

КОНТРОЛЬНЫЙ

ЭТАЛОН

ОАО «Владимирский завод  
«ЭТАЛОН»



Экз. № 1

Термометр сопротивления  
образцовый  
3-го разряда  
ПТС-100

Методика поверки  
ДДЖ 2.821.164ДЗ

г.р. 32645-06



## 1 Область применения

Настоящая методика распространяется на термометры сопротивления образцовые 3-го разряда, предназначенные для поверки термометров и точного измерения температур от минус 196 до 419,527 °С (77 – 692,677 К) (далее – термометры) и устанавливает методы их первичной и периодической поверок. Межповерочный интервал 2 года. Технические требования к термометрам установлены в технических условиях ТУ 4211-017-02566817-2006.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.381-80 (СТ СЭВ 403-76) ГСИ. Эталоны. Способы выражения погрешностей

ГОСТ 8.558-93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

ГОСТ 17435-72 Линейки чертежные. Технические условия

ГОСТ 23737-79 (СТ СЭВ 593-85) Меры электрического сопротивления. Общие технические условия

## 3 Определения, обозначения и сокращения

Термометр – термометр сопротивления образцовый 3-го разряда ПТС-100.

Относительное сопротивление термометра при температуре  $t$  – отношение сопротивления термометра при температуре  $t$  к его сопротивлению в тройной точке воды.

Номинальное сопротивление термометра – сопротивление термометра при температуре 0°С.

Измерительный ток – сила тока, протекающего через чувствительный элемент термометра при измерении температуры.

$R_0$  – номинальное сопротивление термометра

$R_T$  – сопротивление термометра в тройной точке воды.

$R_p$  – сопротивление термометра в реперной точке.

$W_p$  – относительное сопротивление термометра в реперной точке ( $p$  – символ химического элемента или вещества).

#### 4 Операции поверки

Поверка термометров включает в себя операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Пункт настоящей методики	Обязательность проведения	
		Первичной поверки	Периодической поверки
1 Внешний осмотр и опробование	9.1	+	+
2 Проверка электрического сопротивления изоляции	9.2	+	-
3 Определение метрологических характеристик термометров			
3.1 Определение нестабильности термометров	9.3	+	+
3.2 Определение относительного сопротивления термометра при температуре плавления галлия	9.4	+	+
3.3 Определение градуировочной характеристики термометров в диапазоне температур выше 0°C	9.5	+	+
3.4 Определение градуировочной характеристики термометров ниже 0°C.	9.6	+	+
3.5 Определение доверительной погрешности термометров	10	+	+

## 5 Средства поверки

При поверке должны быть использованы средства поверки и вспомогательные средства, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки и вспомогательные средства

Наименование средств поверки и вспомогательных средств	Нормативно – техническая характеристика	
1 Линейка с делениями 2 Ампула тройной точки воды	Длина шкалы 750 мм по ГОСТ 17435 Длина внутреннего колодца 300-350 мм, диаметр 8-20 мм. погрешность воспроизведения температуры фазового перехода не более $\pm 0,0002$ °C	
3 Печь для отжига	Внутренняя поверхность печи не должна содержать металлических частей. Рабочая температура 100-660°C Абсолютная погрешность поддержания температуры $\pm 5$ °C. Градиент температуры в рабочем пространстве печи не более 5°C/м	
4 Установка для реализации реперных точек МТШ-90 [1]:	Изменение температуры по длине ампулы реперной точки, °C:	Абсолютная погрешность воспроизведения температуры фазового перехода, °C*10 <sup>-3</sup> :
4.1 Точка плавления галлия	0,05	$\pm 0,5$
4.2 Точка затвердевания олова	0,2	$\pm 1$
4.3 Точка затвердевания цинка	0,2	$\pm 2$
5 Установка для реализации ванн ожигенных газов типа ВКГ	Диапазон температур минус 219 – минус 196 °C. Нестабильность температуры за время измерения не более 0,005 °C	
6 Термометр - эталонный 1-го разряда типа ПТС	Диапазон температур минус 196 - 0°C	
7 Компаратор напряжений Р-3017	Класс 0,002	

Продолжение таблицы 2

Наименование средств поверки и вспомогательных средств	Нормативно – техническая характеристика
8 Образцовая мера электрического сопротивления	Номинальное сопротивление: 100 Ом – по ГОСТ 23737. Погрешность аттестации не более 0,001 %. Нестабильность температуры не должна приводить к изменению значения меры за время измерений более чем на 0,001 %
9 Термометр для измерения температуры меры электрического сопротивления	Погрешность не более $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
10 Термометр для измерения температуры помещения	Погрешность не более $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
11 Мегаомметр	Тип М4100/3
12 Психрометр бытовой	Тип ПБ-1Б
13 Комбинированный прибор	Ц 4342
Примечание - Допускается использовать другие вновь разработанные или находящиеся в применении средства поверки, прошедшие поверку и удовлетворяющие требованиям настоящего стандарта	

### 6 Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

6.1 Измерительный пульт должен находиться в помещении при температуре  $(20 \pm 2,0)^{\circ}\text{C}$ , относительной влажности не более 80%, атмосферном давлении  $(101,3 \pm 10)$  кПа.

6.2 Измерительный ток для термометров устанавливается равным  $(1,0 \pm 0,1)$  мА.

6.3 В помещении, в котором проводят поверку не должно быть дыма, пыли, вибрации.

6.4 Помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

### 7 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки следует:

7.1 Проверить наличие всех средств измерений, необходимых для поверки, согласно разделу 5 и нормативной документации, устанавливающей методику их эксплуатации.

7.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 6.

7.3 Подготовить к работе измерительный пульт, установки, печи и поверяемые термометры согласно нормативной документации на соответствующие средства измерений и вспомогательные средства.

## 8 Требования безопасности

8.1 При работе с ампулами тройной точки воды следует соблюдать особую осторожность. Работать с ампулами разрешается только в защитных очках.

8.2 Сосуды Дьюара, предназначенные для работы с жидкими газами, должны быть чистыми и сухими.

8.3 Необходимо беречь сосуды Дьюара от попадания в них органических веществ.

8.4 В помещении, в котором проводят поверку, категорически запрещается курить, пользоваться огнем, хранить огнеопасные и горючие вещества и материалы.

8.5 Во время проведения поверки при высоких температурах термометр следует извлекать из печи медленно, соблюдая особую осторожность во избежание получения ожогов.

8.6 После извлечения из печи запрещается трогать термометр руками и класть его на легковоспламеняющуюся поверхность.

## 9 Проведение поверки

### 9.1 Внешний осмотр и опробование

9.1.1 При осмотре следует установить соответствие термометра требованиям, изложенным ниже.

Комплектность, упаковка, маркировка и габаритные размеры термометра должны соответствовать требованиям нормативной документации. Корпус термометра должен быть без повреждений.

9.1.2 Электрические цепи термометра не должны быть нарушены. Опробование электрической схемы проводят с помощью прибора Ц 4342.

Термометры, не удовлетворяющие требованиям, изложенным выше, дальнейшей поверке не подлежат.

### 9.2 Проверка электрического сопротивления изоляции термометра

Проверку проводят при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $(60 \pm 15)\%$  с помощью мегаомметра типа М 4100/3. Электрическое сопротивление изоляции между выводами и корпусом термометра должно быть не менее 100 МОм. В противном случае термометр бракуют.

### 9.3 Определение нестабильности термометра

#### 9.3.1 Определение нестабильности термометров при первичной поверке

9.3.1.1 Проводят измерение сопротивления термометра в тройной точке воды  $R_{\text{ТН}}$  по методике изложенной в 9.4.8.

9.3.1.2 Проводят отжиг термометра – выдерживают термометр в печи, предварительно нагретой до  $(500 \pm 5)^\circ\text{C}$  в течении 5 ч.

9.3.1.3 Измеряют сопротивление термометра в тройной точке воды  $R_{\text{ТК}}$ .

9.3.1.4 Рассчитывают значение расхождения  $\Delta R_{\text{T}}$  между  $R_{\text{ТК}}$  и  $R_{\text{ТН}}$  в температурном эквиваленте по следующей формуле:

$$\Delta R_T = (R_{TK} - R_{TH}) / (dR/dT)_T, \quad (1)$$

где  $\Delta R_T$  – расхождение между  $R_{TK}$  и  $R_{TH}$  в температурном эквиваленте, °C  
 $R_{TH}$  – сопротивление термометра в тройной точке воды до отжига, Ом  
 $R_{TK}$  – сопротивление термометра в тройной точке воды после отжига, Ом  
 $(dR/dT)_T$  – чувствительность термометра при 0,01°C, Ом/°C  
 (Чувствительность термометра ПТС-100 при 0,01°C – 0,4 Ом/°C).

9.3.1.5 Значение  $\Delta R_T$  не должно превышать 0,01 °C. В противном случае повторяют отжиг по 9.3.1.2.

9.3.1.6 Общая продолжительность отжига во время определения нестабильности не должна превышать 60 ч. Если условия 9.3.1.5 по-прежнему не выполняются, то термометр бракуют.

9.3.2 Определение нестабильности термометров при периодической поверке

9.3.2.1 Измеряют сопротивление термометра в тройной точке воды  $R_{TH}$  по методике, изложенной в 9.4.8, и вычисляют разность между  $R_{TH}$  и значением, приведенным в свидетельстве о поверке  $R_{TH}$ , в температурном эквиваленте по формуле (1).

Если разность превышает 0,01 °C, то определяют нестабильность по 9.3.1.1.....9.3.1.6. Термометры, не удовлетворяющие требованиям нестабильности, бракуют.

9.4 Определение сопротивления термометра в точке плавления галлия  $W_{Ga}$ .

Определяют значение сопротивления термометра в точке плавления галлия по методике, изложенной в пп. 9.5.2 – 9.5.4. определяют значение сопротивления термометра в тройной точке воды по методике, изложенной в 9.5.6. Рассчитывают относительное сопротивление  $W_{Ga}$  по формуле:

$$W_{Ga} = R_{Ga} / R_{TTB},$$

где  $W_{Ga}$  – относительное сопротивление термометра в точке плавления галлия;

$R_{Ga}$  – сопротивление термометра в точке плавления галлия, Ом;

$R_{TTB}$  – сопротивление термометра в тройной точке воды, Ом.

Значение относительного сопротивления должно быть не менее 1,11795.

9.5 Определение градуировочной характеристики термометров в диапазоне температур выше 0°C

Градуировку термометров в диапазоне температур выше 0°C проводят в реперных точках.

9.5.1 Проводят три цикла измерений сопротивления термометра в реперных точках. После каждого измерения проверяют сопротивление в тройной точке воды ТТВ. Последовательность реализации реперных точек следующая: Zn, ТТВ, Sn, ТТВ.

9.5.2 Методика измерения сопротивления термометров в реперных точках металлов следующая. Термометр помещают в капсулу с металлом после того, как зафиксировано начало фазового перехода. Через 15 мин начинают измерять сопротивление термометра.

9.5.3 Изменение значения сопротивления за 5 мин не должно превышать  $\pm 0,005$  °С в температурном эквиваленте, что является критерием достижения теплового равновесия термометра и металла. Если данное условие не выполняется, измерения повторяют до тех пор, пока не будет достигнуто тепловое равновесие.

9.5.4 Выполняют не менее пяти отсчетов сопротивления термометра на площадке фазового перехода. Результаты фиксируют в специальном журнале поверки. За значение сопротивления в реперной точке принимают среднее арифметическое из результатов пяти отсчетов.

9.5.5 После окончания измерений сопротивления термометр извлекают из капсулы и охлаждают на воздухе до комнатной температуры.

9.5.6 Измерение сопротивления термометра в тройной точке воды должно быть проведено после каждого измерения его сопротивления в реперной точке металла. Методика измерения следующая.

Термометр погружают в термостат со смесью льда и воды при температуре 0°С и выдерживают там не менее 15 мин. Затем термометр извлекают из термостата и погружают в канал ампулы тройной точки воды. Ампула должна быть подготовлена к работе по методике, приведенной в нормативной документации. Через 15 мин начинают измерения. За результат измерения сопротивления термометра принимают среднее арифметическое из результатов пяти отсчетов.

9.6 Градуировка термометров ПТС-100 в диапазоне температур ниже 273,16 К

Градуировку термометров проводят методом сличения градуируемого термометра с эталонным 1-го разряда.

Примечание – Допускается проводить градуировку термометров методом калибровки непосредственно в реперных точках МТШ-90 ниже 273,16 К.

9.6.1 Для проведения градуировки термометров при температуре кипения азота их вместе с эталоном 1-го разряда помещают в блок сравнения установки для реализации ванн ожиженных газов при атмосферном давлении. Измерение сопротивления термометров проводят в соответствии с нормативной документацией на установку.

9.6.2 При градуировке термометров в диапазоне температур 77 – 273,16 К проводят не менее 5 измерений ( по два отсчета каждое) в двух температурных точках – при температуре кипения азота и в тройной точке воды. Нестабильность температуры должна быть не более 5 мК за время каждого измерения. Дрейф температуры в точке 77 К при проведении 5 измерений должен быть не более 0,05 К.

Значения сопротивлений термометров рассчитывают как среднее арифметическое из результатов пяти измерений при каждой температуре.



## 10 Обработка результатов поверки. Определение доверительной погрешности термометра

10.1 обработка результатов измерений сопротивления термометров в температурном диапазоне выше 0°C

10.1.1 Рассчитывают доверительную погрешность результата измерения сопротивления в тройной точке воды в температурном эквиваленте по формулам:

$$\delta_T = t_q \cdot S_T ; \quad (2)$$

$$S_T = (\sum (R_{Ti} - R_T)^2 / n (n-1))^{0.5} / (dR / dT)_T ; \quad (3)$$

$$R_T = \sum R_{Ti} / n , \quad (4)$$

где  $t_q$  – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95 и числа степеней свободы  $(n-1)$ ;

$n$  – количество измерений сопротивления термометра в тройной точке воды за все циклы градуировки;

$R_{Ti}$  – результат  $i$ -ого измерения сопротивления термометра в тройной точке воды (п. 9.4.1.);

$R_T$  – среднее арифметическое значение сопротивления термометра в тройной точке воды;

$S_T$  – среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического значения сопротивления термометра в тройной точке воды в температурном эквиваленте;

$\delta_T$  – доверительная погрешность среднего арифметического значения сопротивления термометра, измеренного в тройной точке воды в температурном эквиваленте;

$(dR / dT)_T$  – чувствительность термометра при температуре тройной точки воды.

10.1.2 Рассчитывают относительное сопротивление в каждой реперной точке по формуле

$$W_{pi} = R_{pi} / R_{Ti} , \quad (5)$$

где  $W_{pi}$  – относительное сопротивление термометра в реперной точке в  $i$ -м цикле измерений;

$R_{pi}$  – результат измерения сопротивления термометра в реперной точке в  $i$ -м цикле измерений (п.9.4.1.);

$R_{Ti}$  – результат измерения сопротивления термометра в тройной точке воды, проведенного после измерений в реперной точке в  $i$ -м цикле измерений.

10.1.3 Рассчитывают среднее арифметическое значение относительного сопротивления термометра в реперной точке и среднюю квадратическую погрешность среднего арифметического в температурном эквиваленте по формулам:

$$W_p = \sum W_{pi} / n ; \quad (6)$$

$$S_p = (\sum (W_{pi} - W_p)^2 / n (n-1))^{0,5} / (dW_r / dT)_p ; \quad (7)$$

где  $W_p$  – среднее арифметическое значение относительного сопротивления термометра в реперной точке по всем циклам измерений;

$W_{pi}$  – относительное сопротивление термометра в реперной точке в  $i$  – м цикле;

$n$  – число циклов измерения сопротивления в реперной точке;

$S_p$  – средняя квадратическая погрешность среднего арифметического значения относительного сопротивления термометра в реперной точке в температурном эквиваленте;

$(dW_r / dT)_p$  – производная стандартной функции МТШ-90  $W_r (T)$  по температуре в реперной точке.

Значения производной стандартной функции МТШ-90 в реперных точках приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Производная стандартной функции МТШ-90 в реперных точках

Реперная точка	$dW_r / dT_p, ^\circ\text{C}$
Точка кипения азота	0,00433
Точка затвердевания олова	0,00371
Точка затвердевания цинка	0,00350

10.1.4 Рассчитывают доверительную погрешность  $\delta_p$  результата определения относительного сопротивления в реперной точке в температурном эквиваленте по формуле:

$$\delta_p = t_q * S_p , \quad (8)$$

где  $t_q$  – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы  $(n-1)$ . При  $n=3$ ,  $t_q=4,303$ ;

10.1.5 Сравнивают рассчитанные по 10.1.1 и 10.1.4 значения доверительной погрешности со значениями, приведенными в таблице 4.

Значения  $\delta_T$  и  $\delta_p$  должны быть не более значений, указанных в таблице 4. В противном случае термометр бракуют.

Таблица 4 – Допускаемые доверительные погрешности результатов измерений температуры в реперных точках термометрами ПТС-100, в градусах Цельсия.

Реперная точка	Погрешность, °С
Точка кипения азота	$\pm 0,05$
Тройная точка воды	$\pm 0,02$
Точка затвердевания олова	$\pm 0,04$
Точка затвердевания цинка	$\pm 0,07$

10.1.6 Градуировочную характеристику термометров, удовлетворяющую требованиям 10.1.5, рассчитывают по методике, приведенной в приложении А и Б.

## 11 Оформление результатов поверки

При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке. В свидетельство должны быть включены следующие дополнительные данные:

- диапазон градуировки;
  - значения сопротивления в тройной точке воды;
  - значения температуры градуировки и соответствующие им значения относительного сопротивления термометра;
  - дата градуировки;
- градуировочная характеристика термометра в виде полинома;
- $\Delta W(T)$  с указанием значений коэффициентов полинома.

Допускается градуировочную характеристику приводить в виде таблицы функции  $\Delta W(W)$  или  $W(t)$ .

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(справочное)

Метод расчета градуировочных характеристик термометров ПТС-100  
для диапазона температур выше 0 °С

А.1 Градуировочную характеристику термометров определяют в виде функции отклонения относительного сопротивления термометра  $W(T)$  от стандартной функции МТШ-90  $W_r(T)$ :

$$\Delta W(T) = W(T) - W_r(T) \quad (\text{А.1})$$

А.2 Функция отклонения для диапазона температур 0 – 419,527 °С имеет вид:

$$\Delta W(T) = a(W(T)-1) + b(W(T)-1)^2 \quad (\text{А.2})$$

А.3 Коэффициенты функции  $\Delta W(T)$  рассчитываются с использованием данных градуировки термометров в реперных точках (9.4).

А.4 При необходимости рассчитывают на ЭВМ таблицу функции  $\Delta W(T)$  или  $W(T)$  в зависимости от температуры.

А.5 Вычисление температуры по градуировочной характеристике термометра

А.5.1 По результатам измерения сопротивления термометра  $R(T_n)$  рассчитывают

$$W(T_n) = R(T_n) / R_T, \quad (\text{А.3})$$

Где  $W(T_n)$  – относительное сопротивление термометра при температуре  $T_n$ ;

$R(T_n)$  – сопротивление термометра при температуре  $T_n$ ;

$T_n$  – измеряемая температура;

$R_T$  – сопротивление термометра в тройной точке воды.

А.5.2 Если градуировочная характеристика приведена в виде  $\Delta W(T)$ , то для определения температуры используют стандартную функцию МТШ-90  $W_r(T)$ . В этом случае по формуле А.2 определяют  $\Delta W(T_n)$ , а затем рассчитывают  $W_r(T_n)$ , используя формулу (А.1). По зависимости  $W_r(T)$  [таблице значений  $W_r(T)$ ] находят значение температуры  $T_n$ , соответствующее  $W_r(T_n)$ . Значение температуры можно также рассчитать с помощью обратной стандартной функции МТШ-90  $T(W_r)$ .

ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(справочное)

Метод расчета градуировочных характеристик термометров  
сопротивления ПТС-100 и вычисления температуры для диапазона  
температур ниже 273,16 К

Б.1 Метод расчета градуировочных характеристик

Б.1.1 Градуировочную характеристику платиновых термометров рассчитывают по МТШ-90 в виде

$$\Delta W(T) = W(T) - W_r(T), \quad (\text{Б.1})$$

где  $\Delta W(T)$  – функция отклонения по МТШ-90;

$W(T)$  – зависимость относительного сопротивления от температуры;

$W_r(T)$  – стандартная функция МТШ-90.

Б.1.2 Для определения функции отклонения в этом диапазоне используют линейную зависимость

$$\Delta W(T) = M(W(T) - 1), \quad (\text{Б.2})$$

$$M = W(T) / (W(T) - 1) \quad (\text{Б.3})$$

где  $M$  – константа, определяемая из результатов градуировки при температуре кипения азота (9.5.1 настоящей методики).

Б.1.3 При необходимости рассчитывают на ЭВМ таблицы значений  $\Delta W(W)$  или  $W(T)$ , а также производных  $dW/dT$  для поверяемого термометра.

Б.2 Вычисление температуры по градуировочной характеристике термометра

Б.2.1 По результатам измерения сопротивления термометра  $R$  рассчитывают

$$W(T_{и}) = R(T_{и}) / R_T, \quad (\text{Б.4})$$

где  $W(T_{и})$  – относительное сопротивление термометра при температуре  $T_{и}$ ;

$T_{и}$  – измеряемая температура;

$R(T_{и})$  – сопротивление термометра при температуре  $T_{и}$ ;

$R_T$  – сопротивление термометра в тройной точке воды.

Б.2.2 Если градуировочная характеристика представлена в виде  $\Delta W(T)$ , то для определения температуры используют стандартную функцию МТШ-90  $W_r(T)$ . В этом случае по формуле (Б.2) определяют  $\Delta W(T_{и})$ , а затем рассчитывают  $W_r(T_{и})$  по формуле (Б.1). По зависимости  $W_r(T)$  [в таблице значений  $W_r(T)$  в зависимости от температуры] находят значение температуры  $T_{и}$ , соответствующее  $W_r(T_{и})$ . Значение температуры можно также рассчитать с помощью обратной стандартной функции МТШ-90  $T(W_r)$ .