

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

«10» апреля 2025 г.

И.м. генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
Чекирда Константин Владимирович

Государственная система обеспечения единства измерений

Излучатели ОИ АЧТ Айболит 32-43/20
Методика поверки

МП 2412-0060-2025

Руководитель лаборатории эталонов в области
инфракрасной радиометрии и прикладной пирометрии

Ю.А. Сильд

Научный сотрудник лаборатории эталонов
в области инфракрасной радиометрии
и прикладной пирометрии

М.А. Иванова

Санкт-Петербург
2025

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на излучатели ОИ АЧТ Айболит 32-43/20 (далее по тексту – излучатели), используемые в качестве рабочих эталонов 2-го разряда, согласно с частью 3 «Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры», утверждённой приказом Росстандарта от 19.11.2024 № 2712 (далее ГПС для СИ температуры).

Излучатели предназначены для воспроизведения, хранения и передачи температуры в диапазоне от плюс 32 °С до плюс 43 °С в лабораторных условиях.

1.2 Выполнение всех требований настоящей методики поверки обеспечивает прослеживаемость излучателей к Государственному первичному эталону единицы температуры ГЭТ 34 – 2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С», согласно с частью 3 «Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры», утверждённой приказом Росстандарта от 19.11.2024 № 2712.

1.3 Методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении Б настоящей методики.

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 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 средства измерений	Да	Да	7
Опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Нет	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 ±0,5 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 80 % с погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 90,0 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № в ФИФ ОЕИ 53505-13, диапазон измерений температуры воздуха от минус 10 °С до плюс 60 °С, пределы допускаемой погрешности измерений ±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, соответствующие требованиям, предъявляемым к эталонам не ниже 1-го разряда по ГПС для СИ температуры, ч.3, в диапазоне значений температуры от +32 °С до +40 °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 использовать при проверке другие утвержденные или аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице, и обеспечивающие передачу единицы величины поверяемому средству измерений с точностью, удовлетворяющей требованиям Государственной поверочной схемы.		

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

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

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если выполняются вышеуказанные требования. Излучатель, не отвечающий перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 В соответствии с эксплуатационной документацией подготовить средства поверки для проведения измерений.

8.2. Определить параметры окружающей среды, указанные в п. 3.1 настоящей МП.

8.3 Поверяемый излучатель должен быть подготовлен к работе в соответствии с п. 9 и п. 10 РЭ на него.

8.4 При опробовании включить излучатель и проверить его работоспособность.

Результат опробования считают положительным, если выполняются функции, указанные в п. 10 руководстве по эксплуатации.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение идентификационного наименования и номера версии ПО проводится визуально, посредством сличения соответствующей маркировки излучателя и сведений, приведенных в описании типа (таблица 3).

Результат проверки считается положительным, если указанное наименование ПО совпадает с приведенными в таблице 3 и номер версии ПО соответствует требованиям описания типа.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение для измерителя - регулятора микропроцессорного ТРМ10	Значение для термометра цифрового эталонного ТЦЭ-005
Идентификационное наименование ПО	trm10s3_v207.hex	ITE_M2_Ver2_12
Номер версии (идентификационный номер)	2.xx*	2.xx*
Цифровой идентификатор ПО	-	-
x* - цифры от 0 до 9 (метрологически незначимая часть)		

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

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

10.1.2 Дрейф температуры излучателя 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 0,05 °С. Если максимальная разность средних арифметических значений температуры излучающей полости превышает значение дрейфа, то излучатель бракуют.

10.1.4 Дрейф температуры излучателя на верхнем пределе температурного диапазона определяют после достижения излучающей полости излучателя комнатной температуры. Затем на регуляторе устанавливают значение, соответствующее верхнему пределу температурного диапазона, после выхода излучателя 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 Излучатель в соответствии с руководством по эксплуатации выводят на температурный режим, соответствующий нижнему пределу температурного диапазона, установив на регуляторе значение плюс 32 °С.

10.2.2 После выхода излучателя 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_n рассчитывают по формулам:

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

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

где T_i - i -й результат измерений температуры

10.2.4 Результат поверки считается положительным, если удвоенное значение СКО не превышает значения нестабильности поддержания температуры, указанного в эксплуатационной документации.

10.2.5 Если при поверке удвоенное значение СКО превышает значение нестабильности поддержания температуры в поверяемом излучателе, 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, 37 °С, 43 °С рабочего диапазона излучателя.

10.3 Определение поправки к показаниям излучателя

10.3.1 Поправки к показаниям излучателя определяют путем сличения эталона и испытуемого излучателя с помощью компаратора в трех точках, включая крайние, диапазона воспроизведения температуры (32 °С, 37 °С, 43 °С). Регистрируют показания испытуемого излучателя и эталона в каждой контрольной точке. Измерения повторяют не менее пяти раз. Поправку определяют, как разность между средним арифметическим значением по показаниям излучателя и средним арифметическим значением температуры по показаниям эталонного СИ.

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

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, ($^{\circ}\text{C}$) 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, $^{\circ}\text{C}$;

\bar{T} - среднее значение результатов измерений температуры, $^{\circ}\text{C}$;

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, $^{\circ}\text{C}$;

θ_3 - составляющая погрешности, обусловленная нестабильностью термометра излучателя, $\theta_3 = 0,01$ $^{\circ}\text{C}$;

θ_4 - составляющая погрешности, обусловленная погрешностью определения эффективной излучательной способности применяемого излучателя и определяется по формуле (6), $^{\circ}\text{C}$:

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

θ_5 - составляющая погрешности, обусловленная неравномерностью температурного поля по излучающей поверхности излучателя. Значение ее, не превосходит 0,005 $^{\circ}\text{C}$;

θ_6 - составляющая погрешности, обусловленная разрешающей способностью дисплея (индикатора) излучателя, и составляет: $\theta_6 = 0,00005$ $^{\circ}\text{C}$;

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

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

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} , ($^{\circ}\text{C}$), определяют по (9):

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

10.4.4 Определить доверительную погрешность воспроизведения температуры Δ , ($^{\circ}\text{C}$), по формуле:

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

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

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

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

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

10.4.5 Доверительные границы погрешности воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95 не должны превышать значений, указанных в таблице В настоящей методики.

10.5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.5.1 Для подтверждения соответствия метрологических характеристик излучателя метрологическим требованиям используют: значения доверительной погрешности воспроизведения температуры излучателем, 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 погрешности воспроизведения температуры излучателем, определенные в соответствии с разделом 10, удовлетворяют требованию пунктов 10.5.1 и 10.5.2, выполнены требования разделов 4, 7 и 8 настоящей методики, то принимают решение о соответствии излучателей ОИ АЧТ Айболит 32-43/20 метрологическим требованиям.

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

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При положительных результатах поверки по заявлению владельца или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

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

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

Дата _____

ПРОТОКОЛ № _____
первичной (периодической) поверки

Наименование _____

Тип _____

Заводской № _____

представленный _____ .

Место проведения поверки _____

Метод поверки: МП 2412-0060-2025 «ГСИ. Излучатели ОИ АЧТ Айболит 32-43/20. Методика поверки».

Значения влияющих факторов:

Температура окружающего воздуха _____ °С

Относительная влажность воздуха _____ %

Атмосферное давление _____ кПа

Поверка проведена с применением эталонных СИ: _____

Результаты внешнего осмотра: _____

Таблица результатов поверки:

Температура t_1 : _____

Время выхода излучателя на стационарный режим _____

Дрейф температуры излучателя _____

Нестабильность поддержания температуры излучателя _____

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

Температура t_2 : _____

Температура t_4 : _____

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

Заключение: Излучатель признан годным/не годным в качестве рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с ГПС для СИ температуры.

Поверитель _____

Дата проведения поверки « ____ » _____ 202_ г.

Метрологические характеристики излучателей приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон воспроизводимой температуры, °С	от +32 до +43
Доверительные границы погрешности воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95, не более:	±0,1
Нестабильность поддержания температуры на заданном стационарном температурном режиме, °С, не более	±0,05
Дрейф температуры излучателя за 15 минут, °С, не более	±0,05