6,2957	6,2969	6,2980
900	5,1572	5,1581	5,1591	5,1600	5,1609	5,1618
1000	2,8609	2,8614	2,8620	2,8625	2,8630	2,8635
1100	-0,5965	-0,5966	-0,5967	-0,5968	-0,5969	-0,5970
1200	-5,2151	-5,2160	-5,2169	-5,2179	-5,2188	-5,2198

Таблица 3

Значение  $C_t$ , мВ

Температура, °C	$E_3$ , мВ					
	10,542	10,543	10,544	10,545	10,546	10,547
300	1,3800	1,3801	1,3802	1,3804	1,3805	1,3806
400	0,1576	0,1577	0,1577	0,1577	0,1577	0,1577
500	-0,3669	-0,3669	-0,3670	-0,3670	-0,3670	-0,3671
600	-0,1936	-0,1936	-0,1937	-0,1937	-0,1937	-0,1937
700	0,6774	0,6775	0,6776	0,6776	0,6777	0,6778
800	2,2463	2,2465	2,2467	2,2470	2,2472	2,2474
900	4,5130	4,5134	4,5138	4,5143	4,5147	4,5151
1000	7,4774	7,4782	7,4789	7,4796	7,4803	7,4810
1100	11,1397	11,1408	11,1418	11,1429	11,1440	11,1450
1200	15,4998	15,5013	15,5028	15,5042	15,5057	15,5072

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,548	10,549	10,550	10,551	10,552	10,553
300	1,3808	1,3809	1,3810	1,3812	1,3813	1,3814
400	0,1577	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578
500	-0,3671	-0,3671	-0,3672	-0,3672	-0,3672	-0,3673
600	-0,1937	-0,1938	-0,1938	-0,1938	-0,1938	-0,1938
700	0,6778	0,6779	0,6780	0,6780	0,6781	0,6782
800	2,2476	2,2478	2,2480	2,2482	2,2484	2,2486
900	4,5156	4,5160	4,5164	4,5168	4,5173	4,5177
1000	7,4817	7,4824	7,4831	7,4838	7,4845	7,4852
1100	11,1461	11,1471	11,1482	11,1492	11,1503	11,1514
1200	15,5086	15,5101	15,5116	15,5130	15,5145	15,5160

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,554	10,555	10,556	10,557	10,558	10,559
300	1,3816	1,3817	1,3818	1,3819	1,3821	1,3822
400	0,1578	0,1578	0,1578	0,1579	0,1579	0,1579
500	-0,3673	-0,3674	-0,3674	-0,3674	-0,3674	-0,3674
600	-0,1938	-0,1939	-0,1939	-0,1939	-0,1939	-0,1939
700	0,6782	0,6783	0,6783	0,6784	0,6785	0,6785
800	2,2489	2,2491	2,2493	2,2495	2,2497	2,2497
900	4,5181	4,5186	4,5190	4,5194	4,5198	4,5203
1000	7,4860	7,4867	7,4874	7,4881	7,4888	7,4895
1100	11,1524	11,1535	11,1545	11,1556	11,1566	11,1573
1200	15,5174	15,5189	15,5204	15,5219	15,5233	15,5246

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,560	10,561	10,562	10,563	10,564	10,565
300	1,3823	1,3825	1,3826	1,3827	1,3829	1,3830
400	0,1579	0,1579	0,1579	0,1580	0,1580	0,1580
500	-0,3675	-0,3676	-0,3676	-0,3676	-0,3677	-0,3677
600	-0,1940	-0,1940	-0,1940	-0,1940	-0,1940	-0,1940
700	0,6786	0,6787	0,6787	0,6788	0,6788	0,6789
800	2,2501	2,2504	2,2506	2,2508	2,2510	2,2512
900	4,5207	4,5211	4,5215	4,5220	4,5224	4,5228
1000	7,4902	7,4909	7,4916	7,4924	7,4930	7,4938
1100	11,1588	11,1598	11,1609	11,1619	11,1630	11,1640
1200	15,5263	15,5277	15,5292	15,5307	15,5322	15,5336

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,566	10,567	10,568	10,569	10,570	10,571
300	1,3831	1,3832	1,3834	1,3835	1,3836	1,3838
400	0,1580	0,1580	0,1580	0,1580	0,1581	0,1581
500	-0,3677	-0,3678	-0,3678	-0,3678	-0,3679	-0,3679
600	-0,1941	-0,1941	-0,1941	-0,1941	-0,1941	-0,1942
700	0,6790	0,6790	0,6791	0,6792	0,6792	0,6793
800	2,2514	2,2516	2,2518	2,2521	2,2523	2,2525
900	4,5233	4,5237	4,5241	4,5245	4,5250	4,5254
1000	7,4945	7,4952	7,4959	7,4966	7,4973	7,4980
1100	11,1651	11,1662	11,1672	11,1683	11,1693	11,1704
1200	15,5371	15,5366	15,5380	15,5395	15,5410	15,5424

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,572	10,573	10,574	10,575	10,576	10,577
300	1,3839	1,3840	1,3842	1,3843	1,3844	1,3846
400	0,1581	0,1581	0,1581	0,1581	0,1582	0,1582
500	-0,3679	-0,3680	-0,3680	-0,3680	-0,3681	-0,3681
600	-0,1942	-0,1942	-0,1942	-0,1942	-0,1942	-0,1943
700	0,6794	0,6794	0,6795	0,6796	0,6796	0,6797
800	2,2527	2,2529	2,2531	2,2533	2,2536	2,2538
900	4,5258	4,5262	4,5267	4,5271	4,5275	4,5280
1000	7,4987	7,4994	7,5002	7,5009	7,5016	7,5023
1100	11,1714	11,1725	11,1735	11,1746	11,1757	11,1767
1200	15,5439	15,5454	15,5469	15,5483	15,5498	15,5513

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,578	10,579	10,580	10,581	10,582	10,583
300	1,3847	1,3848	1,3850	1,3851	1,3852	1,3854
400	0,1582	0,1582	0,1582	0,1582	0,1582	0,1582
500	-0,3682	-0,3682	-0,3682	-0,3682	-0,3683	-0,3683
600	-0,1943	-0,1943	-0,1943	-0,1944	-0,1944	-0,1944
700	0,6798	0,6798	0,6799	0,6799	0,6800	0,6801
800	2,2540	2,2542	2,2544	2,2546	2,2548	2,2550
900	4,5284	4,5288	4,5292	4,5297	4,5301	4,5305
1000	7,5030	7,5037	7,5044	7,5051	7,5058	7,5065
1100	11,1778	11,1788	11,1799	11,1809	11,1820	11,1830
1200	15,5527	15,5542	15,5557	15,5572	15,5586	15,5601

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,584	10,585	10,586	10,587	10,588	10,589
300	1,3855	1,3856	1,3857	1,3859	1,3860	1,3861
400	0,1583	0,1583	0,1583	0,1583	0,1583	0,1583
500	-0,3684	-0,3684	-0,3684	-0,3685	-0,3685	-0,3685
600	-0,1944	-0,1944	-0,1944	-0,1945	-0,1945	-0,1945
700	0,6801	0,6802	0,6803	0,6803	0,6804	0,6805
800	2,2553	2,2555	2,2557	2,2559	2,2561	2,2563
900	4,5310	4,5314	4,5318	4,5322	4,5327	4,5331
1000	7,5072	7,5080	7,5087	7,5094	7,5101	7,5108
1100	11,1841	11,1852	11,1862	11,1873	11,1883	11,1894
1200	15,5616	15,5630	15,5645	15,5660	15,5674	15,5689

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,591	10,592	10,592	10,593	10,594	10,595
300	1,3863	1,3864	1,3865	1,3867	1,3868	1,3869
400	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584	0,1584
500	-0,3686	-0,3686	-0,3686	-0,3687	-0,3687	-0,3687
600	-0,1945	-0,1945	-0,1945	-0,1946	-0,1946	-0,1946
700	0,6805	0,6806	0,6806	0,6807	0,6808	0,6808
800	2,2565	2,2568	2,2570	2,2572	2,2574	2,2576
900	4,5335	4,5340	4,5344	4,5348	4,5352	4,5357
1000	7,5115	7,5122	7,5129	7,5136	7,5143	7,5150
1100	11,1904	11,1915	11,1926	11,1936	11,1947	11,1957
1200	15,5704	15,5718	15,5733	15,5748	15,5763	15,5777

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,596	10,597	10,598	10,599	10,600	10,601
300	1,3870	1,3872	1,3873	1,3874	1,3876	1,3877
400	0,1584	0,1585	0,1585	0,1585	0,1585	0,1585
500	-0,3688	-0,3688	-0,3688	-0,3689	-0,3689	-0,3690
600	-0,1946	-0,1946	-0,1947	-0,1947	-0,1947	-0,1947
700	0,6809	0,6810	0,6810	0,6811	0,6812	0,6812
800	2,2578	2,2580	2,2582	2,2584	2,2587	2,2589
900	4,5361	4,5365	4,5370	4,5374	4,5378	4,5382
1000	7,5158	7,5165	7,5172	7,5179	7,5186	7,5193
1100	11,1968	11,1978	11,1989	11,2000	11,2010	11,2021
1200	15,5792	15,5808	15,5821	15,5836	15,5851	15,5866

Продолжение табл. 3

Темпера- тура, °C	E <sub>3</sub> , мВ					
	10,602	10,603	10,604	10,605	10,606	10,607
300	1,3878	1,3880	1,3881	1,3882	1,3884	1,3885
400	0,1585	0,1586	0,1586	0,1586	0,1586	0,1586
500	-0,3690	-0,3690	-0,3690	-0,3691	-0,3691	-0,3691
600	-0,1947	-0,1948	-0,1948	-0,1948	-0,1948	-0,1948
700	0,6813	0,6814	0,6814	0,6815	0,6816	0,6816
800	2,2591	2,2593	2,2595	2,2597	2,2599	2,2602
900	4,5387	4,5391	4,5395	4,5400	4,5404	4,5408
1000	7,5200	7,5207	7,5214	7,5221	7,5228	7,5236
1100	11,2031	11,2042	11,2052	11,2063	11,2074	11,2084
1200	15,5860	15,5895	15,5910	15,5924	15,5939	15,5954

РАЗРАБОТАНЫ ВНИИМСО Государственного комитета СССР по стандартам:

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Добровицкий И.Е., канд. техн. наук (руководитель  
работ); Гусевская Л.И.

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ лабораторией государственной метрологической службы и стандартизации ВНИИМСО

Заведующий лабораторией Вдовин Я.А.

Младший научный сотрудник Урманцев Б.А.

УТВЕРЖДЕН директором ВНИИМСО Н.Г.Семенко

ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

Таблица

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения
ГОСТ 8.080-80	вводная часть, приложение I
ГОСТ 8.513-84	п. 4.1.1
ГОСТ 390-69	приложение 2
ГОСТ 427-75	п. 2.1
ГОСТ 859-78	п. 2.1
ГОСТ 982-80	п. 4.2.4.1
ГОСТ 1089-82	п. 2.1
ГОСТ 2850-80	приложение 2
ГОСТ 3640-79	п. 2.1
ГОСТ 5040-78	приложение 2
ГОСТ 6137-80	приложение 2
ГОСТ 6323-79	п. 5.3.3.4

## Продолжение табл.

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения
ГОСТ 8680-73	п. 2.1; приложение 2
ГОСТ 8711-72	п. 2.1
ГОСТ 12766.2-77	приложение 2
ГОСТ 16523-70	приложение 2
ГОСТ 17299-78	п. 4.2.4.1
ГОСТ 18389-73	п. 2.1
ГОСТ 19503-74	приложение 2
ГОСТ 21007-75	п. 2.1
ОСТ 1446-79	приложение 2
ТУ 16-517.847-74	п. 2.1
ТУ 48-1-419-76	приложение 1
ТУ 50-239-84	п. 2.1
ТУ 50-240-80	п. 2.1