

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



«ГСИ. Тепловизоры инфракрасные IRay. Методика поверки».

МП-450-2024

2024 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на тепловизоры инфракрасные IRay (далее по тексту – тепловизоры), используемые в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

1.2. При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы температуры в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 23.12.2022 № 3253, подтверждающая прослеживаемость к государственным первичным эталонам ГЭТ 34-2020 и ГЭТ 35-2021.

1.3 В настоящей методике поверки используется метод непосредственного сличения.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Обязательное выполнение операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение угла поля зрения по горизонтали и вертикали	Да	Нет	10
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11
Примечание - При получении отрицательных результатов в процессе проведения той или иной операции, поверка прекращается			

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25
- относительная влажность окружающей среды, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

4 Требования к специалистам

4.1 К проведению поверки допускается персонал, изучивший эксплуатационную документацию на поверяемый тепловизор и средства измерений, участвующие при проведении поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8 Контроль условий поверки	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от плюс 15°C до плюс 25°C, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1^{\circ}\text{C}$	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5Д, рег. № 71394-18
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 30 % до 95 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 5\%$	
	Средство измерений атмосферного давления: диапазон измерений от 80 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 5\text{kPa}$	
п.9 Определение угла поля зрения по горизонтали и вертикали	Средство воспроизведения и поддержания температуры в диапазоне значений от плюс 30 °C до плюс 120 °C, нестабильность поддержания температуры не более $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$	Излучатель протяжённое черное тело ОИ ПЧТ «Атлас», рег. № 71363-18
	Средство измерений длины в диапазоне значений от 1 до 3 см с допускаемым отклонением $\pm 0,08 \text{ mm}$	Линейка контрольная с отсчетными лупами КЛ-1000, рег. № 1514-61
п.10 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам 1 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений температуры, утвержденная приказом Росстандарта №3253 от 23.12.22 г. (часть 3) в диапазоне значений от минус 20 до плюс 50 °C	Излучатель АЧТ -50/120, мод. АЧТ 60/-50/50, рег. № 61461-15
	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам 2 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений температуры, утвержденная приказом Росстандарта №3253 от 23.12.22г. (часть 3) в диапазоне значений от $(t_{окр. сп.} + 5)$ до $+450^{\circ}\text{C}$	Источник излучения в виде моделей черного тела М310, рег. № 56559-14
	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам 2 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений температуры, утвержденная приказом Росстандарта №3253 от 23.12.22 г. (часть 3) в диапазоне значений от плюс 450 до плюс 600°C	Источник излучения в виде моделей черного тела М330, рег. № 56559-14

Окончание таблицы 2

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам 2 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений температуры, утвержденная приказом Росстандарта №3253 от 23.12.22 г. (часть 3) в диапазоне значений от плюс 600 до плюс 2000°C	Источник излучения в виде модели черного тела FASTCal 3000
п.9 Определение угла поля зрения по горизонтали и вертикали	Тепловой тест-объект с метками с излучательной способностью не менее 0,96	
п.10 Определение метрологических характеристик	Тепловой тест-объект с переменной щелью с излучательной способностью не менее 0,96	
	Поворотный столик	
<i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемый тепловизор и средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие тепловизора следующим требованиям:

- комплектность тепловизора соответствует комплектности, представленной в описании типа на тепловизоры;
- отсутствуют механические повреждения и дефекты, влияющие на правильность функционирования и метрологические характеристики, а также препятствующие проведению поверки;
- информация на шильдике тепловизора соответствует требованиям эксплуатационной документации;

7.2 Результаты считают положительными, если выполняются все подпункты требования п. 7.1.

8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)

8.1 Тепловизор включить в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2 При помощи органов управления в меню устанавливают значение чувствительности 0,99, и не меняют в период проведения поверки.

8.3 Результаты опробования считают положительными, если тепловизор включается, органы управления откликаются на воздействие на них, а все режимы тепловизора исправны.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверку программного обеспечения (далее – ПО) проводить в следующей последовательности:

1) включить поверяемый тепловизор в соответствии с эксплуатационной документацией;

2) в меню тепловизора согласно эксплуатационной документации подтвердить соответствие номера версии (идентификационного номера ПО), отображаемого тепловизором, с номером, указанным в описании типа.

9.2 Тепловизор допускается к дальнейшей поверке, если программное обеспечение соответствует требованиям, указанным в описании типа.

10 Определение угла поля зрения по горизонтали и по вертикали

10.1 Выбор рабочего расстояния

10.1.1 Температурный режим излучателя протяжённого черного тела ОИ ПЧТ «Атлас» (далее – ПЧТ) устанавливают выше температуры окружающей среды ~ 10 °С. Перед ПЧТ на расстоянии от 1 до 3 см располагают тепловой тест-объект с переменной щелью.

10.1.2 В тепловом тест-объекте устанавливают максимальную ширину щели и измеряют максимальную температуру щели в термограмме тепловизора.

10.1.3 В качестве рабочего расстояния (R) выбирают максимальное расстояние между объективом тепловизора и тепловым тест-объектом с переменной щелью, которое обеспечивает максимальное значение температуры щели в термограмме, при полном раскрытии щели.

10.2 Определение угла поля зрения (вариант 1)

10.2.1 Тепловизор устанавливают на поворотном столике, обеспечивающем возможность поворота и регистрации угла поворота столика относительно неподвижного основания в двух плоскостях так, чтобы ось вращения совпадала с вертикальной плоскостью, проходящей через переднюю поверхность входного объектива тепловизора, проходящей через переднюю поверхность входного объектива тепловизора.

10.2.2 Температурный режим ПЧТ устанавливают выше температуры окружающей среды на ~ 10 °С. Перед ПЧТ на расстоянии от 1 до 3 см располагают тепловой тест-объект с метками.

10.2.3 На видеокамеру (дисплей тепловизора) наблюдают тепловое изображение теплового тест-объекта. Поворачивая тепловизор с помощью поворотного столика в горизонтальной плоскости, совмещают вертикальную ось расположения меток на тепловом тест-объекте с левым и правым краями термограммы и регистрируют соответствующие углы столика (ϑ_{x1} и ϑ_{x2}), град.

10.2.4 Изображение центра теплового тест-объекта возвращают в центральную область термограммы. Поворачивая тепловизор в вертикальной плоскости, совмещают горизонтальную ось расположения меток на тепловом тест-объекте с нижним и верхним краями термограммы и регистрируют соответствующие углы на шкале столика (ϑ_{y1} и ϑ_{y2}).

10.2.5 Углы поля зрения по горизонтали φ_x , и по вертикали φ_y , рассчитывают соответственно по формулам:

$$\varphi_x = |\vartheta_{x1} - \vartheta_{x2}|, \text{ градус} \quad (1)$$

$$\varphi_y = |\vartheta_{y1} - \vartheta_{y2}|, \text{ градус} \quad (2)$$

где ϑ_{y1} и ϑ_{y2} – углы на шкале столика, градус.

10.3 Определение угла поля зрения (вариант 2)

10.3.1 Температурный режим ПЧТ устанавливают выше температуры окружающей среды на ~ 10 °С. Перед ПЧТ на расстоянии от 1 до 3 см располагают тепловой тест-объект с метками.

10.3.2 На полученной термограмме отмечают крайние метки, регистрируемые по вертикали или по горизонтали. Измеряют расстояние между крайними метками теплового тест-объекта

(мм) и расстояние между крайними метками теплового тест-объекта на термограмме в элементах разложения термограммы (эл.).

10.3.3 Рассчитывают мгновенный уровень, по формуле:

$$\gamma = \frac{2}{a} \operatorname{arctg} \frac{A}{2R}, \text{ рад.}, \quad (3)$$

где A – расстояние между крайними метками теплового тест-объекта, мм;

a – расстояние между крайними метками теплового тест-объекта на термограмме, эл.;

R – расстояние, определенное в пункте 9.1.

10.3.4 Углы поля зрения по горизонтали φ_x , и по вертикали φ_y , рассчитывают соответственно по формулам:

$$\varphi_x = \gamma \cdot X \cdot \frac{180}{\pi}, \text{ градус}, \quad (4)$$

$$\varphi_y = \gamma \cdot Y \cdot \frac{180}{\pi}, \text{ градус}, \quad (5)$$

где γ – мгновенный угол поля зрения, рад;

X – количество элементов разложения термограммы по горизонтали;

Y – количество элементов разложения термограммы по вертикали.

11 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

11.1.1 Погрешность измерений температуры определяют при помощи источников излучения в виде модели черного тела АЧТ 60/-50/50, FASTCal 3000, M310-НТ, M330 (далее – излучатель).

11.1.2 Измерения проводят на расстоянии между АЧТ 60/-50/50 и тепловизором, обеспечивающим перекрытие апертуры излучения не менее 20 % угла поля зрения тепловизора. Излучающую поверхность АЧТ АЧТ 60/-50/50 совмещают с центральной областью термограммы.

11.1.3 Определение абсолютной погрешности тепловизора проводят не менее чем в пяти точках диапазона рабочих температур тепловизора (в значениях 0-5 %; 20-30 %; 45-55 %; 70-80; 95-100 %). После установления стационарного режима эталонного излучателя на каждой температуре, тепловизором не менее пяти раз измеряют температуру излучателя. Определяют среднее значение температуры эталонного излучателя по термограмме $t_{ср изм}$ (°С) с учетом его излучательной способности и температуры фона.

11.1.4 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений температуры в диапазоне измерений от минус 20 до плюс 100 °С по формуле:

$$\Delta t = t_{ср изм} - t_{эт}, \quad (6)$$

где: $t_{ср изм}$ – среднее значение температуры, измеренное поверяемым излучателем, °С;

$t_{эт}$ – значение температуры эталонного излучателя, °С.

Примечание:

За начало стабилизации принимают момент появления колебаний температуры вместо непрерывного нарастания или снижения температуры.

11.1.5 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанная по формуле (6) абсолютная погрешность измерений температуры не превышает значений, представленных в Приложении А.

11.1.6 Рассчитывают относительную погрешность измерений температуры в диапазоне измерений выше плюс 100 °C по формуле:

$$\delta = \frac{t_{\text{ср из}} - t_{\text{эт}}}{t_{\text{эт}}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где $t_{\text{ср из}}$ – среднее значение температуры, измеренное поверяемым излучателем, °C;
 $t_{\text{эт}}$ – значение температуры эталонного излучателя, °C.

11.1.7 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанная по формуле (7) относительная погрешность измерений температуры не превышает значений, определенные при утверждении типа средства измерений.

11.2 Определение порога температурной чувствительности (разность температур, эквивалентная шуму)

11.2.1 Устанавливают температуру излучателя 30 или иную, соответствующую технической документации для данной характеристики. Измерения проводят на расстоянии, обеспечивающем полное перекрытие апертурной излучателя угла поворота зеркала тепловизора.

11.2.2 Наводят тепловизор на центральную область апертуры излучателя и фиксируют тепловизор в выбранном положении. Записывают в запоминающее устройство тепловизора две термограммы через короткий промежуток времени.

11.2.3 Определяют разность температур Δt_{ij} для каждого элемента разложения зарегистрированных термограмм с помощью программного обеспечения, прилагаемому к тепловизору, или рассчитывают по формуле:

$$\Delta t_{ij} = t_{ij}^{(1)} - t_{ij}^{(2)}, \quad (8)$$

где: $t_{ij}^{(1)}$ – температура элемента разложения первой термограммы с координатами (i; j), °C;
 $t_{ij}^{(2)}$ – температура элемента разложения второй термограммы с координатами (i; j), °C

11.2.4 Матрицу разностей температур Δt_{ij} представляем в виде числового ряда Δt_i . Порог температурной чувствительности $\Delta t_{\text{пор}}$, °C, в этом случае рассчитывают по формуле

$$\Delta t_{\text{пор}} = 0,707 \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\Delta t_i - \bar{t})^2}{n}}, \quad (9)$$

где: Δt_i – разность температур i-го элемента разложения термограмм, °C;
 \bar{t} – средняя разность температур, °C;
 n – количество элементов разложения в термограмме.

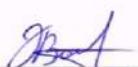
12 Оформление результатов поверки

12.1 Сведения о результатах поверки тепловизоров в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.2 Тепловизоры, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке.

12.3 При отрицательных результатах поверки на средство измерений по заявлению владельца или лица, представившего его на поверку, оформляется извещение о непригодности к применению.

Ведущий инженер по метрологии
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



Г.С. Володарская

Инженер по метрологии
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



А.Е. Нестер

Приложение А

Таблица А.1 – Метрологические характеристики тепловизоров инфракрасных IRay: T300, T400, T600, T630, RT300, RT400, RT600, RT630

Наименование характеристики	Значение			
	T300, RT300	T400, RT400	T600, RT600	T630, RT630
Диапазон измерений температуры, °C	от -20 до +150 от 0 до +410 от +300 до +650 от +300 до +2000 (опция)	от -20 до +150 от +100 до +650 от +100 до +1500 (опция)	от -20 до +150 от 0 до +410 от +300 до +650 от +300 до +2000 (опция)	от -20 до +150 от +100 до +650 от +100 до +1500 (опция)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в диапазоне до 100 °C включ., °C			±2	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений температуры в диапазоне выше 100, %			±2	
Порог температурной чувствительности, °C			0,05	

Таблица А.2 - Метрологические характеристики тепловизоров инфракрасных IRay: C200, C200Pro, C200+, C200Pro+, C200SE+, CX200, CX200Pro, CX200+, CX200Pro+, CX200SE+

Наименование характеристики	Значение				
	C200, CX200	C200+, CX200+	C200Pro, CX200Pro	C200Pro+, CX200Pro+	C200SE+, CX200SE+
Диапазон измерений температуры, °C	от -20 до +150 от +100 до +550			от -20 до +150 от +100 до +400	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в диапазоне до 100 °C включ., °C				±2	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений температуры в диапазоне выше 100 °C, %				± 2	
Порог температурной чувствительности, °C	0,04				