

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»
Заместитель генерального директора А.Н. Пронин
Е. П. Крицков
доверенность № 54/2023 от 24.12.2021
30 октября 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Калибраторы температуры КТ-7.АЧТ

Методика поверки

МП 2412-0058-2023

Руководитель лаборатории эталонов в области
инфракрасной радиометрии и прикладной пирометрии



Ю.А. Сильд

Научный сотрудник лаборатории эталонов
в области инфракрасной радиометрии
и прикладной пирометрии



Е.В. Визулайнен

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика применяется для поверки калибраторов температуры КТ-7.АЧТ (далее по тексту – калибраторы), используемых в качестве рабочих эталонов 2-го разряда, согласно государственной поверочной схемы для средств измерений температуры (часть 3), утвержденной приказом Росстандарта от 23.12.2022 № 3253. Калибраторы предназначены для воспроизведения, хранения и передачи температуры в диапазоне от плюс 20 °С до плюс 50 °С в лабораторных условиях.

Изготовитель: ООО «ИзТех» г. Москва, г. Зеленоград.

1.2 Выполнение всех требований настоящей методики поверки обеспечивает прослеживаемость калибраторов к Государственному первичному эталону единицы температуры ГЭТ 34 – 2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С», согласно государственной поверочной схемы для средств измерений температуры (часть 3), утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 23.12.2022 г. № 3253.

1.3 Методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон воспроизводимых температур, °С ⁽¹⁾	от +20 до +50
Границы доверительной абсолютной погрешности воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне от +20 °С до +31,99 °С в диапазоне от +32 °С до +43 °С в диапазоне от +43,01 °С до +50 °С	±1,0 ±0,1 ±1,0
Дрейф температуры излучателя за 15 минут, °С, не более	±0,01
Нестабильность поддержания температуры в течение 30 мин. (после выхода на режим), °С	±0,01

⁽¹⁾ – Допускается использование калибраторов по заявлению пользователя в меньшем диапазоне воспроизводимых температур, находящегося в границах полного диапазона.

1.5 В настоящей методике поверки используется метод сличения с компаратором.

1.6 Проведение поверки в сокращенном объеме настоящей методикой не предусмотрено.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении первичной и периодической поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2

Таблица 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций при поверке		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной	периодической	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Оформление результатов поверки	Да	Да	11

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, °С от +15 до +25;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 10 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 97,3 до 105,3.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на приборы, 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. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 90 % с погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 90 до 106,0 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. №53505-13, диапазон измерений температуры воздуха от минус 10 °С до плюс 60 °С, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,4$ °С; Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 10 % до 95 %, пределы допускаемой погрешности измерений ± 3 %; Диапазон измерений абсолютного давления от 300 до 1200 гПа, пределы допускаемой погрешности измерений ± 5 гПа
п.10 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда по ГПС для СИ температуры, ч.3, в диапазоне значений температуры от +20 °С до +50 °С	Государственный вторичный эталон единицы энергетической яркости в диапазоне от 40 до $61 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м ²), рабочий эталон 0 разряда единицы температуры в диапазоне значений от 220 до 1373,15 К, рег. номер 2.1.ZZB.0441.2023, свидетельство об аттестации №34/35-444-2023 до 10.08.2025

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 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.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При внешнем осмотре устанавливают соответствие внешнего вида описанию типа, заводского номера, отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушений покрытий, надписей и других дефектов, которые могут повлиять на работу калибратора и качество поверки.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если выполняются вышеуказанные требования. При наличии дефектов поверяемый калибратор бракуется.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 В соответствии с эксплуатационной документацией подготовить средства поверки для проведения измерений, проверить соблюдение требований п.3.1.

8.2 Поверяемые калибраторы должны быть подготовлены к работе в соответствии с НД на них.

8.3 При опробовании включить калибратор и проверить его работоспособность.

Результат опробования считают положительным, если выполняются функции, указанные в руководстве по эксплуатации.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Идентификацию ПО проводят при включении питания калибратора, удерживая в нажатом состоянии ручку управления. На дисплее отобразится версия встроенного ПО, например – «Р 1.0».

Результат проверки считается положительным, если версия не ниже указанной в описании типа.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение времени выхода калибратора на стационарный режим и дрейфа температуры.

10.1.1 Время выхода калибратора на стационарный режим взаимосвязано с дрейфом температуры калибратора. Эти параметры определяют одновременно. Включают калибратор, устанавливают на регуляторе значение, соответствующее нижнему пределу температурного диапазона. По истечении времени, указанного в эксплуатационной документации, определяют дрейф температуры калибратора.

10.1.2 Дрейф температуры калибратора определяют в течение 15 мин по показаниям эталона, свизированного на дно излучающей полости в соответствии с руководством по эксплуатации.

10.1.3 Определяют средние арифметические значения температуры по результатам измерений в течение трех интервалов по 5 минут. Разность средних арифметических значений температуры не должна превышать значения дрейфа температуры 0,01 °С. Если максимальная разность средних арифметических значений температуры излучающей полости превышает значение дрейфа, то излучатель бракуют.

10.1.4 Дрейф температуры калибратора на верхнем пределе температурного диапазона определяют после достижения излучающей полости калибратора комнатной температуры. Затем на

регуляторе устанавливают значение, соответствующее верхнему пределу температурного диапазона, после выхода калибратора на стационарный режим повторяют операции по п.п. 10.1.2 - 10.1.3.

10.2 Определение нестабильности поддержания температуры на заданном уровне

10.2.1 Калибратор в соответствии с руководством по эксплуатации выводят на температурный режим, соответствующий нижнему пределу температурного диапазона, установив на регуляторе значение +20 °С.

10.2.2 После выхода калибратора на стационарный температурный режим в течение 15 минут через каждые 15 с регистрируют значения температуры эталоном.

10.2.3 Среднее арифметическое значение температуры за 15 минут \bar{T} и среднее квадратическое отклонение (СКО) текущего значения температуры S_H рассчитывают по формулам:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}, \quad (1)$$

где T_i - i -й результат измерений температуры

$$S_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

10.2.4 Удвоенное значение СКО не должно превышать значения нестабильности поддержания температуры, указанного в эксплуатационной документации.

10.2.5 Если при поверке удвоенное значение СКО превышает значение нестабильности поддержания температуры в поверяемом калибраторе, по возможности, устраняют неисправность в работе регулятора и вновь проводят операции по 10.2.1–10.2.3. Если полученное удвоенное значение СКО вновь превышает значение нестабильности, то прибор бракуют.

10.2.6 Операции по пунктам 10.2.1 – 10.2.5 повторяют при значениях температуры +32 °С, +43 °С и 50 °С рабочего диапазона калибратора.

10.3 Определение поправки к показаниям калибратора

10.3.1 Поправки к показаниям калибратора определяют путем сличения эталона и испытуемого калибратора с помощью компаратора в четырех точках, включая крайние, диапазона воспроизведения температуры (20 °С, 32 °С, 43 °С и 50 °С). Регистрируют показания испытуемого калибратора и эталона в каждой контрольной точке. Измерения повторяют не менее пяти раз. Поправку определяют, как разность между средним арифметическим значением по показаниям калибратора и средним арифметическим значением температуры по показаниям эталонного СИ.

10.3.2 Результат испытаний считается положительным, если полученное значение поправки не превышает удвоенное значение заявленной доверительной погрешности калибратора.

10.4 Определение границ доверительной абсолютной погрешности воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95

10.4.1 По результатам пяти измерений при определении поправки вычислить случайную погрешность $\Delta_{сл}$, °С по формуле:

$$\Delta_{сл} = t_p(f_{эф}) \cdot S_{\bar{T}} \quad (3)$$

где $t_p(f_{эф})$ - коэффициент Стьюдента (при доверительной вероятности 0,95 и числе измерений 5 $t_p(f_{эф}) = 2,776$;

$S_{\bar{T}}$ - СКО результата пяти измерений, (°С) по формуле:

$$S_{\bar{T}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (4)$$

где T_i - i -ый результат измерений температуры по показаниям эталона, °С;

\bar{T} - среднее значение результатов измерений температуры, °С;

n - число измерений.

10.4.2 Доверительные границы неисклученной систематической погрешности θ определяют по формуле:

$$\theta = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2 + \theta_5^2 + \theta_6^2 + \theta_7^2 + \theta_8^2} \quad (5)$$

где 1,1 – поправочный коэффициент, определяемый доверительной вероятностью 0,95 и числом составляющих;

θ_1 – составляющая погрешности, обусловленная нестабильностью поддержания температуры, $\theta_1 = 2 \cdot S_n$;

θ_2 – составляющая погрешности, обусловленная погрешностью применяемого эталона единицы температуры, °C;

θ_3 – составляющая погрешности, обусловленная нестабильностью полупроводникового термометра калибратора, $\theta_3 = 0,01$ °C;

θ_4 – составляющая погрешности, обусловленная погрешностью определения эффективной излучательной способности применяемого излучателя, и определяется по формуле (6), °C:

$$\theta_4 = 0,00014 \cdot T \quad (6)$$

θ_5 – составляющая погрешности, обусловленная неравномерностью температурного поля по излучающей поверхности излучателя. Значение ее не превосходит 0,005 °C;

θ_6 – составляющая погрешности, обусловленная разрешающей способностью дисплея (индикатора) калибратора, составляет: $\theta_6 = 0,05$ °C;

θ_7 – составляющая погрешности, обусловленная влиянием температуры окружающей среды T_a , оценивается, исходя из погрешности СИ измеряющего её (θ_{Ta}), вычисляется по формуле (7):

$$\theta_7 = 0,01 \cdot \frac{\theta_{Ta} \cdot T_a^3}{T^3}, \quad (7)$$

θ_8 – составляющая погрешности, обусловленная фоновым излучением. При измерении малая часть измеренной яркости является результатом излучения фона, при этом площадь излучателя можно рассматривать как диффузный рефлектор, и вычисляется по формуле (8):

$$\theta_8 = 0,000143 \cdot \frac{T_a^4}{T_{изл}^3} \quad (8)$$

10.4.3 СКО неисклученной систематической погрешности S_θ , (°C), определяют по (9):

$$S_\theta = \frac{\theta}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

10.4.4 Определить доверительную абсолютную погрешность воспроизведения температуры Δ , (°C), по формуле:

$$\Delta = k \cdot S \quad (10)$$

где k – коэффициент соотношения случайной и неисклученной систематической погрешностей определяют по формуле:

$$k = \frac{\Delta_{сл} + \theta}{S_T + S_\theta} \quad (11)$$

S – суммарное СКО, (°C) по формуле (12):

$$S = \sqrt{S_T^2 + S_\theta^2} \quad (12)$$

10.4.5 Границы доверительной абсолютной погрешности воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95 не должны превышать значений, указанных в таблице 1 настоящей методики.

10.5 Подтверждение соответствия средства измерений Метрологическим требованиям

10.5.1 Для подтверждения соответствия метрологических характеристик калибраторов температуры КТ-7.АЧТ метрологическим требованиям используют: значения доверительной абсолютной погрешности воспроизведения температуры калибратором, определенные в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

10.5.2 Критериями подтверждения соответствия считают выполнение обязательных метрологических требований ГПС для СИ температуры, ч.3 для рабочих эталонов 2-го разряда.

Если значения доверительной абсолютной погрешности воспроизведения температуры калибратором, определенные в соответствии с разделом 10, удовлетворяют требованию пунктов 10.5.1 и 10.5.2, выполнены требования разделов 4, 7, 8 и 9 настоящей методики, то принимают решение о соответствии калибраторов температуры КТ-7.АЧТ метрологическим требованиям.

Если хотя бы одно из значений доверительной абсолютной погрешности воспроизведения температуры калибратором, полученные в соответствии с разделом 10, не удовлетворяют требованиям пунктов 10.5.1 и 10.5.2 и/или требования разделов 4, 7, 8 и 9 настоящей методики не выполнены, то принимают решение о несоответствии калибраторов температуры КТ-7.АЧТ метрологическим требованиям. Выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11 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 калибраторов температуры КТ-7.АЧТ метрологическим требованиям или лица, представившего их на поверку, при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке установленной формы. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению.

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

ПРОТОКОЛ № _____
первичной (периодической) поверки

Наименование _____

Тип _____

Заводской № _____

представленный _____ .

Место проведения поверки _____

Метод поверки: МП 2412-0058-2023 «ГСИ. Калибраторы температуры КТ-7.АЧТ. Методика поверки».

Значения влияющих факторов:

Температура окружающего воздуха _____ °C

Относительная влажность воздуха _____ %

Атмосферное давление _____ кПа

Поверка проведена с применением эталонных СИ: _____

Результаты внешнего осмотра: _____

Подтверждение соответствия ПО, версия: _____

Таблица результатов поверки:

Температура t_1 : _____

Время выхода калибратора на стационарный режим _____

Дрейф температуры калибратора _____

Нестабильность поддержания температуры калибратора _____

Доверительные границы погрешности воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95 _____

Температура t_2 : _____

Температура t_4 : _____

Выводы: Доверительные границы погрешности воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95 не превышают приведенных в описании типа

Выводы: Калибратор признан годным в качестве рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с ГПС для СИ температуры.

Поверитель _____

Дата проведения поверки «____» _____ 202_ г.