

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н.Пронин

«28» апреля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Термометры сопротивления эталонные ЭТС-100М

Методика поверки

МП 2411-0153- 2023

**Заместитель руководителя
лаборатории термометрии**

Б.Фуксов

В.М. Фуксов

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на термометры сопротивления эталонные ЭТС-100М, исполнение ЭТС-100М1, ЭТС-100М2 или ЭТС-100М3 (далее - термометры) – рабочие эталоны 2-го и 3-го разрядов согласно государственной поверочной схеме (ГПС) для средств измерений (СИ) температуры, часть 1, 2, предназначенные для поверки рабочих средств измерений температуры и точных измерений температуры жидких и газообразных сред в диапазоне от минус 196 °C до плюс 660,323 °C (77 K – 933,473 K) и устанавливает объем и порядок их первичной и периодической поверок.

1.2 Методикой поверки должна быть обеспечена прослеживаемость термометров к ГЭТ 34 – 2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 °C до 3200 °C» и ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры- кельвина в диапазоне от 0,3 K до 273,16 K» в соответствии ГПС для СИ температуры, часть 1, 2, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 23.12.2022 г. № 3253.

1.3 Метод поверки основан на непосредственном сличении термометров с эталонными СИ температуры.

1.4 Проведение поверки в сокращенном объеме настоящей методикой не предусмотрено.

1.5 Определения, обозначения и сокращения

Термометр – термометр сопротивления эталонный типа ЭТС-100М 2-го и 3-го разряда.

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 °C.

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 (р – символ химического элемента или вещества)

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки термометров должны выполняться операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

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 термометра	Да	Да	7
Опробование термометра	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик термометра			
Определение нестабильности термометров	Да	Да	9.1
Определение градуировочной характеристики термометров	Да	Да	9.2
Градуировка термометров ЭТС-100М в диапазоне температуры ниже 273,16 K	Да	Да	9.3
Определение доверительной погрешности термометра при доверительной вероятности 0,95	Да	Да	9.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

2.2 При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от +18 °C до +22 °C
- относительная влажность, %, не более 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7.

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

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

3.4 Помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 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 5.1

Таблица 5.1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.2 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 20 % до 90 % с погрешностью не более 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 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 (+23,0)°C, от 0 % до 90 % ±2 %, от 90 % до 98 % ±3 %, температуры ±0,3 °C, атмосферного давления ±2,5 гПа
п.8.4 Опробование	Средство измерений электрического сопротивления в диапазоне от 0 до 500 Ом	Прибор комбинированный Ц4312, диапазон от 0 до 500 Ом, погрешность 10 %, ТУ 25-04-3300-77, регистрационный № 2845-72
п.8.5 Проверка электрического сопротивления изоляции	Средство измерений электрического сопротивления в диапазоне от 0 до 100 МОм	Мегаомметр Ф4102, диапазон измерений 0 - 20 000 МОм, погрешность ±2,5 %, регистрационный № 4542-74
п.9 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1 разряда по ГПС, в диапазоне значений температуры	Ампула тройной точки воды, длина внутреннего колодца 300-350 мм, диаметр 8-20 мм, погрешность воспроизведения температуры фазового перехода не более 0,00014 °C;

Операции поверки, требующие применение средств проверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения проверки	Перечень рекомендуемых средств проверки
	от -200 °C до +661 °C	<p>Установка для реализации реперных точек МТШ-90 [1]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - точка плавления галлия (Ga), - точка затвердевания олова (Sn), - точка затвердевания цинка (Zn), - точка затвердевания алюминия (Al), <p>расширенная неопределенность ($k=2$) воспроизведения температуры фазового перехода:</p> <p>Ga - $\pm 0,0002$ °C; Sn - $\pm 0,0012$ °C; Zn - $\pm 0,002$ °C; Al - $\pm 0,004$ °C;</p> <p>Измерительная установка для измерений сопротивления термометров, погрешность измерений сопротивления не более $\pm 0,001$ %;</p> <p>Мера электрического сопротивления, номинальное сопротивление 100 Ом, погрешность не более 0,001 %, нестабильность температуры не должна приводить к изменению значения меры за время измерений более чем на 0,001 %;</p> <p>Термометр сопротивления эталонный ПТС, 1-го разряда, диапазон от -196 °C до 0 °C;</p> <p>сосуд Дьюара с жидким азотом;</p> <p>Печь для отжига, рабочая температура от +100 °C до +1100 °C, абсолютная погрешность поддержания температуры ± 2 °C, градиент температуры в рабочем пространстве печи не более 5 °C/m;</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 проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования безопасности, которые предусматривают «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ РМ-016-2001;

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства поверки;

- указания по технике безопасности, приведенные в руководстве эксплуатации поверяемых СИ.

6.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в их эксплуатационной документации.

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

6.4 Сосуды Дьюара, предназначенные для работы с жидкими газами, должны быть чистыми и сухими. Необходимо беречь сосуды Дьюара от попадания в них органических веществ.

6.5 Во время проведения поверки при высокой температуре термометр следует извлекать из печи медленно, соблюдая особую осторожность во избежание получения ожогов. После извлечения из печи запрещается трогать термометр руками и класть его на легковоспламеняющуюся поверхность.

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:

- протереть погружаемую часть термометра этианолом;
- термометр подключить к измерителю сопротивления в соответствии со схемой соединения внутренних проводов. Измерительный ток должен быть в соответствии с эксплуатационным документом.

8.4 Провести опробование поверяемого термометра, которое заключается в проверке целостности электрических цепей. Опробование электрической схемы проводят подключением выходных клемм термометра к входным клеммам прибора комбинированного Ц4312.

Результат опробования считают положительным, если нет обрыва электрические цепи термометра и электрическое сопротивление менее 300 Ом.

8.5 Проверка электрического сопротивления изоляции

Проверку электрического сопротивления изоляции проводят мегомметром при напряжении 100 В. Электрическое сопротивление изоляции ТС должно быть не менее 100 МОм.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение нестабильности термометров, работающих в диапазоне температуры от 0 °C до 660,323 °C исполнения ЭТС-100М1 и в диапазоне температуры от 0 °C до 419,527 °C исполнения ЭТС-100М2 и ЭТС-100М3.

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 9.2.8.

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:

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

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 ЭТС-100М при 0,01 °C – 0,4 Ом/°C).

9.1.1.5 Значение ΔR_T не должно превышать 0,01 °C для ЭТС-100М1 и ЭТС-100М3 и 0,005 °C для ЭТС-100М2.

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 10.1.1.5 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 9.2.8, 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 для ЭТС-100М1 и ЭТС-100М3 и 0,005 °C для ЭТС-100М2, 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 температуры выше 0 °C

Градуировку термометров в диапазоне температуры выше 0 °C проводят в реперных точках. При необходимости градуировку термометров допускается производить ниже верхнего предела измерений.

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: Al, TTB, 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, кроме реперной точки алюминия, термометр извлекают из капсулы и охлаждают на воздухе до комнатной температуры.

9.2.6 После окончания измерений сопротивления термометра в реперной точке алюминия термометр охлаждают в печи со скоростью не более $100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ до температуры $(500 \pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$, извлекают и охлаждают на воздухе до комнатной температуры.

9.2.7 Если термометр необходимо быстро извлечь из печи после измерений его сопротивления в реперной точке алюминия, то после извлечения из печи для реализации реперных точек термометр погружают в отжиговую печь, предварительно нагретую до $(600 \pm 20)\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдерживают в ней в течение 3 – 5 ч и охлаждают в печи со скоростью не более $100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ до температуры $(500 \pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$, после чего извлекают из отжиговой печи на воздух.

9.2.8 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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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.

9.2.9 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 А. Значение W_{Ga} должно быть не менее 1,11795.

9.3 Градуировка термометров ЭТС-100М в диапазоне температуры ниже $273,16\text{ K}$

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

Примечание: Допускается проводить градуировку термометров непосредственно в реперных точках МТШ-90 ниже $273,16\text{ K}$.

9.3.1 Градуировка и определение нестабильности термометров в интервале $77\text{ K} – 273,16\text{ K}$ заключается в измерении их сопротивлений в тройной точке воды, в последующем одновременном измерении сопротивлений градуируемого термометра и эталонного 1-го разряда термометра при температуре кипения азота ($T \approx 77\text{ K}$) 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 $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.3.2 Для проведения градуировки термометров при температуре кипения азота их вместе с эталоном 1-го разряда 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 $273,16\text{ K}$ 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 mK за время каждого измерения. Дрейф температуры в точке 77 K при проведении 5 измерений должен быть не более $0,05\text{ K}$.

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

9.4.1 Обработка результатов измерений сопротивления термометров в температурном диапазоне выше 0 °C

9.4.1.1 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.

9.4.1.2 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.9.2.1.);

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

9.4.1.3 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 табл. 9.4.1.

Таблица 9.4.1 – 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
Точка затвердевания алюминия	0,00321

9.4.1.4 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 $n=3$, $t_q=4,303$;

9.4.1.5 Сравнивают рассчитанные по 9.4.1.1 и 9.4.1.4 значения доверительной погрешности со значениями, приведенными в таблице 9.4.2.

Значения δ_T и δ_p должны быть не более значений, указанных в таблице 9.4.2. В противном случае термометр бракуют.

Таблица 9.4.2 – Допускаемые доверительные погрешности результатов измерений температуры в реперных точках термометрами ЭТС-100М, в градусах Цельсия.

Температура, °C	Реперная точка	Доверительные границы погрешности при доверительной вероятности 0,95, °C	
		2-ой разряд	3-ой разряд
-196 (77 K)	точка кипения азота	±0,020	±0,05
0,01	тройная точка воды	±0,010	±0,02
231,928	точка затвердевания олова	±0,015	±0,04
419,527	точка затвердевания цинка	±0,020	±0,07
660,323	точка затвердевания алюминия	-	±0,15

9.4.1.6 Градуировочную характеристику термометров, удовлетворяющую требованиям 9.4.1.5, рассчитывают по методике, приведенной в приложении Б и В.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

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

10.2 Алгоритм принятия решения о соответствии метрологических характеристик термометров сопротивления эталонных ЭТС-100М обязательным метрологическим требованиям:

10.2.1 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 23.12.2022 г. № 3253.

10.3 Если значения доверительной погрешности во всех контрольных точках, определенные в соответствии с разделом 9, удовлетворяют требованию пунктов 10.1 и 10.2, выполнены требования разделов 4, 7, 8 настоящей методики, то принимают решение о соответствии термометров сопротивления эталонных ЭТС-100М, метрологическим требованиям.

10.4 Если хотя бы одно из значений доверительной погрешности, полученные в соответствии с разделом 9, не удовлетворяют требованиям пунктов 10.1 и 10.2 и/или требования разделов 4, 7, 8 настоящей методики не выполнены, то принимают решение о несоответствии термометров сопротивления эталонных ЭТС-100М, метрологическим требованиям. Выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки оформляют протоколом (рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А). По заявлению владельца термометров сопротивления эталонных ЭТС-100М при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке установленной формы; при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению при наличии сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

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

Форма протокола поверки
ПРОТОКОЛ
проверки термометров сопротивления эталонных ЭТС-100М
№ _____ от « ____ » 20__ г.

1 Заказ зав. № _____.

2 Термометр ЭТС-100М, исполнение _____, 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 ФИФЕОИ	№ 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 Проверка 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	$W(t) = R(T)/R(0,01)$
$R(0,01)$	0,01	100,1317
Sn	231,928	1,888727
Zn	419,527	2,561748
Al	660,323	3,364889

Коэффициенты функции отклонения от МТШ-90 в диапазоне от 0,01 °C до +660,323 °C:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a [W(T_{90}) - 1] + b [W(T_{90}) - 1]^2 + c [W(T_{90}) - 1]^3,$$

где $a = -0,001363$; $b = 0,000124$; $c = -0,000618$;

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

в тройной точке воды	0,02	в точке затвердевания цинка	0,06
в точке затвердевания олова	0,03	в точке затвердевания алюминия	0,12

7 Выводы:

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

Метод расчета градуировочных характеристик термометров ЭТС-100М для диапазона температуры выше 0 °C

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

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

Б.2 Функция отклонения для диапазона температуры от 0 °C до +660,323 °C имеет вид:

$$\Delta W(T) = a(W(T)-1) + b(W(T)-1)^2 + c(W(T)-1)^3 \quad (\text{Б.2})$$

Б.3 Коэффициенты функции $\Delta W(T)$ рассчитываются с использованием данных градуировки термометров в реперных точках (10.2).

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

Б.5 Вычисление температуры по градуировочной характеристике термометра

Б.5.1 По результатам измерения сопротивления термометра $R(T_i)$ рассчитывают

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

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

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

T_i – измеряемая температура;

R_T – сопротивление термометра в тройной точке воды.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное)

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

B.1 Метод расчета градуировочных характеристик

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

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

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

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

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

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

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

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

где M – константа, определяемая из результатов градуировки при температуре кипения азота (10.3.1 настоящей методики).

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

B.2 Вычисление температуры по градуировочной характеристике термометра

B.2.1 По результатам измерений сопротивления термометра R рассчитывают

$$W(T_i) = R(T_i) / R_T, \quad (B.4)$$

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

T_i – измеряемая температура;

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

R_T – сопротивление термометра в тройной точке воды.

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