

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

« 27 » января 2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭТАЛОННЫЕ

ПТС-100

Методика поверки
ДДЖ 2.821.164 ДЗ-2025 МП

Заместитель руководителя
лаборатории термометрии

В.М. Фуксов В.М. Фуксов

2025

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на термометры сопротивления эталонные ПТС-100 (далее – термометры), изготовленные ООО «Владимирский завод «Эталон», г. Владимир и устанавливает объем и порядок их первичной и периодической поверок.

1.2 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость термометров к государственным первичным эталонам:

- единицы температуры в диапазоне от 0 °C до 3200 °C – ГЭТ 34-2020;

- единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К – ГЭТ 35-2021, в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений (СИ) температуры, ч.1, 2, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.11.2024 № 2712.

1.3 Методы поверки основаны на непосредственном сличении показаний поверяемого термометра с показаниями СИ, применяемыми в качестве эталонов температуры.

1.4 Проведение поверки в сокращенном объеме настоящей методикой не предусмотрено.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении поверки термометров должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Опробование	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений			9
Определение нестабильности термометров	Да	Да	9.1-9.1.3
Определение относительного сопротивления	Да	Нет	9.2.7
Определение градуировочной характеристики	Да	Да	9.2, 9.3
Определение доверительной погрешности термометров	Да	Да	9.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9.5

2.2 При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

при проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7;
- внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать или находиться в пределах, не влияющих на работу термометров;
- вибрация, тряска, удары, влияющие на работу термометров, должны отсутствовать.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на термометры и средства поверки, имеющие необходимую квалификацию в области теплофизических измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

при проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °C до +25 °C с абсолютной погрешностью не более 1 °C. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с погрешностью не более 2 %. Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, регистрационный № 46434-11, диапазон измерений относительной влажности от 0 % до 98 %, температуры от -20 °C до +60 °C, атмосферного давления от 700 до 1100 гПа; погрешность измерений относительной влажности при температуре +23 °C: ±2 % в диапазоне от 0 % до 90 %; ±3 % в диапазоне от 90 % до 98 %; погрешность измерений температуры ±0,3 °C, погрешность измерений атмосферного давления ±2,5 гПа
п.8.5 Опробование	Средство измерений электрического сопротивления в диапазоне от 0 до 1000 Ом	Прибор комбинированный Ц4312, диапазон от 0 до 500 Ом, погрешность 10 %, ТУ 25-04-3300-77, регистрационный № 2845-72
п.8.6 Проверка электрического сопротивления изоляции	Средство измерений электрического сопротивления в диапазоне от 0 до 100 МОм	Мегаомметр ЭСО0202/1-Г регистрационный № 14883-19, +15 % от значения измеряемого сопротивления
п.9 Определение метрологических характеристик для ПТС-100 2-го разряда	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 1-го разряда по ГПС (п.1.2 данной методики), в диапазоне значений температуры от -196 °C до +419,527 °C	Ампула тройной точки воды, границы доверительной погрешности воспроизведения температуры не более 0,001 °C; Ампулы для реализации реперных точек температурной шкалы в диапазоне от 234,3156 K до 692,677 K, регистрационный № 67974-17: - точка плавления галлия (Ga), - точка затвердевания олова (Sn), - точка затвердевания цинка (Zn), границы доверительной погрешности

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
		<p>воспроизведения температуры фазового перехода не более: Ga - $\pm 0,0012^{\circ}\text{C}$; Sn - $\pm 0,004^{\circ}\text{C}$; Zn - $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$;</p> <p>Измеритель электрического сопротивления, погрешность измерений сопротивления не более $\pm 0,001\%$;</p> <p>Термометры сопротивления эталонные, диапазон от -196°C до $419,527^{\circ}\text{C}$, доверительные границы абсолютной погрешности $0,01^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от -196°C до 0°C и от $0,002^{\circ}\text{C}$ до $0,01^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от 0°C до 420°C;</p> <p>сосуд Дьюара с жидким азотом;</p> <p>печь для отжига, рабочая температура от $+100^{\circ}\text{C}$ до $+1100^{\circ}\text{C}$, абсолютная погрешность поддержания температуры $\pm 2^{\circ}\text{C}$, градиент температуры в рабочем пространстве печи не более $5^{\circ}\text{C}/\text{м}$</p>
п.9 Определение метрологических характеристик для ПТС-100 3-го разряда	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2-го разряда по ГПС (п.1.2 данной методики), в диапазоне значений температуры от -196°C до $+419,527^{\circ}\text{C}$	<p>Термометры сопротивления эталонные ПТСВ-9-2, регистрационный № 65421-16, диапазон от -200°C до 450°C, пределы допускаемой доверительной абсолютной погрешности не более: $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от -200°C до 0°C, $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от 0°C до 150°C и $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от 150°C до 450°C;</p> <p>термостат переливной прецизионный ТПП-1, регистрационный № 33744-07, диапазон воспроизведения от -40°C до 100°C, нестабильность поддержания температуры $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$, неравномерность температурного поля не более $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$;</p> <p>калибратор температуры «ЭЛЕМЕР-КТ-650Н», регистрационный № 53005-13, диапазон воспроизведения температуры от 50°C до 680°C, нестабильность поддержания температуры не более: $\pm(0,007+0,00006 \cdot t)^{\circ}\text{C}$, неоднородность температурного поля не более: $\pm(0,02+0,0006 \cdot t)^{\circ}\text{C}$;</p> <p>сосуд Дьюара с жидким азотом;</p> <p>печь для отжига, рабочая температура от $+100^{\circ}\text{C}$ до $+1100^{\circ}\text{C}$, абсолютная погрешность поддержания температуры $\pm 2^{\circ}\text{C}$, градиент температуры в рабочем пространстве печи не более $5^{\circ}\text{C}/\text{м}$</p>

Примечание – Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

5.2 Работа с указанными средствами измерений должна проводиться в соответствии с документацией по их эксплуатации.

5.3 Указанные средства поверки должны иметь актуальные сведения о положительных результатах поверки или аттестации в Федеральном информационном фонде обеспечения единства измерений (ФИФ ОЕИ).

6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При подготовке и проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ Р 52319-2005.

6.2 Требования безопасности при проверке сопротивления изоляции – в соответствии с ГОСТ Р 52931-2008 и ГОСТ Р 52319-2005.

6.3 При проведении поверки необходимо также соблюдать меры безопасности, изложенные в НТД на поверяемый термометр и средства поверки.

6.4 При работе с термометром, с использованием сжиженных газов, необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты (очки и перчатки) и соблюдать осторожность, так как попадание сжиженных газов на незащищенные участки кожного покрова и слизистые оболочки приводит к тяжелым обморожениям.

6.5 При работе с термометром запрещается прикасаться к нагретым и охлажденным его частям, имеющим температуру выше 50 °С и ниже минус 30 °С во избежание получения ожогов и обморожений, а также запрещается помещать нагретые термометры на легковоспламеняющуюся поверхность во избежание возгораний.

6.6 При проведении поверки средства поверки должны быть надежно заземлены. Сопротивление заземления не должно превышать 0,1 Ом.

6.7 Все работы по обслуживанию и ремонту термометра проводить только при достижении всеми его частями температуры (25±15) °С.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра необходимо убедиться в:

- соответствии внешнего вида описанию типа,
- соответствии комплектности, упаковки, маркировки и габаритных размеров требованиям нормативной документации,
- целостности термометра (отсутствии трещин или вмятин на корпусе);
- наличии эксплуатационного документа (паспорт).

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если выполняются вышеуказанные требования. При наличии дефектов термометр подлежит ремонту или бракуется.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Проверить наличие всех средств измерений, необходимых для поверки, согласно разделу 5 и нормативным документам, устанавливающим методику их эксплуатации.

8.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 3.

8.3 Подготовить к работе средства измерений и поверяемый термометр согласно эксплуатационным документам на них.

8.4 Протереть погружаемую часть термометра этанолом.

8.5 Опробование заключается в проверке целостности электрических цепей термометра. Опробование электрической схемы проводят с помощью прибора комбинированного Ц4312.

Результат опробования считают положительным, если нет нарушения электрической цепи термометра.

8.6 Проверка электрического сопротивления изоляции термометра

Проверку проводят при температуре (20±5) °С и относительной влажности воздуха (60±15) % с помощью мегомметра с напряжением от 10 до 100 В.

Электрическое сопротивление изоляции между выводами и корпусом термометра должно быть не менее 100 МОм. В противном случае термометр бракуется.

9.ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение нестабильности термометров, работающих в диапазоне температуры от 0 °C до 419,527 °C

9.1.1 Определение нестабильности термометров при первичной поверке

9.1.1.1 Проводят измерение сопротивления термометра в тройной точке воды R_{TH} по методике, изложенной в 9.2.6.

9.1.1.2 Проводят отжиг термометра – выдерживают термометр в печи, предварительно нагретой до температуры на 10 °C выше верхнего предела измерений в течении 5 ч.

9.1.1.3 Измеряют сопротивление термометра в тройной точке воды R_{TK} .

9.1.1.4 Рассчитывают значение расхождения ΔR_T между R_{TK} и R_{TH} в температурном эквиваленте по следующей формуле: $\Delta R_T = (R_{TK} - R_{TH}) / (dR/dT)_T$, (1)

где ΔR_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).

9.1.1.5 Значение ΔR_T не должно превышать 0,01 °C для термометра 3-го разряда и 0,005 °C для термометра 2-го разряда.

В противном случае повторяют отжиг по 9.1.1.2.

9.1.1.6 Общая продолжительность отжига во время определения нестабильности не должна превышать 60 ч. Если условия 9.1.1.5 по-прежнему не выполняются, то термометр бракуют или их разряд переводят в более низкий.

9.1.2 Определение нестабильности термометров при периодической поверке

9.1.2.1 Измеряют сопротивление термометра в тройной точке воды R_{TH} по методике, изложенной в 9.2.6 и вычисляют разность между R_{TH} и значением, приведенным в протоколе предыдущей поверки R_{TP} , в температурном эквиваленте по формуле (1).

Если разность превышает 0,01 °C для термометров 3-го разряда и 0,005 °C для термометра 2-го разряда, то определяют нестабильность по 9.1.1.1- 9.1.1.6. Термометры, не удовлетворяющие требованиям нестабильности, бракуют или их разряд переводят в более низкий.

9.1.3 Определение нестабильности термометров в диапазоне от 77 K до 273,16 K осуществляется в процессе градуировки по п. 9.3.

9.2 Определение градуировочной характеристики термометров в диапазоне измерений температуры выше 0 °C

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

Для термометров 3-го разряда допускается градуировку проводить сличением с эталонным термометром в термостатах при воспроизведении температуры близкой по значению к реперным точкам олова и цинка.

9.2.1 Проводят три цикла измерений сопротивления термометра в реперных точках.

После каждого измерения проверяют сопротивление в тройной точке воды TTB. Последовательность реализации реперных точек следующая: Zn, TTB, Sn, TTB.

9.2.2 Методика измерений 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.

9.2.3 Изменение значения сопротивления за 5 мин не должно превышать ±0,005 °C 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.

9.2.4 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.

9.2.5 После окончания измерений сопротивления термометра во всех реперных точках, термометр извлекают из капсулы и охлаждают на воздухе до комнатной температуры.

9.2.6 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 °C 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 измерений сопротивления термометра принимают среднее арифметическое из результатов пяти отсчетов.

9.2.7 После проведения первого цикла градуировки рассчитывают относительное сопротивление W_{Ga} по значениям W_{Zn} и W_{Sn} , используя методику определения градуировочной характеристики, изложенную в приложении В. Значение W_{Ga} должно быть не менее 1,11795.

9.3 Градуировка термометров ПТС-100 в диапазоне температуры ниже 273,16 K

Градуировку термометров проводят методом сличения градуируемого термометра с эталонным термометром.

Примечание: допускается проводить градуировку термометров непосредственно в реперных точках МТШ-90 ниже 273,16 K.

9.3.1 Градуировка и определение нестабильности термометров в интервале 77 K – 273,16 K заключается в измерении их сопротивлений в тройной точке воды, в последующем одновременном измерении сопротивлений градуируемого термометра и эталонного термометра при температуре кипения азота ($T \approx 77$ K) при атмосферном давлении и повторном измерении сопротивления в ТТВ.

Разность сопротивлений, измеренных в ТТВ до и после измерений в азоте, не должна превышать в температурном эквиваленте 0,01 °C.

9.3.2 Для проведения градуировки термометров при температуре кипения азота их вместе с эталонным термометром помещают в сосуд Дьюара с жидким азотом. Измерение сопротивления термометров проводят в соответствии с нормативной документацией на установку.

9.3.3 При градуировке термометров в диапазоне температуры от 77 K до 273,16 K 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 мK за время каждого измерения. Дрейф температуры в точке 77 K при проведении 5 измерений должен быть не более 0,05 K.

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

9.4 Определение доверительной погрешности термометра при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне измерений температуры от минус 196 °C до плюс 419,527 °C

9.4.1 Рассчитывают доверительную погрешность результата измерений сопротивления в тройной точке воды в температурном эквиваленте по формулам:

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

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

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

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 -го измерения сопротивления термометра в тройной точке воды (п. 9.2.1.);

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;

δ_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.

9.4.2 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.9.2.1.);

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

9.4.3 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	$dW_r / dT_p, ^\circ C$
Точка кипения азота	0,00433
Точка затвердевания олова	0,00371
Точка затвердевания цинка	0,00350

9.4.4 Рассчитывают доверительную погрешность δ_p результата определения относительного сопротивления в реперной точке в температурном эквиваленте по формуле:

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

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

9.4.5 Сравнивают рассчитанные по 9.4.1 и 9.4.4 значения доверительной погрешности со значениями, приведенными в приложении Б.

Значения δ_t и δ_p должны быть не более значений, указанных в приложении Б.

В противном случае термометр бракуют.

9.4.6 Градуировочную характеристику термометров, удовлетворяющую требованиям 9.4.5, рассчитывают по методике, приведенной в приложении В и Д.

9.5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

9.5.1 Для подтверждения соответствия метрологических характеристик термометров сопротивления эталонных ПТС-100 метрологическим требованиям используют: значения доверительной погрешности, определенные в соответствии с разделом 9 настоящей методики.

9.5.2 Алгоритм принятия решения о соответствии метрологических характеристик термометров сопротивления эталонных ПТС-100 обязательным метрологическим требованиям:

Метрологические характеристики должны соответствовать требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам единицы температуры 2-го и 3-го разрядов, согласно ч. 1, 2 Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 19.11.2024 г. № 2712.

9.5.3 Если значения доверительной погрешности во всех контрольных точках, определенные в соответствии с разделом 9, удовлетворяют требованию пунктов 9.5.1 и 9.5.2, выполнены требования разделов 4, 7, 8 настоящей методики, то принимают решение о соответствии термометров сопротивления эталонных ПТС-100, метрологическим требованиям.

9.5.4 Если хотя бы одно из значений доверительной погрешности, полученные в соответствии с разделом 9, не удовлетворяют требованиям пунктов 9.5.1 и 9.5.2 и/или требования разделов 4, 7, 8

настоящей методики не выполнены, то принимают решение о несоответствии термометров сопротивления эталонных ПТС-100, метрологическим требованиям. Выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки оформляют протоколом (рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А).

Результаты поверки публикуются в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

По заявлению владельца термометров сопротивления эталонных ПТС-100 или лица, представившего их на поверку, при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке установленной формы и (или) в паспорт вносится запись о проведенной поверке, удостоверенная оттиском поверительного клейма; при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления) и (или) в паспорт.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
 поверки термометров сопротивления эталонных ПТС-100
 № _____ от « ____ » 20 ____ г.

1 Заказ зав. № _____.

2 Термометр ПТС-100, зав. № _____.

3 Диапазон измерений: от ____ °C до ____ °C.

4 Условия поверки

Температура окружающего воздуха, °C	
Относительная влажность воздуха, %	
Атмосферное давление, кПа	

5 Средства поверки

Наименование, тип	Заводской номер	Номер в ФИФ ЕОИ	№ и дата свидетельства о поверке, кем выдано

6 Результаты поверки

6.1 Внешний осмотр

Замечания по внешнему осмотру (указать при наличии)	Наличие маркировки (соответствует/не соответствует ТУ)

6.2 Проверка электрического сопротивления изоляции

Измеренное сопротивление изоляции, МОм	Минимально допускаемое сопротивление изоляции, МОм

6.3 Определение метрологических характеристик.

Определение нестабильности термометров:

$$R_{TH} - R_{TP} = \text{_____} (\text{°C})$$

R_{TH} - сопротивление термометра в тройной точке воды, п.9.1.2;

R_{TP} - сопротивление термометра в тройной точке воды из протокола предыдущей поверки.

Результаты измерений приведены для тока 1 мА

Реперная точка	Температура, °C	$W(t) = R(T)/R(0,01)$
N ₂	-196	0,188354
Sn	231,928	1,892550
Zn	419,527	2,568209

Интерполяционная функция в интервале от минус 196 °C до 0,01 °C рассчитана из уравнения:

$$W(T) = W_{ref}(T) + \Delta W(T), \text{ где } \Delta W(T) = M [W(T)-1]$$

Функция отклонения от МТШ-90 в интервале от 0,01 °C до 419,527 °C:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a[W(T_{90}) - 1] + b [W(T_{90}) - 1]^2$$

Коэффициенты функции отклонения $M = -0,000217$; $a = -0,000091$; $b = -0,000226$

Доверительная погрешность при доверительной вероятности 0,95 градуировки ПТС-100 в точках, °C:

в тройной точке воды	0,01	в точке кипения азота	0,02
в точке затвердевания олова	0,02	в точке затвердевания цинка	0,02

7 Выводы:

Термометр ЭТС-100М, исп. _____ зав. № _____ на основании результатов первичной (периодической) поверки признан _____
 (годен/не годен, в случае непригодности к применению указать причину)

Поверка выполнена _____
 (знак поверки) (подпись) (Фамилия И.О.) (дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Таблица 1 - Метрологические и технические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	2-й разряд	3-й разряд
Диапазон измерений температуры, °C	от -196 до +419,527	
Номинальное сопротивление термометров при температуре 0 °C, Ом	100,00±0,05	
Отношение WGa сопротивления термометра при температуре плавления галлия к его сопротивлению в тройной точке воды, не менее	1,11795	
Нестабильность термометров в температурном эквиваленте в тройной точке воды после отжига при температуре на 10 °C выше верхнего предела измерений, °C, не более	0,002	0,004
Доверительная погрешность термометров при доверительной вероятности 0,95, °C, не более ¹⁾ при температуре		
-196 °C(77 K)	±0,02	±0,05
+0,01 °C	±0,01	±0,02
+231, 928 °C	±0,02	±0,04
+419, 527 °C	±0,02	±0,07
Электрическое сопротивление изоляции между выводами и корпусом термометров при температуре (20±2) °C и относительной влажности (60±15)%, МОм, не менее	100	
Диаметр защитной трубки, мм, не более	6	
Диаметр головки термометра, мм, не более	20	
Длина монтажной части, мм, не более	670	
Масса, г, не более	120	
Условия эксплуатации		
- температура окружающего воздуха, °C	от +15 до +30	
- относительная влажность воздуха, %, не более	до 80	
- атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7	

1) Интерполяция значений погрешности в диапазоне температуры – линейная.

ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное)

Метод расчета градуировочной характеристики термометра ПТС-100 для диапазона измерений температуры выше 0 °C

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

$$\Delta W(T) = W(T) - W_r(T) \quad (B.1)$$

В.2 Функция отклонения для диапазона от 0 °C до +419,527 °C:

$$\Delta W(T) = a \cdot (W(T) - 1) + b \cdot (W(T) - 1)^2 \quad (B.2)$$

В.3 Коэффициенты функции $\Delta W(T)$ рассчитывают с использованием их градуировки в реперных точках (9.2).

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

В.5 Вычисление температуры по градуировочной характеристике термометра

В.5.1 По результатам измерений сопротивления термометра $R(T_u)$ рассчитывают

$$W(T_u) = R(T_u) / R_T , \quad (B.3)$$

где $W(T_u)$ – относительное сопротивление термометра при температуре T_u ;

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

T_u – измеряемая температура;

R_T – сопротивление термометра в тройной точке воды.

В.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 В.2 определяют $\Delta W(T_u)$, а затем рассчитывают $W_r(T_u)$, используя формулу (B.1). По зависимости $W_r(T)$ [таблице значений $W_r(T)$] находят значение температуры T_u , соответствующее $W_r(T_u)$. Значение температуры можно также рассчитать с помощью обратной стандартной функции МТШ-90 $T(W_r)$.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

Метод расчета градуировочных характеристик термометров сопротивления ПТС-100 и вычисления температуры для диапазона температуры ниже 273,16 К (0 °C)

Д.1 Метод расчета градуировочных характеристик

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

$$\Delta W(T) = W(T) - W_r(T), \quad (D.1)$$

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

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

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

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

$$\Delta W(T) = M(W(T) - 1), \quad (D.2)$$

$$M = W(T) / (W(T) - 1) \quad (D.3)$$

где M – константа, определяемая из результатов градуировки при температуре кипения азота (9.3.1 настоящей методики).

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

Д.2 Вычисление температуры по градуировочной характеристике термометра

Д.2.1 По результатам измерений сопротивления термометра R рассчитывают

$$W(T_u) = R(T_u) / R_T, \quad (D.4)$$

где $W(T_u)$ – относительное сопротивление термометра при температуре T_u ;

T_u – измеряемая температура;

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

R_T – сопротивление термометра в тройной точке воды.

Д.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 (Д.2) определяют $\Delta W(T_u)$, а затем рассчитывают $W_r(T_u)$ по формуле (Д.1). По зависимости $W_r(T)$ [в таблице значений $W_r(T)$ в зависимости от температуры] находят значение температуры T_u , соответствующее $W_r(T_u)$. Значение температуры можно также рассчитать с помощью обратной стандартной функции МТШ-90 $T(W_r)$.