

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
СТАНДАРТОВ, МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
СССР

**ПОВЕРКА ПРИБОРОВ
ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
И ТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

*СБОРНИК ИНСТРУКЦИЙ,
МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ
И ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ*

Издание официальное

1 9 6 5



КОМПЕТЕНТНОЕ
УПРАВЛЕНИЕ
СТАНДАРТОВ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
СТАНДАРТОВ, МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
СССР

ПОВЕРКА ПРИБОРОВ
ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
И ТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*СБОРНИК ИНСТРУКЦИЙ, МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ
И ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ*

Издание официальное

ИЗДАТЕЛЬСТВО ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СТАНДАРТОВ,
МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СССР

Москва — 1965

Сборник «Поверка приборов для температурных и тепловых измерений» включает инструкции, методические указания и изменения к ним, утвержденные до 1 февраля 1965 г

Кроме того, в сборник включены стандарты на тепловые приборы для удобства пользования поверителей

В связи с тем, что инструкции, методические указания и стандарты периодически пересматриваются и в них вносятся изменения, необходимо при пользовании сборником проверять действие инструкций, методических указаний, стандартов и наличие изменений к ним по «Информационному указателю»

Инструкция разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии им. Д. И. Менделеева взамен инструкции 163—54, утверждена Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 9 июня 1962 г. и введена в действие 1 ноября 1962 г.

ИНСТРУКЦИЯ 163—62

ПО ПОВЕРКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕРМОПАР *

Инструкция распространяется на находящиеся в применении и выходящие из производства и ремонта технические термопары для интервала температур от -50 до $+1800^{\circ}\text{C}$ и на компенсационные провода, применяемые с ними.

Соблюдение инструкции обязательно для всех организаций и предприятий, производящих поверку термопар.

1. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

1. Принцип действия термопар основан на изменении термоэлектродвижущей силы (т. э. д. с.) термопары от температуры.

2. Термопара состоит из двух разнородных проводников, так называемых термоэлектродов, которые с одной стороны сварены. Место сварки и прилегающие к нему концы термоэлектродов называются рабочим концом термопары. Рабочий конец термопары погружается в среду, температура которой измеряется. Вторые (не сваренные) концы проводников являются «свободными концами». К ним подсоединяются провода от прибора, измеряющего т. э. д. с. термопары. Если температура концов различна, то в термопаре возникает т. э. д. с., которая зависит от материала и температур рабочего и свободного концов термоэлектродов. Если термоэлектроды однородны, то т. э. д. с. термопары не зависит от распределения температуры вдоль них.

3. При измерениях наиболее удобно температуру свободных концов термопары поддерживать равной нулю. Однако, практически это не всегда возможно. Обычно чем выше температура свободных концов, тем меньше т. э. д. с. термопары. При этом предполагается, что температура обоих свободных концов одинакова.

* Инструкция составлена в соответствии с ГОСТ 6616—61 «Термопары», ГОСТ 3044—61 «Термопары Градуировочные таблицы при температуре свободных концов 0°C » и ГОСТ 6071—51 «Термопара (НК-СА) без поправки на температуру свободных концов Градуировка»

На последнее обстоятельство необходимо обращать особое внимание при эксплуатации термопар. Для поддержания равенства температур обоих свободных концов они, обычно, термостатируются.

Т. э. д. с., развиваемая термопарой, температура свободных концов которой не равна 0°C , определяется из уравнения:

$$e_t = e_0 - e,$$

где e_0 — т. э. д. с. термопары при температуре свободных концов 0°C ;

e_t — т. э. д. с. той же термопары при температуре свободных концов $t^\circ\text{C}$;

e — т. э. д. с. при температуре рабочего конца $t^\circ\text{C}$, а свободных — 0°C .

На практике, во избежание дополнительных ошибок, возникающих вследствие отклонения температуры свободных концов от нуля, во многих автоматических и самопишущих приборах применяются специальные автоматические компенсирующие схемы.

4. Зависимость т. э. д. с. платинородий-платиновых термопар от температуры в интервале от 300 до 1300°C выражается квадратичной формулой следующего вида:

$$e_0 = a + bt + ct^2, \quad (1)$$

где a , b и c — постоянные, определяемые путем градуировки термопар в реперных точках цинка, сурьмы, меди.

Зависимость т. э. д. с. платинородиевых термопар типа ПР 30/6 от температуры в интервале от 400 до 1770°C выражается формулой:

$$e = \frac{t^2}{19700 + \frac{(t - 400)^2}{55}}. \quad (2)$$

Формула (1) может быть приведена к виду, удобному для расчета т. э. д. с. термопар:

$$e_0 = e_1\varphi_1(t) + e_2\varphi_2(t) + e_3\varphi_3(t), \quad (3)$$

где e_1 , e_2 , e_3 — т. э. д. с. термопары при температурах затвердевания цинка, сурьмы и меди;

$\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$ и $\varphi_3(t)$ — функции влияния, величины которых приведены в приложении 4

Вычисления функций влияния производятся по следующим формулам:

$$\varphi_1(t) = \frac{(t - t_2)(t - t_3)}{(t_1 - t_2)(t_1 - t_3)}; \quad \varphi_2(t) = \frac{(t - t_1)(t - t_3)}{(t_2 - t_1)(t_2 - t_3)},$$

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

где t_1 , t_2 , t_3 — температуры затвердевания используемых образцов цинка, сурьмы и меди;

t — температура, для которой вычисляется величина т. э. д. с. термопары.

5. Термопары обычно выпускаются с термоэлектродами длиной не более 2—3 м. Однако, практически, часто приходится устанавливать измерительный прибор на значительном расстоянии от термопары. В таких случаях применяют компенсационные (удлинительные) провода.

К каждому свободному концу термопары подключают соответствующий компенсационный провод. Оба компенсационных провода подбирают так, чтобы составленная из них термопара при температуре рабочих концов 100°C и свободных концов 0°C развивала т. э. д. с., близкую к т. э. д. с. термопары, с которой применяются данные компенсационные провода.

В приложении 2 приведены типы компенсационных проводов, применяемых с различными типами термопар, их маркировка, величины т. э. д. с. и допустимые отклонения т. э. д. с. компенсационных проводов от т. э. д. с. соответствующих термопар.

6. Термоэлектрическая неоднородность термоэлектродов термопар может существенно исказить результаты измерения температуры. Возникающая ошибка может достигать иногда 30—40 и более градусов.

Неоднородность электродов обуславливается следующими причинами:

а) местные инородные включения в проволоку (загрязнения) и наклеп;

б) изменение термоэлектрических свойств участков термоэлектродов вследствие воздействия на них высокой температуры;

в) неидентичность физических свойств отдельных участков по длине вновь изготовленной проволоки

Если термопара изготовлена из неоднородных термоэлектродов, то при погружении ее в печь с различными распределениями температуры образующиеся в термоэлектродах паразитные т. э. д. с. будут различным образом искажать развиваемую термопарой т. э. д. с.

Чем больше градиенты температуры, в которые она попадает, тем больше величина паразитной т. э. д. с.

7. Изменение характеристики термопары в условиях эксплуатации неизбежно связано с возникновением ее термоэлектрической неоднородности. Последующая градуировка такой термопары ненадежна.

Если глубина погружения термопары в печь при проверке меньше, чем глубина ее погружения в условиях эксплуатации, то неоднородный участок термопары будет находиться в зоне градиентов температуры поверочной печи. При этом в неоднородной термопаре возникают значительные паразитные т. э. д. с. и первоначальная градуировка термопары существенно искажается. Величина отклонения градуировки от первоначальной характеризует степень износа термопары. Если же при проверке глубина погружения в печь больше, чем при эксплуатации, то износ термопары не обнаружится, и поверка не достигнет цели.

II. ОПЕРАЦИИ, ПРОИЗВОДИМЫЕ ПРИ ПОВЕРКЕ, И ПРИМЕНЯЕМЫЕ СРЕДСТВА

8. Поверка технических термопар состоит из следующих операций:

а) проверки соответствия внешнего вида термопары требованиям пп. 2 и 3 приложения 1;

б) проверки соответствия градуировочной характеристики поверяемой термопары стандартной (приложение 3).

Примечания

1 Отклонения градуировочной характеристики поверяемой термопары от стандартной не должны превышать допустимых отклонений, указанных в п 1 приложения 1

2 Для термопар, типы которых не предусмотрены стандартом, поверка сводится к градуировке, т е определению зависимости т э д с термопары от температуры рабочего конца

9. Для проведения поверки термопар необходимы следующие средства:

а) образцовая термопара;

б) нагревательные устройства (печи);

в) измерительные устройства (лабораторные потенциометры класса 0,03 или более высокого класса точности, например, КЛ-48, ПМС-48 и др.).

В качестве образцовых при поверке термопар в интервале температур от 300 до 1200°С применяются платинородий-платиновые термопары 2-го или 3-го разрядов. Для поверки термопар при температурах от 900 до 1770°С применяются образцовые термопары типа ПР 30/6. Для поверки термопар в интервале температур от —50 до 0°С применяются спиртовые криостаты; в качестве образцового прибора применяется медь-константановая термопара 2-го разряда.

Нагрев рабочих концов термопар при поверке производится в электрических печах. Для градуировки рабочих термопар в интервале температур от 300 до 1200°С рекомендуется применять горизонтальные электрические печи. Особенностью конструкции этих печей является то, что нагревательная обмотка в них накладывается не на трубу, образующую рабочее пространство печи, а на трубу, расположенную коаксиально с последней. Образующаяся между трубами воздушная прослойка служит дополнительной изоляцией электродов термопары от нагревателя и тепловой изоляцией, выравнивающей температурное поле печи.

Из серийно выпускаемых могут использоваться печи типа Т-40/600.

10. Для поверки термопар из благородных металлов до 1800°С может применяться печь (рис. 1). Рабочее пространство печи образуется трубой 1 из окиси алюминия. На трубу 1 наложен экран 2, выполненный из тантала. Экран защищает термопару от

частиц графита. Нагрев осуществляется током, пропускаемым через графитовый нагреватель 3.

Чтобы увеличить срок службы графитового нагревателя, пространство между ним и наружным экраном 4 заполняется ламповой сажей 5, создающей дополнительную восстановительную атмосферу и служащей тепловой изоляцией. Контакты нагревателя с токоподводом и наружная оболочка печи охлаждаются проточной водопроводной водой

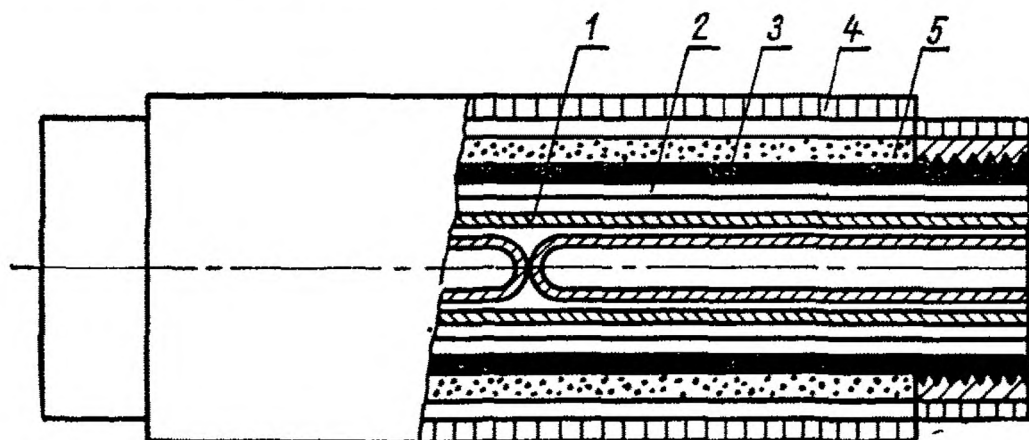


Рис 1

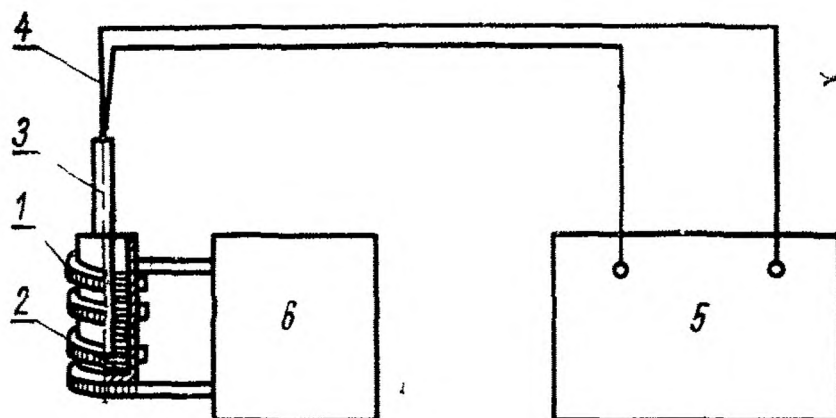


Рис 2

Проверка термопар из благородных металлов может производиться методом малого погружения. Для осуществления этого метода используется индукционная печь (рис 2).

В индуктор 1 устанавливается тигель с металлом 2, температура затвердевания которого используется как постоянная точка. С помощью генератора высокой частоты 6, мощность которого регулируется, металл расплавляют, перегревая его выше температуры плавления на 40—50 град. В расплавленный металл погружается охранный колпачок 3. Колпачок центрируется в тигле на такой высоте, чтобы нижний конец его находился в однородном температурном поле (если слиток металла полностью распла-

гается в индукторе, то на протяжении 10—15 мм от дна тигля колебания температуры не превышают 1—2 град). Затем подаваемая в индуктор мощность снижается и во время затвердевания металла или измеряется его температура, или производится градуировка термопары. Измерение температуры затвердевания ниже 1100°С производится с помощью образцовой термопары 4 и потенциметрической установки 5, выше 1100°С — образцовым оптическим пирометром. При определении температуры затвердевания металла образцовым оптическим пирометром полостью черного излучения служит охранный колпачок, погруженный в металл.

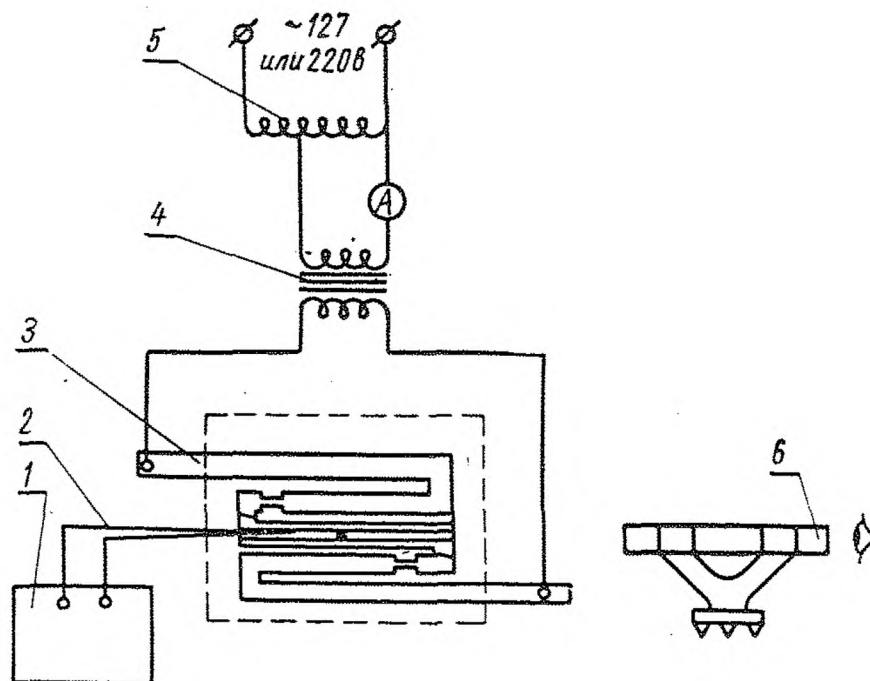


Рис. 3

1 — потенциметрическая установка; 2 — термопара; 3 — графитовый нагреватель; 4 — трансформатор; 5 — регулировочный трансформатор; 6 — оптический пирометр.

Для градуировки термопар методом малого погружения применяются технически чистые металлы: цинк, сурьма, серебро, медь, никель, палладий, платина, к которым предъявляется лишь требование наличия четкой и легкопроизводимой площадки затвердевания.

11. Для градуировки термопар из неблагородных металлов до 1700°С используется печь (рис. 3). Температура внутри печи создается плоским графитовым нагревателем специальной формы (рис. 4). В центральной части нагревателя имеется отверстие, в которое с одной стороны вставляется трубка, а с другой — колпачок из окиси алюминия. Трубка и колпачок должны соприкасаться в центре печи. Места входа трубки и колпачка в графит, и швы корпуса печи уплотняются асбестом, смоченным в жидком

стекле. Благодаря наличию сажи вокруг графитового нагревателя создается восстановительная атмосфера, удлиняющая срок его службы.

Измерение т. э. д. с. образцовой и градуируемой термопар из благородных металлов и термопар до 1700°C из неблагородных металлов проводится на компенсационной установке, обеспечивающей точность отсчета ± 1 мкв. Для этой цели могут быть использованы установки типа УПН-3/3 или УТТ-3. Измерение

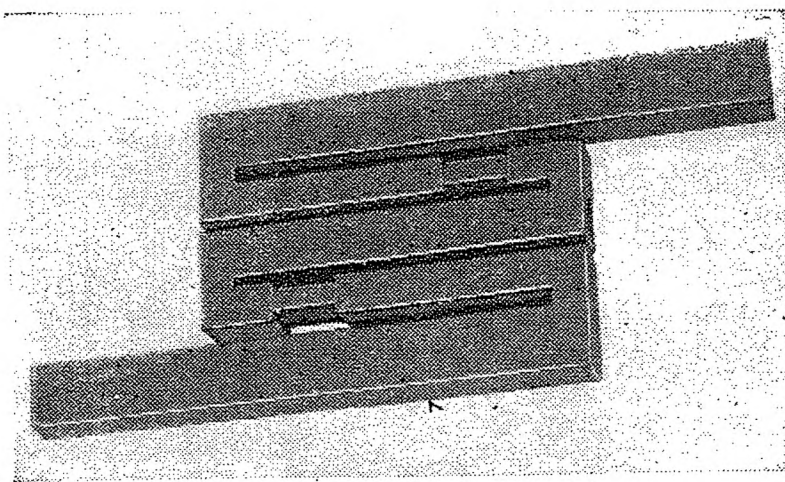


Рис. 4

т. э. д. с. термопар из неблагородных металлов, используемых до 1100°C , может проводиться лабораторным потенциометром класса 0,3. Для поверки или градуировки термопар в интервале температур от 0 до 300°C применяются: нулевой термостат (0°C), водяной кипятильник (100°C), водяной термостат (от 0 до 100°C), масляный термостат (от 90 до 300°C). Вместо масляного термостата может применяться солевой (от 218 до 550°C).

III. ПОВЕРКА

12. Поверка термопар сводится к градуировке (определению зависимости т. э. д. с. термопары от температуры ее рабочего конца) и установлению соответствия их пп. 2 и 3 технических требований (приложение 1).

13. При подготовке к поверке необходимо установить соответствие термопар требованиям пп. 2 и 3 приложения 1.

14. Принятые в поверку термопары из благородных металлов подвергаются очистке и отжигу. Для этого концы освобожденной от изоляции термопары присоединяются к токоподводящим проводам, термопара растягивается и подвешивается в наклонном положении в воздухе так, чтобы рабочий спай был ниже свободных концов не менее чем на 200 мм. Через термопару пропускается

ток, накаливающий ее до температуры 1100—1150°С (яркостная температура платинового электрода 1000—1050°С). При диаметре термоэлектродов 0,5 мм для получения указанной температуры необходимо через термопару пропускать ток около 10,5—11 а.

Затем, касаясь верхнего конца термоэлектродов кусочком буры, получают на раскаленном термоэлектроде капли расплавленной буры, которые, скатываясь по термоэлектродам, очищают их от загрязнений.

После очистки рабочий конец термопары промывается в дистиллированной воде для удаления остатков буры. Затем термопару подвергают отжигу, для чего ее вновь подвешивают в воздухе и пропускают ток, накаляя до температуры 1100—1150°С, выдерживая при этой температуре в течение 1 ч.

На термоэлектроды отожженной термопары надевают чистую фарфоровую изоляцию, причем обязательно изолируются оба термоэлектрода. Для изоляции применяется или двухканальная трубка внешним диаметром 3,5—4,5 мм, или одноканальная трубка внешним диаметром 1,5—2 мм. Длина участков термопары, армированных фарфоровыми трубочками, должна быть не менее 500 мм. Рабочий спай термопары и примыкающие к нему участки термоэлектродов длиной 2—5 мм должны оставаться обнаженными. Свободные концы термопар (на участке длиной около 500 мм) армируются хлорвиниловой или кембриковой изоляцией.

Термопары из неблагородных металлов предварительной обработке не подвергаются.

15. Температура свободных концов образцовой термопары в течение всего процесса градуировки поддерживается равной 0°С (смесь чистого истолченного льда с водой). При невозможности поддерживать температуру свободных концов поверяемых термопар, равной 0°С, поверка может производиться и при иной температуре, которая должна измеряться с погрешностью не более 0,1 град и заноситься в протокол. Окончательные результаты градуировки термопары должны быть приведены к температуре свободных концов 0°С. Последнее требование не распространяется на термопары НК-СА и ПР 30/6.

16. Во всех случаях необходимо следить за тем, чтобы было обеспечено равенство температур мест контактов обоих термоэлектродов поверяемых термопар с соединительными проводами.

Для этого оголенные на 10—15 мм свободные концы термопары и соединительные провода скручивают или спаивают и погружают в пробирки с сухим трансформаторным маслом. Пробирки с маслом устанавливаются в смесь льда с водой или в воду, температура которой измеряется.

Место контакта термоэлектродов с соединительными проводами должно быть тщательно ограждено от воздействия прямых тепловых лучей нагревательной печи. Между торцом печи и свободными концами термопар рекомендуется ставить асбестовый экран.

17. Нагрев рабочих концов образцовой и градуируемых термопар из благородных металлов проводится в горизонтальных трубчатых печах. Для поверки термопар из неблагородных металлов в интервале температур 300—1100° С применяются нагревательные печи, аналогичные применяемым для градуировки термопар из благородных металлов в области 300—1200° С, но в их конструкции допускается уменьшение количества керамических труб до двух, причем нагревательная обмотка может накладываться непосредственно на внутреннюю трубу.

18. Поверка и градуировка рабочих платинородий-платиновых термопар в интервале температур 300—1200° С производится в трубчатой печи сравнением их т. э. д. с. с т. э. д. с. образцовой платинородий-платиновой термопары 2-го разряда методом сличения или методом поэлектродного сличения.

Примечание Определение т. э. д. с. термопары при температуре до 300° С может производиться в водяном и масляном термостатах, температура в которых измеряется образцовым ртутным термометром.

19. Отожженные и армированные термопары из благородных металлов помещаются в печь так, чтобы обеспечивалось равенство температур рабочих концов всех термопар. Для этого необходимо соблюдение следующих условий:

а) рабочие концы всех термопар должны плотно связываться платиновой проволокой или помещаться в специальный платиновый блок;

б) пучок термопар должен быть центрирован по оси печи;

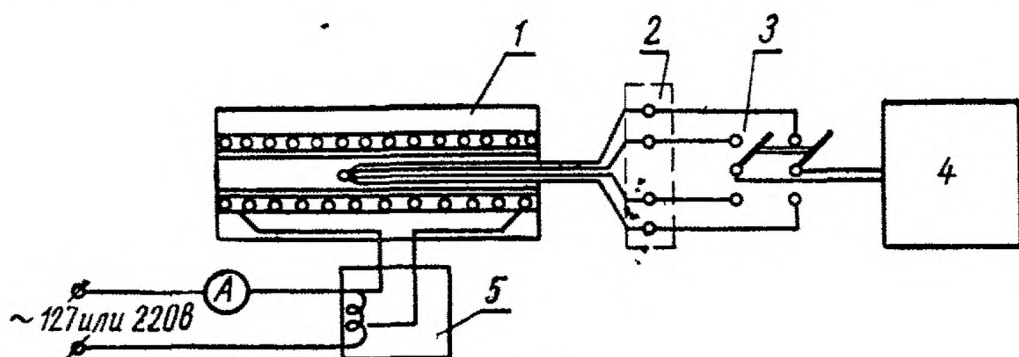


Рис 5

1 — печь; 2 — термостат для свободных концов, 3 — переключатель;
4 — потенциометрическая установка; 5 — автотрансформатор.

в) рабочие концы термопар должны находиться в зоне максимальной температуры печи;

г) после установки термопар в печь оба отверстия последней должны быть плотно закрыты пережженным асбестом. При этом надо следить, чтобы частицы асбеста не попадали в рабочее пространство печи.

20. Процесс поверки термопар методом сличения (рис. 5) ведется следующим образом: по достижении в печи необходимой

температуры сила тока в нагревательной обмотке регулируется так, чтобы скорость изменения температуры в печи не превышала 0,2—0,4 град в минуту. После этого последовательно отсчитывается т. э. д. с. всех термопар, начиная с образцовой, сначала в прямом, затем в обратном порядке; отсчеты повторяются и заканчиваются тогда, когда для каждой термопары будет сделано не менее четырех отсчетов.

Измерения т. э. д. с. термопары производятся через 100—200° С при температурах, близких к целым сотням градусов, начиная от 300° С до верхнего температурного предела градуировки. Всего должны быть сняты значения т. э. д. с. не менее чем при четырех температурах, равномерно расположенных в интервале температур градуировки.

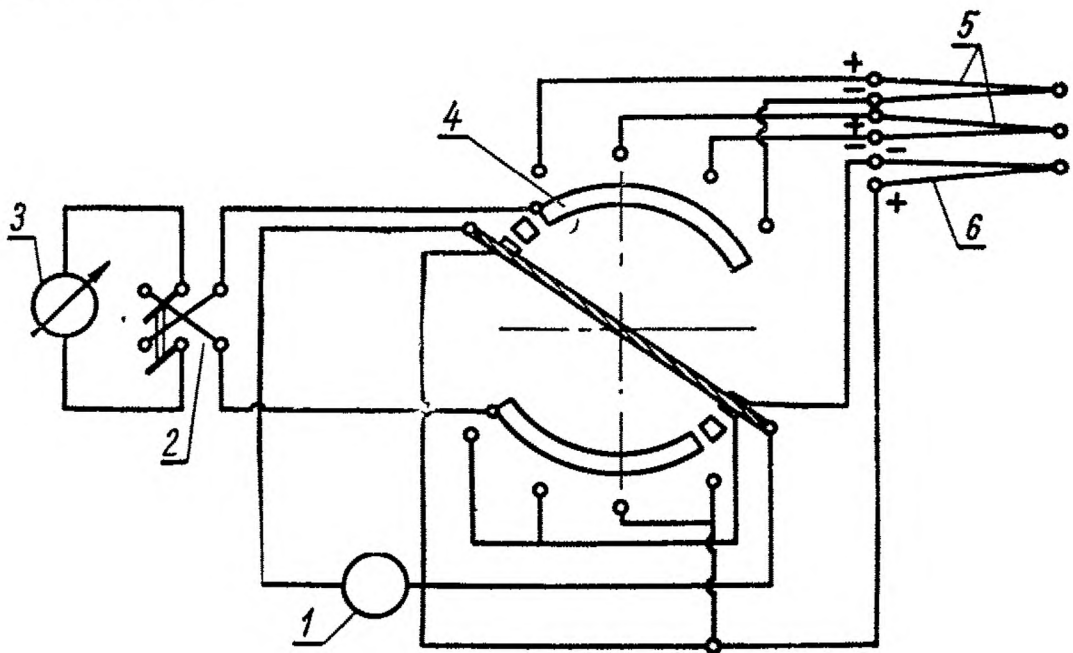


Рис. 6

1 — милливольтметр, 2 — перекидной переключатель, 3 — гальванометр, 4 — переключатель, 5 — поверяемые термопары, 6 — образцовая термопара

21. Электрическая схема соединения при поэлектродном методе поверки (рис. 6) предусматривает использование милливольтметра МВ для определения температуры в печи по т. э. д. с. образцовой термопары и гальванометра НП для измерения т. э. д. с.

Для монтажа схемы поэлектродного сличения можно использовать обычный многоточечный переключатель, термоконтактная т. э. д. с. которого не превышает величины $0,2\Delta U$, где ΔU — цена одной ступени младшей декады используемого потенциометра. При поэлектродном методе сличения измеряется величина т. э. д. с. термопары, образуемой одноименными термоэлектродами градуируемой и образцовой термопар. В случае использования компенсационной установки термоэлектроды градуируемых термопар рекомендуется подключать на зажим «+» потенциометра.

По достижении требуемой температуры в печи, ток в нагревателе регулируют таким образом, чтобы во время измерений температура оставалась постоянной в пределах 10 град. Разность температур свободных концов образцовой и градуируемой термопар не должна превышать $\pm 0,2$ град, при этом температура свободных концов должна поддерживаться постоянной и лежать в пределах от 0 до 30° С (лучше всего применять смесь льда с дистиллированной водой).

Измерение т. э. д. с. пары платиновых и платинородиевых термоэлектродов при градуировке или поверке проводится не менее двух раз с обязательным инверсированием измеряемого напряжения. Градуировка термопар проводится дважды, причем между градуировками термопары обязательно монтируются заново.

Число одновременно поверяемых термопар не должно превышать пяти, так как при большем числе термопар невозможно обеспечить равномерное температурное поле в области расположения рабочих концов термопар.

22. При градуировке термопар методом поэлектродного сличения определяют величину разности т. э. д. с. (Δe_t) градуируемой и образцовой термопар по формуле:

$$\Delta e_t = \Delta e_{PtRh} - \Delta e_{Pt}$$

где Δe_{PtRh} — т. э. д. с. пары, образованной платинородиевыми термоэлектродами образцовой и градуируемой термопар;

Δe_{Pt} — т. э. д. с. пары, образованной платиновыми термоэлектродами образцовой и градуируемой термопар.

Указанные соотношения действительны, если термоэлектроды градуируемых термопар подключаются на зажимы «+», а термоэлектроды образцовых термопар подключаются на зажимы «—» потенциометра.

Величина т. э. д. с. градуируемой термопары $e_t^{град}$ при температуре t определяется по формуле:

$$e_t^{град} = e_t^{обр} + \Delta e_t$$

где $e_t^{обр}$ — величина т. э. д. с. образцовой термопары при температуре t ;

Δe_t — разность т. э. д. с. градуируемой и образцовой термопар при температуре t .

Пример. В результате измерений при температуре 1083° С получены следующие величины разностей т. э. д. с.: $\Delta e_{Pt} = 8$ мкв, $\Delta e_{PtRh} = -4$ мкв. Если по свидетельству т. э. д. с. образцовой термопары в точке меди равна 10,543 мв, то $e_{1083}^{град} = e_{1083}^{обр} + \Delta e_{1083} = 10,543 + (-0,012) = 10,531$ мв.

Если отклонения т. э. д. с. поверяемой термопары от т. э. д. с. стандартной таблицы не превышают допустимых, указанных в при-

ложении 1 настоящей инструкции, то термопара считается годной к применению.

23. Проверка рабочих платинородиевых термопар в интервале температур 900—1800°С производится или по постоянным точкам методом малого погружения или сравнением их т. э. д. с. с т. э. д. с. образцовой термопары ПР 30/6.

24. При градуировке термопар по постоянным точкам методом малого погружения следует применять керамические материалы для тиглей и охранных колпачков в соответствии с табл. 1. В графе 2 табл. 1 дан минимальный вес металла, необходимый для осуществления площадки затвердевания при использовании тиглей, размеры которых указаны в графе 6. Количество металла выбрано так, чтобы при погружении в тигель охранный колпачок с наружным диаметром 5—7 мм вокруг него был бы слой металла толщиной не менее 10 мм. В этом случае наблюдается достаточно четкая площадка затвердевания.

Таблица 1

Металл	Количество металла г	Температура затвердевания °С	Материал покрытия поверхности	Материал тигля	Размеры тиглей (внутренние) мм	Материал колпачка	Величина перегрева град
1	2	3	4	5	6	7	8
Цинк	300	419,5	—	Графит	30×150	Прозрачный кварц	20—30
Сурьма	300	630,5	Березовый уголь	»	30×150	То же	80—90
Серебро	350	960,8	То же	»	30×150	»	30—40
Медь	500	1083	»	»	30×150	»	30—40
Никель	400	1452	Окись кальция	Окись алюминия с окисью титана	Конический диаметр 35—45 и высота 55—70	Окись алюминия с окисью титана	30—50
Палладий	500	1550	—	То же	То же	То же	30—40
Платина	800	1770	—	»	»	»	10—20

Кроме того, в таблице указаны (для некоторых металлов) материал покрытия поверхности с целью предохранения от окисления и ориентировочная величина перегрева металла, необходимая для получения четкой площадки затвердевания.

25. Для плавления металлов применяется индукционная печь с цилиндрическим индуктором небольших размеров. Например, может быть использован индуктор из 5—6 витков трубки квадратного сечения 10×10 мм, имеющий внутренний диаметр 55—60 мм, высоту 70 мм.

26. Тигель с металлом устанавливается в индукторе так, чтобы дно тигля располагалось на уровне нижнего витка индуктора, а поверхность металла — на уровне верхнего витка. Тигель от индуктора изолируется слоем листового асбеста.

27. Область равномерной температуры (колебания вдоль оси не превышают $\pm 0,5^\circ\text{C}$) внутри тигля с металлом должна быть протяженностью не менее 10—15 мм.

Равномерность температурного поля проверяется следующим образом: охранный колпачок погружают по оси тигля в металл так, чтобы дно его опиралось на дно тигля. В охранный колпачок вводится термопара. Температура, близкая к температуре затвердевания металла, поддерживается постоянной путем регулирования мощности в индукторе. При этом производится измерение температуры вдоль оси колпачка. Для этого опущенную в колпачок термопару передвигают вдоль оси колпачка, начиная от дна его, и через каждые 5 мм производят измерения т. э. д. с., по которым определяется температура в данной точке тигля.

Для этой же цели может быть использована дифференциальная термопара, спаи которой расположены друг от друга на расстоянии 5 мм.

28. При градуировке термопар после установки тигля с металлом в индуктор включают печь и нагревают металл со скоростью 10—20 град в минуту до полного его расплавления.

29. В расплавленный металл по оси тигля медленно погружают колпачок, закрытый конец которого устанавливают в области равномерной температуры в тигле. Глубина погружения колпачка в металл должна быть 40—50 мм, при расстоянии конца его от дна тигля 10—15 мм.

30. После погружения колпачка в металл проверяют его целостность, помещая в него длинную фарфоровую соломку без термопары. Если соломка из колпачка извлекается без следов металла, то в него можно погружать термопару.

31. Для наблюдения площадки затвердевания мощность индуктора уменьшают так, чтобы температура металла понижалась со скоростью 4—5 град в минуту.

Скорость понижения температуры определяется по изменению величины т. э. д. с. термопары или по показаниям оптического пирометра. Через некоторое время изменение температуры прекращается, и она остается постоянной в течение всего периода фазового перехода металла (площадка затвердевания).

32. Периодически после проведения 15—20 плавок, измеряют температуру затвердевания данной навески металла.

Для определения температуры затвердевания образцов цинка, сурьмы, серебра и меди используются образцовые платинородий-платиновые термопары 2-го разряда, устанавливаемые в колпачок вместо поверяемой термопары. Желательно температуру каждой навески металла определять двумя образцовыми термопарами.

Температура затвердевания образцов никеля определяется

с помощью образцового оптического пирометра. В качестве излучателя при этом используют погруженную в металл часть колпачка, которая образует полость излучения. Если глубина погружения в металл составляет 40—50 мм при внутреннем диаметре колпачка не более 4—5 мм, то коэффициент черноты такой полости настолько близок к единице, что систематической погрешностью от нечерноты излучения полости можно пренебречь.

Над колпачком на его оси устанавливают призму полного внутреннего отражения, с помощью которой лучи, выходящие из колпачка, направляются в объектив пирометра. Величина пирометрического ослабления призмы определяется из отдельных экспериментов. При определении температуры затвердевания каждого образца металла оптическим пирометром производится не менее 3—4 серий измерений.*

Температуры затвердевания палладия и платины (при чистоте металла по сертификату не ниже 99,95) принимаются равными указанным в Положении о международной температурной шкале 1948 г., т. е. 1552 и 1769° С соответственно.

33. После измерения температуры затвердевания используемого образца металла приступают к градуировке, которая производится следующим образом: в охранный колпачок погружают градуируемую термопару, после чего мощность в индукторе повышают до тех пор, пока температура металла превысит температуру плавления на величину, указанную в графе 8 табл. 1. Затем мощность в индукторе снижается так, чтобы скорость охлаждения была бы примерно равной 4—5 град/мин, и при температуре затвердевания металла определяется т. э. д. с. градуируемой термопары. Отсчеты т. э. д. с. термопары ведут непрерывно. При этом получают 6—20 отсчетов т. э. д. с. в течение одной площадки затвердевания.

34. Т. э. д. с. термопары измеряется на компенсационной установке, обеспечивающей точность отсчета ± 1 мкв, т. е. класса 0,01—0,015.

При соблюдении вышеперечисленных условий, погрешность градуировки термопар не превышает $\pm 0,2—0,3\%$ от измеренной температуры во всей области температур от 400 до 1770° С.

35. При градуировке рабочих платинородиевых термопар путем сравнения их т. э. д. с. с т. э. д. с. образцовых термопар в печи до 1800° С, следует соблюдать следующий порядок работы.

В высокотемпературную (до 1800° С) печь для градуировки термопар из благородных металлов (рис. 1), с двух сторон вставляются трубки с закрытым концом (колпачки) из окиси алюминия с окисью титана так, чтобы их концы соприкасались в центре участка печи с равномерной температурой (длина и расположение этого участка определяется заранее после изготовления или

* Серия — многократное, обычно 10—15-кратное, измерение силы тока в пирометрической лампочке пирометра в течение одной площадки затвердевания

ремонта печи). Длина участка печи с колебаниями температуры в ± 5 град должна быть не менее 4—5 см. Таким образом, при градуировке термопар из благородных металлов рабочие концы градуируемой и образцовой термопар длиной 20—25 мм находятся в зоне равномерной температуры.

Одновременно в печь помещается не более четырех термопар (две с одной стороны и две — с другой), одна или две из которых являются образцовыми.

Т. э. д. с. термопар измеряется через каждые 100°C при температурах, близких к сотням градусов. Погрешность градуировки термопар методом сличения составляет 0,5 — 0,7% от величины измеряемой температуры в печи.

36. По достижении в печи необходимой температуры сила тока в графитовом нагревателе регулируется так, чтобы скорость изменения температуры в печи не превышала 1—2 град/мин. Отсчет т. э. д. с. всех термопар на компенсационной установке (или потенциометре) производится последовательно, в порядке: образцовая, 1-я поверяемая, 2-я поверяемая, 3-я поверяемая, образцовая. Затем 3-я поверяемая, 2-я поверяемая, 1-я поверяемая, образцовая термопары. Производится 3—4 цикла отсчетов.

37. В случае необходимости градуировки и поверки термопар до температур 300°C (по требованию организации, представившей термопару), эта поверка производится сравнением с образцовыми стеклянными ртутными термометрами 2-го разряда в жидкостных нагревательных ваннах (водяном или масляном термостате).

38. При градуировке или поверке термопар до 300°C рабочий конец термопары погружается в стеклянную или металлическую пробирку, в которую для улучшения теплопередачи налито масло. Глубина погружения рабочего конца термопары в ванну должна быть такой, чтобы обеспечивалось равенство температуры резервуара образцового термометра и рабочего конца поверяемой термопары; для установления этого равенства при постоянной температуре ванны меняют глубину погружения термопары; т. э. д. с. термопары должна при этом оставаться постоянной. Отсчеты показаний образцового термометра и т. э. д. с. поверяемых термопар через каждые 20—50 град производятся при постоянных, устанавливаемых в ванне, температурах и в том же порядке, как и при поверке в электропечах.

39. При поверке и градуировке рабочих термопар из неблагородных металлов в интервале температур 300 — 1100°C температура рабочих концов поверяемых термопар определяется образцовой платинородиевой термопарой 2-го или 3-го разряда.

Примечание Рабочий конец образцовой термопары не должен иметь непосредственно контакта со спаем термопары из неблагородных металлов. Для этого образцовая термопара защищается тонкостенным колпачком из кварца или фарфора. Рабочие концы поверяемых термопар остаются обнаженными на 8—10 мм от спая

40. Для обеспечения равенства температуры рабочих концов образцовой и поверяемых термопар из неблагородных металлов они могут помещаться в никелевый блок и вместе с блоком погружаться в печь так, чтобы рабочие концы находились в зоне максимальной температуры печи. В случае отсутствия никелевого блока термопары связываются в пучок, последний должен быть центрирован в печи так, чтобы термопары не касались стенок печи. Поверка методом сличения производится согласно п. 20 настоящей инструкции. Число одновременно поверяемых термопар не должно превышать шести.

Т. э. д. с. поверяемой и образцовой термопар определяются по средним арифметическим значениям, найденным из отсчетов показаний каждой из этих термопар в соответствующей точке.

Примечание После отсчета т. э. д. с. по потенциометру к каждому из отсчетов необходимо придать поправку к показаниям потенциометра. Поправка определяется из свидетельства на потенциометр.

Искомая т. э. д. с. каждой поверяемой термопары равна среднему арифметическому значению (с поправкой на потенциометр), если температура ее свободных концов поддерживалась равной 0°C . Если по условиям поверки температура свободных концов поверяемой термопары поддерживалась постоянной, но не равной 0°C , то показания термопары необходимо привести к температуре свободных концов 0°C (на термопары НК-СА и ПР 30/6 это требование не распространяется).

Поправка на температуру свободных концов данной поверяемой термопары вводится следующим образом: если температура свободных концов во время поверки была равна t , то поправка численно равна т. э. д. с. поверяемой термопары при температуре рабочего конца t и температуре свободных концов 0°C .

Пример. При поверке хромель-алюмелевой термопары температура ее свободных концов равна $+20^{\circ}\text{C}$.

Среднее арифметическое значение т. э. д. с. поверяемой термопары было равно $20,01\text{ мв}$. Чтобы получить значение т. э. д. с. поверяемой термопары при той же температуре рабочего конца, но при температуре свободных концов 0°C , в стандартной градуировочной таблице градуировки ХА (приложение 3), находят т. э. д. с., соответствующую температуре рабочего конца $+20^{\circ}\text{C}$ и свободных концов 0°C ; эта т. э. д. с. равна $0,80\text{ мв}$. Прибавляя эту величину к $20,01\text{ мв}$, получают $20,81\text{ мв}$. Это и будет т. э. д. с. поверяемой термопары при температуре t , приведенная к температуре свободных концов 0°C .

41. При поверке стандартных термопар в интервале $0—1200^{\circ}\text{C}$ температура рабочего конца поверяемой термопары определяется по показаниям образцовой термопары с использованием при подсчетах стандартной градуировочной таблицы платинородий-платиновой термопары (приложение 3) одним из следующих способов.

1) Из наблюдений при температуре вблизи 500°C получено среднее арифметическое значение т. э. д. с. образцовой термопары, равное $4,26\text{ мв}$, при температуре ее свободных концов 0°C . По градуировочной таблице, данной в свидетельстве на образцовую термопару, температурам рабочего и свободных концов, равным 500 и 0°C , соответствует т. э. д. с. $4,23\text{ мв}$.

Для тех же температур свободных (0°C) и рабочего (500°C) концов из стандартной градуировочной таблицы находят т. э. д. с., равную $4,22\text{ мв}$. Определяют разность между стандартным значением т. э. д. с. и т. э. д. с. образцовой термопары по свидетельству: $4,22 - 4,23 = -0,01\text{ мв}$. Полученную разность алгебраически складывают со средним арифметическим значением т. э. д. с.: $4,26 + (-0,01) = 4,25\text{ мв}$.

В стандартной градуировочной таблице находят температуру, соответствующую $4,25\text{ мв}$, которая равна 503°C ; это и будет искомая температура рабочего конца образцовой, а следовательно, и поверяемых термопар.

Описанный способ основан на вполне справедливом допущении, что градуировочные кривые для образцовой платинородий-платиновой термопары и стандартной градуировочной таблицы градуировки ПП-1 подобны.

2) Из наблюдений при температуре вблизи 500°C получено среднее арифметическое значение т. э. д. с. образцовой платинородий-платиновой термопары, равное $4,26\text{ мв}$ при температуре ее свободных концов 0°C .

Из данных, приведенных в свидетельстве на образцовую термопару, 500°C соответствует т. э. д. с. $4,23\text{ мв}$. Находим разность между измеренной т. э. д. с. и т. э. д. с., найденной из свидетельства. В нашем случае эта разность равна $4,26 - 4,23 = +0,03\text{ мв}$. Величина приращений т. э. д. с. на градус для термопары каждого типа известна. В данном случае, при температурах 500°C $\frac{de}{dt} = 0,01 \frac{\text{мв}}{\text{град}}$. Отличие температуры рабочего конца термопары от 500°C определяется путем деления полученной разности между измеренной т. э. д. с. и т. э. д. с., найденной из свидетельства, на величину приращения т. э. д. с. термопары на градус. В нашем случае частное будет равно: $\frac{0,03\text{ мв} \cdot \text{град}}{0,01\text{ мв}} = +3\text{ град}$. Следовательно, температура рабочего конца термопары равна $500 + (+3) = 503^{\circ}\text{C}$.

При расчете необходимо обращать внимание на знак разности между измеренной т. э. д. с. и т. э. д. с., найденной из свидетельства для данной температуры.

Далее в соответствующей стандартной градуировочной таблице (приложение 3) находится величина т. э. д. с., соответствующая температуре рабочего конца термопары ХА. Путем сравнения этой т. э. д. с. со средним арифметическим значением т. э. д. с. поверяе-

мой термопары, приведенным к температуре свободных концов 0°C , определяется величина отклонения т. э. д. с. поверяемой термопары от значения т. э. д. с. стандартной градуировочной таблицы.

42. Градуировка рабочих термопар из неблагородных металлов в области температур от 900 до 1700°C производится путем сличения их т. э. д. с. с показаниями образцового оптического пирометра.

43. В высокотемпературную печь (рис. 3) для градуировки термопар с одной стороны вставляется трубка, с другой — трубка с закрытым концом из окиси алюминия. Их концы должны соприкасаться приблизительно в центре печи.

В трубку с закрытым концом погружаются градуируемые термопары. С другой стороны печи на дно колпачка наводится оптический пирометр. По достижении необходимой температуры, сила тока в печи регулируется так, чтобы скорость изменения температуры в печи не превышала $3-4$ град/мин. С помощью оптического пирометра определяется температура дна колпачка. В это же время производится измерение т. э. д. с. градуируемых термопар. Отсчеты показаний приборов производятся в следующем порядке: ток в лампочке пирометра при уравнивании яркости ее нити с яркостью дна колпачка (четыре раза), т. э. д. с. 1-й термопары, т. э. д. с. 2-й термопары (по два раза), затем опять показания оптического пирометра.

По найденному среднему значению величины силы тока в пирометрической лампочке образцового пирометра определяют температуру дна колпачка, в которой помещены поверяемые термопары. Для этого используются данные свидетельства пирометра.

Пример. При проверке среднее значение силы тока в лампочке образцового пирометра было найдено равным $0,4650$ а. В свидетельстве на оптический пирометр имеются следующие градуировочные данные (табл. 2).

Таблица 2

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Сила тока, а	а/град
900	0,3330	0,00039
1000	0,3720	
1100	0,4130	0,00041
1200	0,4560	0,00043
1300	0,5010	0,00045
1400	0,5480	0,00047

Ближайшим к полученному нами значению силы тока является $0,4560$ а, соответствующее 1200°C . Находим разность между измеренным и значениями по свидетельству:

$$\Delta I = 0,4650 - 0,4560 = + 0,0090 \text{ а,}$$

что, в переводе в градусы составит $\frac{0,0090}{0,00045} = 20^\circ \text{C}$. Следовательно, полученные нами значения т. э. д. с. термопар соответствуют температуре 1220°C

44. Поверка термопар нестандартных градуировок производится методами, описанными в пп. 20, 28—43 настоящей инструкции. Затем строится градуировочная кривая в удобном масштабе и с графика снимаются величины т. э. д. с. данной термопары через каждые 100°C .

Можно вместо градуировочной кривой строить график зависимости Δe_t от t , где Δe_t есть разность между значениями e_t , полученными при градуировке, и значениями e_t для какой-либо приближенной кривой или прямой, проходящей через одну из точек e_t .

Примечание Градуировка термопар нестандартных градуировок заканчивается составлением градуировочной таблицы в рабочем диапазоне температуры, которая выдается организации, представившей термопару.

45. Компенсационные провода, входящие в комплект термоэлектрического пирометра, служат для отвода свободных концов термопары в зону с известной постоянной температурой.

46. Основные характеристики компенсационных проводов даны в приложении 2.

47. Для определения термоэлектрической характеристики компенсационных проводов концы их зачищаются от изоляции и с одной стороны скручиваются и спаиваются.

К свободным концам присоединяют медные провода для подключения к потенциометру. Затем рабочий конец термопары, образованной из компенсационных проводов, помещают в кипятильник или масляную ванну, нагретую до 100°C . Температуру в кипятильнике или ванне измеряют образцовым термометром. Свободные концы помещают в пробирки с маслом, погруженные в тающий лед, или, в случае отсутствия льда, — в воду комнатной температуры; при этом температура воды должна измеряться с точностью $\pm 0,5^\circ \text{C}$.

После достижения стационарного теплового состояния производят отсчеты показаний образцового термометра и измерение т. э. д. с. на потенциометре. Полученные значения температур рабочего и свободного концов и величину т. э. д. с. заносят в протокол поверки.

IV. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

48. Все данные, полученные при поверке, заносятся в протокол (приложение 5 и 6).

49. Термопары, удовлетворяющие требованиям настоящей инструкции, подвергаются клеймению.

При выпуске термопар из производства клеймо выбивается пуансоном на металлической головке кожуха термопары.

При проверке термопар, находящихся в эксплуатации, клеймо ставится на клеммной головке подключения термопары.

По требованию организации, представившей термопару, выдается свидетельство, на оборотной стороне свидетельства приводится градуировочная таблица данной термопары и указывается температура свободных концов термопары при градуировке.

1 Допустимые отклонения т э д с термопар от градуировочных таблиц, предусмотренных ГОСТ 3044—61 и ГОСТ 6071—51.

Наименование термопар	Условное обозначение градуировки	Верхний предел длительного применения термопары °С	Допустимые отклонения т. э. д. с. термопар от градуировочных таблиц ±мв	
			в пределах от 0 до 300° С	выше 300°С
Платинородий-платина	ПП-1	1300	0,01	0,01 + + 2,5·10 ⁻⁵ (t - 300)
Платинородиевые	ПР 30/6	1600	Не применяются	0,01 + + 3,3·10 ⁻⁵ (t - 300)
Хромель-алюмель	ХА	1000	0,16	0,16 + + 2,0·10 ⁻⁴ (t - 300)
Хромель-копель	ХК	600	0,20	0,20 + + 6,0·10 ⁻⁴ (t - 300)
Сплавов НК-СА	НК-СА	1000	Для t = 100° С 0,6 мв, для t = 200° С 0,12 мв, для t = 300° С 0,12 мв	±0,15

Примечание Положительным электродом термопары ПР 30/6 является проволока, изготовленная из сплава. 30% родия и 70% платины, отрицательным — электрод из проволоки, изготовленной из сплава. 6% родия и 94% платины.

2 Термопары из неблагородных металлов, поступающие в поверку или градуировку в поверочные органы Комитета стандартов, мер и измерительных приборов, должны быть представлены без защитных чехлов, термопары из благородных металлов — освобожденными от всякого рода арматуры (в том числе фарфоровой изоляции) Поступающие в поверку термопары из благородных металлов взвешивают с точностью до 0,01 г или измеряют их длину.

3 Термоэлектроды термопар из неблагородных металлов не должны иметь сварок, поверхность их должна быть чистой и гладкой Термопары с сильно изношенными, перегоревшими и хрупкими термоэлектродами в поверку не принимаются

Термопары из благородных металлов не должны иметь более двух сварок на каждом термоэлектроде Допускается лишь слегка загрязненная поверхность термоэлектродов Термопары с хрупкими термоэлектродами в поверку не принимаются

Если термоэлектроды термопар из благородных металлов сварены из двух или трех кусков, то т. э. д. с., развиваемая при нагревании отдельных имеющих на термоэлектроде сварок до 800° С (при условии равенства температур рабочего и свободного концов), не должна превышать у платинородий-платиновой термопары ±0,01 мв.

Таблица основных характеристик компенсационных проводов, применяемых с термопарами

Для каких термопар предназначается	Материал жил компенсационных проводов и цвет их оплетки				Цвета общих опознаватель- ных нитей, проложенных в проводе	Условное буквенное обозначение	Т. э. д. с. в паре между жилами при температурах рабочего и свободного концов 100 и 0°С, мВ	Допустимое огклонение величины т. э. д. с. \pm мВ
	электропо- лотельный	цвет	электроотри- цательный	цвет				
Хромель-алюмель	Медь	Красный	Константан	Коричне- вый	Красно- белый	М	4,10	0,15
Хромель-алюмель	Хромель	Фиолетовый	Алюмель	Черный	Фиолетово- черный	ХА	4,10	0,15
Хромель-копель	»	Фиолетовый	Копель	Желтый	Фиолетово- желтый	ХК	6,90	0,30
Платинородий- платина	Медь	Красный	Слав ТП	Зеленый	Зелено- белый	П	0,64	0,03

Табл. 1—4 градуировок термопар см. в ГОСТ 3044—61.

Таблица 5

ТЕРМОПАРА НК-СА

Температура рабочего конца °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<i>мВ</i>									
300	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47
310	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57
320	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67
330	0,68	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,79
340	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
350	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03
360	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,11	1,12	1,13	1,15	1,16
370	1,17	1,19	1,20	1,21	1,23	1,24	1,25	1,27	1,28	1,30
380	1,31	1,32	1,34	1,35	1,37	1,38	1,39	1,41	1,42	1,44
390	1,45	1,47	1,48	1,50	1,51	1,53	1,54	1,56	1,57	1,59
400	1,60	1,62	1,63	1,65	1,66	1,68	1,69	1,71	1,72	1,74
410	1,75	1,77	1,79	1,80	1,82	1,83	1,85	1,87	1,88	1,90
420	1,92	1,93	1,95	1,96	1,98	2,00	2,01	2,03	2,05	2,06
430	2,08	2,10	2,12	2,13	2,15	2,17	2,18	2,20	2,22	2,24
440	2,25	2,27	2,29	2,31	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,41
450	2,43	2,45	2,47	2,49	2,50	2,52	2,54	2,56	2,58	2,60
460	2,62	2,63	2,65	2,67	2,69	2,71	2,73	2,75	2,77	2,79
470	2,81	2,82	2,84	2,86	2,88	2,90	2,92	2,94	2,96	2,98
480	3,00	3,02	3,04	3,06	3,08	3,10	3,12	3,14	3,16	3,18
490	3,20	3,22	3,24	3,26	3,29	3,31	3,33	3,35	3,37	3,39
500	3,41	3,43	3,45	3,47	3,49	3,50	3,52	3,54	3,56	3,58
510	3,60	3,62	3,64	3,66	3,67	3,69	3,71	3,73	3,75	3,77
520	3,79	3,81	3,83	3,85	3,87	3,88	3,90	3,92	3,94	3,96
530	3,98	4,00	4,02	4,04	4,06	4,08	4,10	4,12	4,14	4,15
540	4,17	4,19	4,21	4,23	4,25	4,27	4,29	4,31	4,33	4,35
550	4,37	4,39	4,41	4,43	4,45	4,47	4,49	4,50	4,52	4,54
560	4,56	4,58	4,60	4,62	4,64	4,66	4,68	4,70	4,72	4,74
570	4,76	4,78	4,80	4,82	4,84	4,86	4,88	4,90	4,92	4,94
580	4,96	4,98	5,00	5,02	5,04	5,06	5,08	5,10	5,12	5,14
590	5,16	5,18	5,20	5,22	5,24	5,26	5,28	5,30	5,32	5,34
600	5,36	5,38	5,40	5,42	5,44	5,46	5,48	5,50	5,52	5,54
610	5,56	5,58	5,60	5,62	5,64	5,67	5,69	5,71	5,73	5,75
620	5,77	5,79	5,81	5,83	5,85	5,87	5,89	5,91	5,93	5,95
630	5,97	5,99	6,01	6,03	6,05	6,07	6,09	6,11	6,13	6,15
640	6,17	6,19	6,21	6,23	6,25	6,27	6,29	6,31	6,33	6,36
650	6,38	6,40	6,42	6,44	6,46	6,48	6,50	6,52	6,54	6,56
660	6,58	6,60	6,62	6,64	6,66	6,68	6,70	6,72	6,74	6,76
670	6,78	6,80	6,82	6,84	6,86	6,88	6,90	6,92	6,94	6,96
680	6,98	7,00	7,03	7,05	7,07	7,09	7,11	7,13	7,15	7,17
690	7,19	7,21	7,23	7,25	7,27	7,29	7,31	7,33	7,35	7,37
700	7,39	7,41	7,43	7,45	7,47	7,49	7,51	7,53	7,55	7,57
710	7,59	7,61	7,63	7,65	7,67	7,69	7,71	7,73	7,75	7,77
720	7,79	7,81	7,83	7,86	7,88	7,90	7,92	7,94	7,96	7,98
730	8,00	8,02	8,04	8,06	8,08	8,10	8,12	8,14	8,16	8,18

Таблица 6

Средние градуировки термопар, не предусмотренных ГОСТ 3044—61
и ГОСТ 6071—51 при температуре свободных концов 0° С

Температура рабочего конца °С	Медь- копель	Медь- констан- тан	Железо- констан- тан	Железо- копель	ПР 13/1	Вольфрам- молибден ВМ*	ВР5/20*
	т э д с , мв						
0	0	0	0	0	0	—	—
100	4,75	4,16	5,15	5,75	0,50	—	—
200	10,29	8,87	10,60	12,00	1,13	—	—
300	16,49	14,13	16,26	18,11	1,84	—	—
400	23,14	20,05	21,91	24,56	2,64	—	—
500	30,16	26,20	27,61	30,91	3,49	—	—
600	37,48	—	33,36	37,41	4,42	—	—
700	—	—	39,31	44,12	5,40	—	—
800	—	—	45,52	51,17	6,43	—	—
900	—	—	—	—	7,51	—	—
1000	—	—	—	—	8,68	—	—
1100	—	—	—	—	9,77	—	—
1200	—	—	—	—	10,94	—	—
1300	—	—	—	—	12,13	0,0	—
1400	—	—	—	—	13,32	0,5	22,5
1500	—	—	—	—	14,51	1,1	23,6
1600	—	—	—	—	15,69	1,2	24,9
1700	—	—	—	—	—	2,5	26,2
1800	—	—	—	—	—	3,2	27,7
1900	—	—	—	—	—	4,0	28,5
2000	—	—	—	—	—	4,8	29,5
2100	—	—	—	—	—	—	30,5
2200	—	—	—	—	—	—	31,5
2300	—	—	—	—	—	—	32,5

* Термопары ВМ и ВР не рекомендуются для применения в окислительной атмосфере и воздухе. Приведенные в таблице градуировочные значения ориентировочны.

ПРОТОКОЛ

Дата _____

поверки рабочих термомпар градуировки _____
представленных _____

Поверка производилась по образцовым приборам

образцовой термомпаре № _____, образцовому по-
тенциометру № _____

Замечания по внешнему осмотру _____

		Показания термомпар, мв		
		образцовой термомпары №	поверяемых №	образцовой термомпары №

Измерение	1			
	2			
	3			
	4			

Среднее арифметическое _____

Т э д с, приведенная к температуре свободных концов 0° С

Поправка по свидетельству на образцовую термомпару

Температура, °С _____

Погрешности проверяемых термомпар

Заключение _____

Поверку производил:

П Р О Т О К О Л

поверки рабочих термопар № _____

градуировка _____, принадлежащих _____

Поверка производилась поэлектродным методом

образцовая термопара № _____, потенциометр № _____

Условия градуировки _____ Дата _____

Т. э. д. с. образцовой термопары	Показания поверяемых термопар №							
	+	-	+	-	+	-	+	-

Заключение

Поверку производил:

Инструкция разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии им Д. И. Менделеева взамен инструкции 164—54, утверждена Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров Союза ССР 22 августа 1961 г. и введена в действие 1 января 1962 г.

На основании приказа Государственного комитета стандартов, мер и измерительных приборов СССР № 11-из от 31/X—1964 г в пп 8, 15, 16, 17, 21, приложение 1, приложение 6, приложение 8—10 инструкции внесены изменения

ИНСТРУКЦИЯ 164—61

ПО ПОВЕРКЕ ПИРОМЕТРИЧЕСКИХ МИЛЛИВОЛЬТМЕТРОВ

Инструкция составлена на основе ГОСТ 1845—59 «Приборы электроизмерительные. Общие технические требования» и ГОСТ 9736—61 «Милливольтметры и логометры для измерения неэлектрических величин».

Инструкция распространяется на показывающие, самопишущие и регулирующие пирометрические милливольтметры и является обязательной для всех организаций, производящих градуировку и поверку милливольтметров.

1. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПИРОМЕТРИЧЕСКИХ МИЛЛИВОЛЬТМЕТРОВ

1. Устройство и принцип действия пирометрического милливольтметра магнитно-электрической системы заключается в следующем.

Рамка прибора (обычно прямоугольная) состоит из большого количества витков тонкой изолированной медной или алюминиевой проволоки. Рамка укреплена на оси между полюсами постоянного магнита и может вращаться в узком воздушном зазоре, образованном полюсными наконечниками магнита и концентрически установленным между ними железным сердечником. В результате взаимодействия между проходящим через рамку током и магнитным полем в воздушном зазоре создается вращающий момент M_1 , поворачивающий рамку вокруг оси. Благодаря тому, что магнитное поле в воздушном зазоре имеет всюду одинаковую напряженность, а направление силовых линий магнитного поля перпендикулярно поверхности сердечника, величина действующего на рамку вращающего момента M_1 для каждого данного прибора не зависит от положения рамки, а зависит лишь от силы тока i , проходящего через рамку.

к значению C_2 , равному $0,0143888 \text{ м} \cdot \text{град}$. Аналогичное исследование, выполненное в Университете Джона Гопкинса в 1957 г., дало значение $0,0143886 \text{ м} \cdot \text{град}$.

Добавляя к определенным выше международным практическим температурам, выраженным в градусах Цельсия, $T_0 = 273,15 \text{ град}$, получают международные практические температуры, выраженные в градусах Кельвина. Вычитая T_0 из абсолютных термодинамических температур, получают термодинамические температуры в градусах Цельсия.

Таблица III дает рекомендуемые обозначения; стрелки указывают направление перехода от температуры, определенной первоначально, к температуре, полученной путем изменения начала отсчета.

Т а б л и ц а III

Международная практическая температурная шкала

Международная практическая температура $t_{\text{межд}}$ Обозначение единицы: $^{\circ}\text{C}$ (межд. 1948) градус Цельсия международный практический 1948	\longrightarrow	Международная практическая температура (абсолютная) $T_{\text{межд}} = t_{\text{межд}} + T_0$ Обозначение единицы: $^{\circ}\text{K}$ (межд. 1948) градус Кельвина международный практический 1948
--	-------------------	--

Термодинамическая температурная шкала

Термодинамическая температура (в градусах Цельсия) $t = T - T_0$ Обозначение единицы: $^{\circ}\text{C}$ (терм.) градус Цельсия термодинамический	\longleftarrow	Термодинамическая температура (абсолютная) T Обозначение единицы: $^{\circ}\text{K}$ градус Кельвина
---	------------------	---

$(T_0 = 273,15 \text{ град})$

Примечание. В обозначении международной практической температуры индекс «межд» при t может быть опущен, если это не вызовет недоразумений.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Инструкция 156—60	По поверке образцовых платиновых термометров сопротивления 1-го и 2-го разрядов и платиновых термометров сопротивления повышенной точности . . .	3
Инструкция 157—62	По поверке платиновых и медных технических термометров сопротивления	33
Инструкция 158—62	По поверке измерительных приборов к термометрам сопротивления (мостов и логометров)	46
Инструкция 159—60	По поверке стеклянных жидкостных термометров	75
Инструкция 160—62	По поверке манометрических термометров	125
Инструкция 161—60	По поверке образцовых платинородий-платиновых термопар и термопар повышенной точности	136
Инструкция 162—62	По поверке образцовых медь-константановых термопар 2-го разряда	178
Инструкция 163—62	По поверке технических термопар	185
Инструкция 164—61	По поверке пирометрических милливольтметров	211
Инструкция 165—62	По поверке комплектов термоэлектрических пирометров	239
Инструкция 166—63	По поверке автоматических потенциометров	251
Инструкция 167—61	По поверке технических оптических пирометров с исчезающей нитью накала	282
Инструкция 168—62	По поверке образцовых температурных ламп 2-го разряда и лабораторных температурных ламп на яркостные и цветовые температуры	349
Инструкция 170—63	По поверке образцовых 1 и 2-го разрядов и лабораторных оптических пирометров для измерения яркостных температур от 900 до 10 000° С	372
Инструкция 171—58	По поверке фотоэлектрических пирометров	401
Инструкция 172—62	По определению фактической теплоемкости калориметров	416
Инструкция 173—63	По поверке телескопов образцовых радиационных пирометров 2-го разряда (для измерения температур от 600 до 2500° С)	434
Инструкция 174—63	По поверке технических термопар для измерения температуры в интервале от —200 до 0° С	495
Методические указания № 170	По поверке фотоэлектрических цветковых пирометров	503
Методические указания № 172	По поверке оптических пирометров с исчезающей нитью накала в интервале температур 1800—6000° С	512
Методические указания № 179	По поверке поверхностных термопар	526
Методические указания № 240	По градуировке и поверке телескопов радиационных пирометров с показателем визирования 1/50 для предела измерения 1500—3000° С	534
Методические указания № 241	По поверке приборов и установок для определения коэффициента теплопроводности методом стационарного режима	542
		707

Методические указания № 242 По градуировке технических полупроводниковых термометров сопротивления в области температур от -100 до $+300^{\circ}\text{C}$	552
ГОСТ 6616—61 Термопары	567
ГОСТ 6651—59 Термометры сопротивления	576
ГОСТ 7164—58 Потенциометры и уравновешенные мосты автоматические электронные	597
ГОСТ 9736—61 Милливольтметры и логометры для измерения неэлектрических величин	612
ГОСТ 3044—61 Термопары Градуировочные таблицы при температуре свободных концов 0°C	626
ГОСТ 8335—59 Пирометры оптические	657
ГОСТ 10627—63 Телескопы радиационных пирометров Градуировочные таблицы электродвижущих сил	665
ГОСТ 8624—64 Термометры манометрические	670
Положение о международной практической температурной шкале 1948 г. Редакция 1960 г.	693

Издательство стандартов
 Москва, ул. Щусева, д. 4
 Редактор изд-ва *Н. А. Куликова*
 Технический редактор *Е. З. Рашевская*
 Корректор *А. Г. Старостин*

Изд. № 79/5.	Сдано в набор 1/ХІІ 1964 г.	Подписано в печать 20/ІІ 1965 г.
Формат $60 \times 90^{1/16}$, 44,25 печ. л. — 44,65 уч.-изд. л.	Тираж 8000	Зак. № 1533
Цена в перепл. № 5 2 р. 33 к.		

2-я типография Военного издательства Министерства обороны СССР
 Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10