

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
ФГУП «СНИИМ»

А.Б. Гаврилов

« 12 » февраля 2018 г



**ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭТАЛОННЫЕ 3-го РАЗРЯДА
ТСП 0307**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП-123-РА.RU.310556-2018

г. Новосибирск
2018 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на термометры сопротивления эталонные 3-го разряда (далее – термометры). Методика устанавливает порядок и способы проведения первичной и периодической поверок термометров при выпуске из производства и в процессе эксплуатации.

Рекомендуемый интервал между поверками – 2 года.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 ГОСТ 6651-09 ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний

2.2 ГОСТ 5962-2013 Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья. Технические условия

2.3 ГОСТ 9293-74 Азот газообразный и жидкий. Технические условия

2.4 ГОСТ 30679-99/ГОСТ Р 51233-98 Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Общие технические требования

2.5 ГОСТ 8.558-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

2.6 ГОСТ 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98 ГСИ. Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Методика поверки

2.7 ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения

2.8 ГОСТ Р 8.814-2013 ГСИ. Ампулы для реализации реперных точек температурной шкалы в диапазоне от 273,15 К до 1234,93 К. Методики поверки и калибровки

3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

3.1 При поверке выполняют операции в объёме и последовательности, указанной в таблице 1.

Таблица 1

№ п./п.	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр и опробование	8.1	+	+
2	Проверка электрического сопротивления изоляции	8.2	+	+
3	Определение метрологических характеристик термометра			
3.1	Определение нестабильности термометра	8.3	+	+
3.2	Определение градуировочной характеристики термометра	8.4	+	+
3.3	Определение погрешности термометра	8.5	+	+

№ п./п.	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
3.4	Определение относительного сопротивления термометра	8.6	+	–
Примечание: «+» – операция проводится, «–» – операция не проводится				

3.2 При получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции дальнейшую поверку прекращают, термометр признают непригодным к применению в соответствии с назначением.

3.3 Первичная поверка термометра проводится в диапазоне измерений, указанном изготовителем в эксплуатационной документации. Периодическая поверка термометра по просьбе заказчика может проводиться в более узком диапазоне измерений, чем диапазон измерений, указанный изготовителем в эксплуатационной документации.

4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

4.1 Перечень основных и вспомогательных средств поверки, оборудования и материалов, применяемых для проведения поверки, приведён в таблице 2.

4.2 Допускается применение средств поверки, не приведённых в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик термометра с точностью не ниже, чем при применении указанных средств поверки.

Таблица 2

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5	Гигрометр психрометрический ВИТ-2 (Госреестр СИ № 9364-08), диапазон измерений температуры от 15 до 40 °С, абсолютная погрешность измерений температуры не более $\pm 0,2$ °С, диапазон измерений относительной влажности воздуха от 20 до 90 %, абсолютная погрешность измерений относительной влажности воздуха при температуре от 15 до 30 °С не более ± 6 %
	Барометр-анероид М-110 (Госреестр СИ № 3745-73), диапазон измерений абсолютного давления от 0,67 до 105,3 кПа, абсолютная погрешность измерений в диапазоне абсолютного давления свыше 13,3 кПа до 105,3 кПа не более $\pm 0,2$ кПа
	Мультиметр цифровой ДТ-932N (Госреестр СИ № 58550-14), абсолютная погрешность измерений действующего значения напряжения переменного тока на пределе измерений 600 В в диапазоне от 198 до 242 В не более $\pm 4,6$ В
6, 8.3	Спирт этиловый ректификованный первого сорта ГОСТ 5962-2013
8.1	Мультиметр цифровой ДТ-932N (Госреестр СИ № 58550-14), абсолютная погрешность измерений сопротивления на пределе измерений 600 Ом в диапазоне от 0 до 120 Ом не более ± 2 Ом
8.2	Мегаомметр ЭС0210/1-Г (Госреестр СИ № 21320-11), диапазоны измерений от 0 до 5 МОм, от 5 до 1000 МОм, испытательное напряжение 100 В, КТ 2,5

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3, 8.4	Ампула для реализации реперной точки температурной шкалы – тройной точки воды, 1 разряд по ГОСТ 8.558-2009
	Установка (термостат) для реализации реперной точки температурной шкалы – тройной точки воды, требования – по ГОСТ Р 8.814-2013
	Преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный «Теркон» (Госреестр СИ № 23245-08), диапазон измерений сопротивления от 0,01 до 1000 Ом, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm(0,0002 + 1 \cdot 10^{-5} \cdot R)$ Ом, где R – значение измеренного сопротивления, Ом
	Вертикальная печь для отжига термометров, диапазон воспроизводимых температур от 100 до 700 °С, абсолютная погрешность воспроизведения и нестабильность поддержания температуры не более ± 2 °С, градиент температуры в рабочем пространстве печи не более 5 °С/м
8.4, 8.6	Ампула для реализации реперной точки температурной шкалы – точки плавления галлия, 1 разряд по ГОСТ 8.558-2009
	Установка (термостат) для реализации реперной точки температурной шкалы – точки плавления галлия, требования – по ГОСТ Р 8.814-2013
	Преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный «Теркон» (Госреестр СИ № 23245-08), диапазон измерений сопротивления от 0,01 до 1000 Ом, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm(0,0002 + 1 \cdot 10^{-5} \cdot R)$ Ом, где R – значение измеренного сопротивления, Ом
8.4	Ампула для реализации реперной точки температурной шкалы – точки затвердевания индия, 1 разряд по ГОСТ 8.558-2009
	Ампула для реализации реперной точки температурной шкалы – точки затвердевания олова, 1 разряд по ГОСТ 8.558-2009
	Ампула для реализации реперной точки температурной шкалы – точки затвердевания цинка, 1 разряд по ГОСТ 8.558-2009
	Ампула для реализации реперной точки температурной шкалы – точки затвердевания алюминия, 1 разряд по ГОСТ 8.558-2009
	Термометр сопротивления платиновый низкотемпературный эталонный 1 разряда по ГОСТ 30679-99 типа ТСПН с диапазоном измерений от минус 259,35 до плюс 100 °С или типа ПТС с диапазоном измерений от минус 196 до 0 °С
	Установки для реализации реперных точек температурной шкалы, требования – по ГОСТ Р 8.814-2013
	Установка для реализации ванн ожиженных газов с блоком сравнения, требования – по ГОСТ 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98
	Азот технический жидкий 1 сорта по ГОСТ 9293-74

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С (20 ± 5);
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;
- действующее значение напряжения сети электропитания переменного тока частотой (50±1) Гц, В от 198 до 242.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Проверяют соответствие условий поверки требованиям п.5.1, измеряя значение соответствующих влияющих факторов в месте проведения поверки. При обнаружении несоответствий принимают меры по приведению условий поверки к требуемым значениям.

6.2 Подготавливают к работе средства измерений и вспомогательные средства поверки, руководствуясь указаниями, приведёнными в их эксплуатационной документации. Преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный «Теркон» (далее – вторичный преобразователь) настраивают в режим измерений электрического сопротивления по четырёхпроводной схеме. Далее в тексте настоящей методики при упоминании реперной точки температурной шкалы предполагается, что к моменту её использования она уже подготовлена и реализуется в соответствии с указаниями по её эксплуатации.

6.3 Протирают погружаемые части термометра спиртом этиловым ректифицированным первого сорта ГОСТ 5962-2013 и высушивают на воздухе в течение не менее 20 мин.

6.4 Подготавливают журнал для записи протокола поверки. Журнал ведут в произвольной форме.

7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1 При подготовке к поверке и проведении поверки соблюдают правила безопасности, установленные в лабораторном помещении, в котором проводится поверка, а также указанные в эксплуатационной документации используемых средств поверки. Помещение лаборатории должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и контуром защитного заземления.

7.2 Сосуды Дьюара, предназначенные для работы с жидким азотом, должны быть чистыми и сухими. При работе с жидким азотом необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты и соблюдать осторожность, избегая попадания жидкого азота на незащищенные участки кожного покрова и слизистой оболочки, что может привести к тяжелым обморожениям и ожогам.

7.3 При работе с ампулами тройной точки воды соблюдают особую осторожность. Работать с ампулами тройной точки воды допускается только в защитных очках.

7.4 Во время проведения поверки при высоких температурах термометр следует извлекать из печи медленно, соблюдая особую осторожность во избежание получения ожогов. После извлечения термометра из печи его помещают в штатив и охлаждают на воздухе в течение не менее 20 мин. До истечения времени, необходимого для охлаждения термометра, запрещается трогать его руками, извлекать из штатива и класть на легковоспламеняющуюся поверхность.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр и опробование

8.1.1 Визуальным осмотром и сличением со сведениями, приведёнными в эксплуатационной документации, проверяют:

- соответствие комплектности термометра перечню, представленному в эксплуатационной документации;

- отсутствие механических повреждений корпуса термометра и гибких выводов;
- наличие на термометре разборчивой и соответствующей сведениям в эксплуатационной документации маркировки;
- наличие свидетельства предыдущей поверки при периодической поверке.

8.1.2 Опробование электрической схемы проводят с помощью мультиметра цифрового (предел измерений 600 Ом), для чего выполняют им измерение сопротивления попарно между клеммами выводов термометра. Термометр должен иметь две пары выводов с сопротивлением между выводами в каждой из пар не более 4 Ом, при этом сопротивление между любыми выводами первой пары и второй пары должно быть равным (108 ± 4) Ом.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если отсутствуют нарушения комплектности и маркировки термометра, механические повреждения корпуса термометра и гибких выводов термометра не обнаружены, при периодической поверке термометра имеется свидетельство (копия свидетельства) о его предыдущей поверке, результаты измерений сопротивления при опробовании соответствуют допускаемым значениям.

8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции термометра

8.2.1 Проверку электрического сопротивления изоляции термометра выполняют с помощью мегаомметра при испытательном напряжении 100 В, подсоединяя один из зажимов мегаомметра к корпусу термометра, а другой – к соединенным вместе выводам термометра.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если значение измеренного сопротивления изоляции не менее 100 МОм.

8.3 Определение нестабильности термометра

8.3.1 Определение нестабильности термометров, предназначенных для измерений в области температур от 0 °С и выше, при первичной поверке.

8.3.1.1 Погружают термометр в термостат установки для реализации реперной точки температурной шкалы – тройной точки воды (термостат со смесью мелкодисперсного льда и воды) при температуре, близкой к 0 °С и выдерживают не менее 15 мин.

8.3.1.2 Извлекают термометр из термостата и погружают в канал ампулы тройной точки воды.

8.3.1.3 Выдерживают термометр не менее 15 мин., затем выполняют измерения сопротивления термометра при помощи вторичного преобразователя, производя не менее 5 отсчётов R_i , $i = 1 \dots n$, $n \geq 5$, с интервалом времени между отсчётами (30 ± 5) с. За результат измерения сопротивления термометра принимают среднее арифметическое значение $R_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_i$. Результаты измерений и расчётов заносят в протокол поверки (начальная серия измерений в тройной точке воды).

8.3.1.4 Извлекают термометр из ампулы тройной точки воды и выдерживают его при комнатной температуре не менее 15 мин.

8.3.1.5 Нагревают вертикальную печь для отжига термометров до температуры, превышающей верхний предел измерений термометра на 10 °С. Погружают в неё термометр и выдерживают при указанной температуре в течение $(5,5 \pm 0,5)$ часов, после чего выключают печь и охлаждают ее вместе с термометром до температуры (300 ± 30) °С, затем извлекают термометр из печи и охлаждают его при комнатной температуре до полного охлаждения.

8.3.1.6 Повторяют измерения сопротивления термометра в ампуле тройной точки воды согласно п.п. 8.3.1.1÷8.3.1.4 (серия измерений в тройной точке воды «после отжига»).

8.3.1.7 Рассчитывают значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте по формуле

$$\Delta t(R_{\text{ТТВ}(0-1)}) = \frac{R_{\text{cp}(1)} - R_{\text{cp}(0)}}{dR/dt}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где $R_{\text{cp}(1)}$ – результат измерений сопротивления термометра в тройной точке воды после отжига, Ом; $R_{\text{cp}(0)}$ – результат измерений сопротивления термометра в тройной точке воды в начальной серии измерений, Ом, dR/dt – чувствительность термометра при температуре реализации тройной точки воды, Ом/°C, принимаемая равной 0,4 Ом/°C.

8.3.1.8 Если значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, повторяют операции п.п. 8.3.1.5 ÷ 8.3.1.7, каждый раз определяя новое значение $\Delta t(R_{\text{ТТВ}(j-(j+1))})$ по разности сопротивления термометра в тройной точке воды между сериями измерений до и после очередного отжига. Общая продолжительность отжига во время определения нестабильности не должна превышать 60 ч. Если после отжига в течение 60 ч получаемое значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, термометр бракуется и дальнейшей поверке не подлежит.

8.3.2 Определение нестабильности термометров, предназначенных для измерений в области температур от 0 °C и выше, при периодической поверке

8.3.2.1 Выполняют измерения сопротивления термометра в ампуле тройной точки воды, как описано в п.п. 8.3.1.1÷8.3.1.4.

8.3.2.2 Вычисляют значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за межповерочный интервал в температурном эквиваленте по формуле (1) по разности сопротивления термометра в тройной точке воды между начальной серией измерений и значением, приведенным в свидетельстве о предыдущей поверке.

8.3.2.3 Если значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за межповерочный интервал в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, однократно выполняют операции п.п. 8.3.1.5 ÷ 8.3.1.7, и определяют значение $\Delta t(R_{\text{ТТВ}(j-(j+1))})$ по разности сопротивления термометра в тройной точке воды между сериями измерений до и после отжига. Если после отжига получаемое значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, термометр бракуется и дальнейшей поверке не подлежит.

8.3.3 Определение нестабильности термометров, предназначенных для измерений в диапазоне температур от минус 196 до 0 °C, при первичной поверке

8.3.3.1 Выполняют измерения сопротивления термометра в ампуле тройной точки воды, как описано в п.п. 8.3.1.1÷8.3.1.4.

8.3.3.2 Подготавливают ванну сравнения с жидким азотом, приведённым в состояние кипения. Погружают в неё термометр и выдерживают при температуре кипения азота в течение $(2,5 \pm 0,5)$ часов, после чего извлекают термометр из ванны сравнения и нагревают его при комнатной температуре в течение не менее 20 мин.

8.3.3.3 Вычисляют значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте по формуле (1) по разности сопротивления

термометра в тройной точке воды между значением, полученным после отжига, и значением, полученным в начальной серии измерений.

8.3.3.4 Если значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, повторяют операции п.п. 8.3.3.2 ÷ 8.3.3.3, каждый раз определяя новое значение $\Delta t(R_{\text{ТТВ}(j-(j+1))})$ по разности сопротивления термометра в тройной точке воды между сериями измерений до и после очередного отжига. Общая продолжительность отжига во время определения нестабильности не должна превышать 60 ч. Если после отжига в течение 60 ч получаемое значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, термометр бракуется и дальнейшей поверке не подлежит.

8.3.4 Определение нестабильности термометров, предназначенных для измерений в диапазоне температур от минус 196 до 0°C , при периодической поверке

8.3.4.1 Выполняют измерения сопротивления термометра в ампуле тройной точки воды, как описано в п.п. 8.3.1.1 ÷ 8.3.1.4.

8.3.4.2 Вычисляют значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за межповерочный интервал в температурном эквиваленте по формуле (1) по разности сопротивления термометра в тройной точке воды между начальной серией измерений и значением, приведенным в свидетельстве о предыдущей поверке.

8.3.4.3 Если значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за межповерочный интервал в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, однократно выполняют операции п.п. п.п. 8.3.3.2 ÷ 8.3.3.3, и определяют значение $\Delta t(R_{\text{ТТВ}(j-(j+1))})$ по разности сопротивления термометра в тройной точке воды между сериями измерений до и после отжига. Если после отжига получаемое значение изменения сопротивления термометра в тройной точке воды за счёт отжига в температурном эквиваленте превышает $\pm 0,01^\circ\text{C}$, термометр бракуется и дальнейшей поверке не подлежит.

8.4 Определение градуировочной характеристики термометра

8.4.1 Определение градуировочной характеристики термометров в диапазоне температур от 0°C и выше проводят в реперных точках температурной шкалы в соответствии с последовательностью их реализации, указанной в таблице 4, в диапазоне температур ниже 0°C – методом прямого сличения поверяемого термометра с термометром сопротивления платиновым низкотемпературным эталонным 1 разряда при температуре кипения азота в блоке сравнения установки для реализации ванн ожиженных газов (термометр сопротивления платиновый низкотемпературный эталонный 1 разряда при этом размещают в соседнем с поверяемым термометром гнезде блока сравнения и подключают ко второму измерительному каналу вторичного преобразователя).

Таблица 4

Диапазон измеряемых температур, $^\circ\text{C}$	Последовательность реализации реперных точек (№ серии измерений)
от 196 до 0	ТТВ (1), N ₂ (2), ТТВ (3), N ₂ (4), ТТВ (5), N ₂ (6), ТТВ (7)
от 0 до 29,7446	ТТВ (1), Ga (2), ТТВ (3), Ga (4), ТТВ (5), Ga (6), ТТВ (7)
от 0 до 156,5985	ТТВ (1), In (2), ТТВ (3), In (4), ТТВ (5), In (6), ТТВ (7)
от 0 до 231,928	ТТВ (1), Sn (2), ТТВ (3), Sn (4), ТТВ (5), Sn (6), ТТВ (7), In (8), ТТВ (9), In (10), ТТВ (11), In (12), ТТВ (13)
от 0 до 419,527	ТТВ (1), Zn (2), ТТВ (3), Zn (4), ТТВ (5), Zn (6), ТТВ (7), Sn (8), ТТВ (9), Sn (10), ТТВ (11), Sn (12), ТТВ (13)

Диапазон измеряемых температур, °С	Последовательность реализации реперных точек (№ серии измерений)
от 0 до 660,323	ТТВ (1), Al (2), ТТВ (3), Al (4), ТТВ (5), Al (6), ТТВ (7), Zn (8), ТТВ (9), Zn (10), ТТВ (11), Zn (12), ТТВ (13), Sn (14), ТТВ (15), Sn (16), ТТВ (17), Sn (18), ТТВ (19)
<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) N₂ – точка кипения азота, ТТВ – тройная точка воды, Ga – точка плавления галлия, In – точка затвердевания индия, Sn – точка затвердевания олова, Zn – точка затвердевания цинка, Al – точка затвердевания алюминия. 2) При градуировке термометров в диапазонах измеряемых температур от 0 до 231,928°С и от 0 до 419,527 °С вместо реперной точки затвердевания олова может быть использована реперная точка затвердевания индия (во всех сериях измерений должна использоваться только одна из этих реперных точек). 3) В качестве серии измерений ТТВ (1) может быть принята последняя серия измерений в тройной точке воды после отжига термометра при определении его нестабильности. 4) После окончания измерений сопротивления термометра во всех реперных точках, кроме реперной точки алюминия, термометр извлекают из ампулы и охлаждают на воздухе при комнатной температуре. 5) После окончания измерений сопротивления термометра в реперной точке алюминия термометр охлаждают в печи установки для реализации реперной точки со скоростью не более 100 °С/ч до температуры (400±10) °С или быстро перемещают из реперной точки в печь для отжига, предварительно нагретую до температуры (600±10) °С, в которой термометр охлаждают также со скоростью не более 100 °С/ч до температуры (400±10) °С, после чего окончательно извлекают из печи и охлаждают на воздухе при комнатной температуре. 	

8.4.2 В каждой серии измерений термометр выдерживают в реперной точке (блоке сравнения) не менее 15 мин., затем выполняют измерения сопротивления термометра при помощи вторичного преобразователя, производя не менее 5 отсчётов R_i , $i = 1 \dots n$, $n \geq 5$, с интервалом времени между отсчётами (30±5) с. За результат измерения сопротивления термометра принимают среднее арифметическое значение $R_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_i$. Параллельно с

сопротивлением поверяемого термометра и аналогично ему при измерениях в точке кипения азота фиксируют результаты измерений сопротивления термометра сопротивления платинового низкотемпературного эталонного 1 разряда. Результаты измерений и расчётов заносят в протокол поверки.

8.4.3 Для точки кипения азота по значениям R_{cp} термометра сопротивления платинового низкотемпературного эталонного 1 разряда и сведениям, приведённым в его свидетельстве рассчитывают значение температуры кипения азота t_{N_2} .

8.4.4 В каждой серии измерений с чётным номером, $j = 2, 4, 6, \dots$ (т.е. кроме серий измерений в тройной точке воды) вычисляют относительное сопротивление термометра W_i по формуле

$$W_{t(m)} = \frac{R_{cp(j)}}{R_{cp(j+1)}}, \quad (2)$$

где $m = (1, 2, 3)$. Результаты расчётов заносят в протокол поверки.

8.4.5 Для каждой реперной точки (или для точки кипения азота) вычисляют среднее арифметическое значение $W_{tcp} = \frac{1}{3} \cdot \sum_{m=1}^3 W_{t(m)}$. Результаты расчётов заносят в протокол поверки.

8.4.6 По полученным результатам градуировки рассчитывают коэффициенты функции отклонения относительного термометра от стандартной функции МТШ-90 по методике, приведённой в приложении А ГОСТ 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98 (в области температур от 0 °С и выше) или в приложении Б ГОСТ 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98 (в области температур ниже 0 °С). Результаты расчётов заносят в протокол поверки.

8.5 Определение погрешности термометра

8.5.1 Рассчитывают среднее арифметическое значение сопротивления термометра в тройной точке воды $R_{ТТВ}$ по формуле $R_{ТТВ} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1,3,5,\dots}^{2N+1} R_{cp(j)}$, где N – количество серий измерений сопротивления термометра в тройной точке воды во время градуировки (серий измерений с нечётным номером).

8.5.2 Рассчитывают среднеквадратическое отклонение среднего значения сопротивления термометра в тройной точке воды $S_{ТТВ}$ по формуле

$$S_{ТТВ} = \sqrt{\frac{1}{N \cdot (N-1)} \cdot \sum_{j=1,3,5,\dots}^{2N+1} (R_{cp(j)} - R_{ТТВ})^2} \quad (3)$$

8.5.3 Рассчитывают доверительную погрешность термометра $\Delta t_{ТТВ}$ в °С при температуре тройной точки воды при доверительной вероятности $P=0,95$ по формуле

$$\Delta t_{ТТВ} = \sqrt{\left(\frac{t_q \cdot S_{ТТВ}}{dR/dt} \right)^2 + \Delta t_3^2} \quad , \quad (4)$$

где значение коэффициента Стьюдента t_q принимают по ГОСТ Р 8.736-2011 для количества степеней свободы, равного $(N - 1)$, Δt_3 – доверительная погрешность использованной ампулы тройной точки воды при доверительной вероятности $P=0,95$, °С, dR/dt – чувствительность термометра при температуре реализации тройной точки воды, Ом/°С, принимаемая равной 0,4 Ом/°С.

8.5.4 Рассчитывают среднее арифметическое значение относительного сопротивления термометра в каждой реперной точке, кроме тройной точки воды, $W_{t\ cp}$ по формуле

$$W_{t\ cp} = \frac{1}{3} \cdot \sum_{j=1}^3 W_{t(j)} \cdot$$

8.5.5 Рассчитывают среднеквадратическое отклонение среднего значения относительного сопротивления термометра в каждой реперной точке, кроме тройной точки воды, S_{Wt} по формуле

$$S_{Wt} = \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{j=1}^3 (W_{t(j)} - W_{t\ cp})^2} \quad (5)$$

8.5.6 Рассчитывают доверительную погрешность термометра Δt_{PT} в °С при температуре каждой реперной точки при доверительной вероятности $P=0,95$ по формуле

$$\Delta t_{PT} = \sqrt{\left(\frac{t_q \cdot S_{Wt}}{dW/dt} \right)^2 + \Delta t_3^2} \quad , \quad (6)$$

где значение коэффициента Стьюдента t_q принимают равным 4,303, Δt_3 – доверительная погрешность использованной ампулы реперной точки температурной шкалы (термометра сопротивления платинового низкотемпературного эталонного 1 разряда при температуре точки кипения азота) при доверительной вероятности $P=0,95$, °С, dW/dt – чувствительность термометра при температуре реализации данной реперной точки, 1/°С, принимаемая по таблице 5.

Таблица 5

Реперная точка	$dW / dt, 1/^\circ\text{C}$
Точка кипения азота (N ₂)	0,00433
Точка плавления галлия (Ga)	0,00395
Точка затвердевания индия (In)	0,00380
Точка затвердевания олова (Sn)	0,00371
Точка затвердевания цинка (Zn)	0,00350
Точка затвердевания алюминия (Al)	0,00321

8.5.7 Полученные значения доверительных погрешностей термометра не должны превышать значений, указанных в таблице 6, иначе термометр бракуется и дальнейшей поверке не подлежит.

Таблица 6

Реперная точка температурной шкалы	Температура реализации реперной точки, °С	Доверительная погрешность, ±°С
Точка кипения азота	минус 196	0,05
Тройная точка воды	0,01	0,02
Точка плавления галлия	29,7446	0,02
Точка затвердевания индия	156,5985	0,04
Точка затвердевания олова	231,928	0,04
Точка затвердевания цинка	419,527	0,07
Точка затвердевания алюминия	660,323	0,15

8.6 Определение относительного сопротивления термометра

8.6.1 Относительное сопротивление термометров, предназначенных для измерений в области температур от 0 °С и выше, определяют непосредственно по результатам измерений сопротивления термометров в реперной точке плавления галлия (W_{Ga}), полученным в серии измерений № 2, или расчётным путём для температуры 100 °С (W_{100}) по результатам измерений, полученным при градуировке термометра (приложение А ГОСТ 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98).

8.6.2 Относительное сопротивление термометров, предназначенных для измерений в области температур ниже 0 °С, определяют расчётным путём для температуры тройной точки ртути (W_{Hg}) по результатам измерений, полученным при градуировке термометра. (приложение А ГОСТ 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98).

Примечание: температуру тройной точки ртути принимают равной минус 38,8344 °С.

8.6.3 Полученное значение относительного сопротивления термометра должно соответствовать значениям, указанным в таблице 7, иначе термометр бракуется.

Таблица 7

Область применения	W_{Hg} , не более	W_{Ga} , не менее	W_{100} , не менее
от 0 °С и выше	–	1,1158	1,3850
ниже 0 °С	0,8470	–	–

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке по форме, установленной Приказом Министерства промышленности и торговли РФ № 1815 от 02.06.2015 г. На оборотной стороне свидетельства о поверке дополнительно указывается:

- значение сопротивления термометра в тройной точке воды;
- значение температур градуировки и соответствующие им значения относительного сопротивления термометра;
- градуировочная характеристика термометра в виде таблицы функции $\Delta W(Wt)$, таблицы функции $Wt(t)$ или в виде полинома $\Delta W(T)$ с указанием значений коэффициентов полинома.

9.2 Поверительное клеймо наносится на свидетельство о поверке.

9.3 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности по форме, установленной Приказом Министерства промышленности и торговли РФ № 1815 от 02.06.2015 г.

РАЗРАБОТАЛИ:

Нач. сектора ФГУП «СНИИМ»

Инженер

Д.А. Гривастов

М.А. Кацюк

