

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



А.Е. Коломин

«26» 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Камеры тепловизионные FLIR A

МП 207-051-2021

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Общие положения

Настоящая методика распространяется на камеры тепловизионные FLIR A (далее – тепловизоры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Метрологические характеристики тепловизоров в зависимости от модели приведены в Приложении 1.

Поверка приборов проводится методом непосредственного сличения с излучателями в виде модели абсолютно черного тела.

Прослеживаемость поверяемых тепловизоров к государственным первичным эталонам (ГЭТ 34-2020, ГЭТ 35-2021) обеспечена применением эталонов, соответствующих требованиям ГОСТ 8.558-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.

1 Перечень операций поверки

При проведении первичной и периодической поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр средства измерений	6	Да	Да
2. Опробование средства измерений	7.2	Да	Да
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	8	Да	Да
4. Определение метрологических характеристик средства измерений	9	Да	Да
4.1 Определение угла поля зрения по горизонтали и по вертикали	9.1	Да	Нет
4.2 Определение погрешности измерения радиационной температуры	9.2	Да	Да
4.3 Определение порога температурной чувствительности	9.3	Да	Нет
Примечания: 1) при получении отрицательных результатов в процессе проведения той или иной операции, поверка прекращается; 2) при проведении периодической поверки по согласованию с заказчиком допускается возможность проведения поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений температуры, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений; 3) в случае комплектации тепловизора дополнительными объективами, операции поверки выполняются для каждого объектива.			

2 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
------------------	------------------	--	------------------------------------

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 2-го разряда по ГОСТ 8.558-2009	Диапазон воспроизводимых температур от минус 20 до плюс 2000 °С, доверительные границы абсолютной погрешности при доверительной вероятности 0,95 не более: $\delta = 1,0 \text{ } ^\circ\text{C} \dots 10,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ (в диапазоне температуры от минус 20 до плюс 2000 °С)	Излучатели в виде модели абсолютно черного тела АЧТ 70/-40/80 (Регистрационный № 69533-17), Излучатели в виде модели абсолютно черного тела АЧТ-30/900/2500 (Регистрационный № 38818-08), Излучатели в виде модели абсолютно черного тела М300 (Регистрационный № 56559-14), Излучатели в виде модели абсолютно черного тела АЧТ-30/900/2500 (Регистрационный № 38818-08), Излучатель – протяжённое чёрное тело ПЧТ 540/40/100 (Регистрационный № 26476-10) и др.
	Тепловой тест-объект с переменной щелью	Излучательная способность не менее 0,96	-
	Тепловой тест-объект с метками	Излучательная способность не менее 0,96	-
	Измерительная линейка	Длина 500 мм, ц.д. 1 мм	-
	Поворотный столик	Точность задания угла 1°	-
Контроль условий проведения поверки		Измерение температуры окружающего воздуха в диапазоне от плюс 15 до плюс 25 °С ($\Delta = \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ (не более)), относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % ($\Delta = \pm 3 \text{ } \%$ (не более))	Приборы комбинированные Testo 608-H1, Testo 608-H2, Testo 610, Testo 622, Testo 623 (Регистрационный № 53505-13) и др. Измерители

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
		Измерение атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа ($\Delta = \pm 5$ гПа (не более))	давления Testo 510, Testo 511 (Регистрационный № 53431-13) и др.
<p>Примечания:</p> <p>1. Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке; применяемые средства измерений должны быть поверены; испытательное оборудование - аттестовано.</p> <p>2. Допускается применение аналогичных средств поверки, разрешенных к применению в Российской Федерации, и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.</p> <p>3. Для проведения поверки необходимо установить на компьютер управляющее ПО FLIR Thermal Studio или FLIR Tools</p>			

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

3.1 Поверка тепловизоров должна выполняться специалистами организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющими необходимую квалификацию, ознакомленными с руководством по эксплуатации и освоившими работу с тепловизорами.

4 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования безопасности, которые предусматривают «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)» (Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н);
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства испытаний;
- указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации тепловизоров.

5 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от + 15 до + 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106,7;

6 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре проверяется:

- соответствие маркировки тепловизора эксплуатационной документации на него;
- отсутствие посторонних шумов при встряхивании;
- отсутствие внешних повреждений поверяемого тепловизора, которые могут повлиять на его метрологические характеристики.

Тепловизор, не отвечающий перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовка тепловизора к поверке

7.1.1 Тепловизор перед проведением поверки должен предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха от 15 до 25 °C не менее 30 минут.

7.1.2 Подключить питание тепловизора либо через PoE-инжектор, подсоединенный к Ethernet-кабелю, либо через разъем подачи питания.

7.1.3 Подключить тепловизор к персональному компьютеру (далее по тексту – ПК) с помощью разъема Ethernet.

7.1.4 Затем с помощью программного обеспечения FLIR Thermal Studio или FLIR Tools необходимо установить соединение с камерой в соответствии с Руководством по эксплуатации (далее по тексту – РЭ).

7.2 Опробование средства измерений и проверка работы тепловизора в различных режимах

Тепловизор и эталонный излучатель – протяженное черное тело (далее – ПЧТ) подготавливают к работе согласно РЭ на них. Тепловизор наводят на излучающую поверхность излучателя. Температурный режим ПЧТ устанавливают выше температуры окружающей среды на 10 °С.

Проверяют работу тепловизора во всех режимах, предусмотренных РЭ.

Если хотя бы на одном из режимов работы тепловизора не выполняются функции, указанные в РЭ, поверку не проводят.

8 Проверка программного обеспечения средств измерений

При выполнении п. 7.1.3 при загрузке управляющего ПО отобразится информация об идентификационном номере программного обеспечения. Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать, указанным в таблицах 3-5.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО камер тепловизионных FLIR A модели Aх8

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	1.1.8
Цифровой идентификатор программного обеспечения	не доступен

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО камер тепловизионных FLIR A моделей A50, A70

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	2.23.28
Цифровой идентификатор программного обеспечения	не доступен

Таблица 5 - Идентификационные данные ПО камер тепловизионных FLIR A моделей A400, A500, A700

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	2.0.22
Цифровой идентификатор программного обеспечения	не доступен

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 *Определение угла поля зрения по горизонтали и по вертикали*

9.1.1 *Выбор рабочего расстояния*

Температурный режим ПЧТ устанавливают выше температуры окружающей среды на 10 °С. Перед протяженным излучателем, на расстоянии от 1 до 3 см, располагают тепловой тест-объект с переменной щелью.

Режим работы тепловизора должен обеспечивать максимальную его чувствительность. Изображение центра теплового тест-объекта совмещают с центральной областью термограммы на дисплее ПК.

В тепловом тест-объекте устанавливают максимальную ширину щели и измеряют

максимальную температуру щели в термограмме.

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.

9.1.2 *Определение угла поля зрения (вариант 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.

Температурный режим протяженного излучателя устанавливают выше температуры окружающей среды на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перед протяженным излучателем, на расстоянии от 1 до 3 см, располагают тепловой тест-объект с метками.

Режим работы тепловизора должен обеспечивать максимальную чувствительность. Изображение центра теплового тест-объекта совмещают с центральной областью термограммы на дисплее ПК. Измерения проводятся на рабочем расстоянии, определенном в 9.1.1.

На мониторе ПК 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 на шкале столика ϑ_{x1} и ϑ_{x2} , град.

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} , град.

9.1.3 *Определение угла поля зрения (вариант 2)*

Температурный режим протяженного излучателя устанавливают выше температуры окружающей среды на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перед протяженным излучателем, на расстоянии от 1 до 3 см, располагают тепловой тест-объект с метками.

Режим работы тепловизора должен обеспечивать максимальную чувствительность. Изображение центра теплового тест-объекта совмещают с центральной областью термограммы. Измерения проводятся на рабочем расстоянии, определенном в 9.1.1.

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.).

9.2 *Проверка диапазона и определение погрешности измерения радиационной температуры*

Измерения проводятся на расстоянии между источником излучения в виде модели черного тела (далее – АЧТ) и тепловизором, обеспечивающем перекрытие апертурой излучателя не менее 20 % угла поля зрения тепловизора. Излучающую поверхность эталонного излучателя совмещают с центральной областью термограммы на дисплее ПК.

Определение погрешности тепловизора проводят не менее чем в пяти точках диапазона рабочих температур тепловизора (нижняя, верхняя и три точки внутри диапазона). После установления стационарного режима эталонного излучателя на каждой температуре, тепловизором не менее пяти раз измеряют радиационную температуру излучателя. Определяют среднее значение радиационной температуры эталонного излучателя по термограмме $t_{\text{ср}}^t$ ($^{\circ}\text{C}$) с учетом его излучательной способности и температуры радиационного фона.

9.3 *Определение порога температурной чувствительности (разность температур, эквивалентная шуму)*

ПЧТ и тепловизор подготавливают к работе согласно РЭ. Устанавливают температуру ПЧТ равной 30 °С. Измерения проводятся на максимальном расстоянии, обеспечивающем полное перекрытие апертурой излучателя угла поля зрения тепловизора.

Наводят тепловизор на центральную область апертуры излучателя и фиксируют тепловизор в выбранном положении. Записывают с помощью ПО в память компьютера две термограммы через короткий промежуток времени.

10 **Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

10.1 *Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении угла поля зрения по горизонтали и по вертикали*

10.1.1 *Вариант 1*

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

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

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

Значения углов поля зрения φ_x и φ_y должны соответствовать указанным в Приложении 1.

10.1.2 *Вариант 2*

Мгновенный угол поля зрения γ рассчитывают по формуле:

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

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 6.3.1, мм.

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.

Значения углов поля зрения φ_x и φ_y должны соответствовать указанным в Приложении 1.

10.2 *Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при проверке диапазона и определении погрешности измерения радиационной температуры*

10.2.1 Допускаемую абсолютную погрешность измерений температуры Δt в диапазоне измерений температуры от минус 20 до плюс 100 °С включительно рассчитывают по формуле:

$$\Delta t = t_{cp}^t - t_{cp}, \text{ °С} \quad (6)$$

где t_{cp}^t – среднее значение температуры по области, ограничивающей изображение апертуры излучателя на термограмме, °С;

t_{cp} – среднее значение температуры эталонного (образцового) излучателя, °С.

Допускаемую относительную погрешность измерений температуры δ в диапазоне измерений температуры свыше плюс 100 °С рассчитывают по формуле:

$$\delta = \frac{t'_{cp} - t_{cp}}{t_{cp}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где t'_{cp} – среднее значение температуры по области, ограничивающей изображение апертуры излучателя на термограмме, °С;

t_{cp} – среднее значение температуры эталонного (образцового) излучателя, °С

Результаты поверки считаются положительными, если погрешность в каждой точке, рассчитанная по формуле (6) или (7), не превышает значений, приведенных в Приложении 1 (в зависимости от диапазона).

По согласованию с заказчиком допускается возможность проведения периодической поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений температуры, лежащем внутри диапазона измерений, приведенного в Приложении 1, при этом делается соответствующая запись в свидетельстве о поверке.

В случае поверки тепловизоров на меньшем числе поддиапазонов измерений температуры погрешность измерений определяется не менее, чем в трех контрольных точках этого поддиапазона измерений, соответствующих нижнему и верхнему пределам поддиапазона измерений, а также одной промежуточной точке, лежащим внутри этого поддиапазона.

10.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям при определении порога температурной чувствительности (разность температур, эквивалентная шуму)

10.3.1 Определяют разность температур Δt_{ij} для каждого элемента разложения зарегистрированных термограмм с помощью управляющего ПО, прилагаемого к тепловизору, или рассчитывают по формуле:

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

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

Матрицу разностей температур Δt_{ij} представляют в виде числового ряда Δt_i . Порог температурной чувствительности $\Delta t_{пор}$ рассчитывают по формуле:

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

где Δt_i – разность температур i -го элемента разложения термограмм, °С;

$\bar{\Delta t}$ – средняя разность температур, °С;

n – количество элементов разложения в термограмме.

Значение $\Delta t_{пор}$ не должно превышать указанного в Приложении 1.

11 Оформление результатов поверки

11.1 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.

11.2 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.

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

Начальник отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГУП «ВНИИМС»


А.А. Игнатов

Ведущий инженер отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГУП «ВНИИМС»


М.В. Константинов

Приложение 1

Метрологические характеристики камер тепловизионных FLIR A модели Ax8

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений температуры, °C	от -10 до +150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в диапазоне от -10 до +100 °C включ., °C	±2,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений температуры в диапазоне св. +100 °C, %	±2,0
Порог температурной чувствительности (при температуре объекта +30 °C), °C	≤0,1
Спектральный диапазон, мкм	от 7,5 до 13
Углы поля зрения, градус по горизонтали × градус по вертикали	48,0°×37,0°
Фокусное расстояние, мм	1,54
Пространственное разрешение, мрад	11,1
Коэффициент излучательной способности (изменяемый)	от 0,01 до 1,00

Метрологические характеристики камер тепловизионных FLIR A моделей A50, A70

Наименование характеристики	Значение характеристики (в зависимости от модели)	
	A50	A70
Диапазон измерений температуры ^(*) , °C	от -20 до +175 от +175 до +1000	от -20 до +175 от -20 до +250 от +175 до +1000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в диапазоне от -20 до +100 °C включ., °C	±2,0	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений температуры в диапазоне св. +100 °C, %	±2,0	
Порог температурной чувствительности (при температуре объекта +30 °C), °C (в зависимости от используемого объектива): - объектив 29° - объектив 51° - объектив 95°	≤0,035 ≤0,035 ≤0,045	≤0,045 ≤0,045 ≤0,06
Спектральный диапазон, мкм	от 7,5 до 14	
Углы поля зрения, градус по горизонтали × градус по вертикали (в зависимости от используемого объектива): - объектив 29° - объектив 51° - объектив 95°	29,0°×22,0° 51,0°×39,0° 95,0°×74,0°	
Фокусное расстояние, мм (в зависимости от используемого объектива): - объектив 29° - объектив 51°	14,3 8,2	

Наименование характеристики	Значение характеристики (в зависимости от модели)	
	A50	A70
- объектив 95°	4,1	
Пространственное разрешение, мрад (в зависимости от используемого объектива):		
- объектив 29°	1,2	0,84
- объектив 51°	2,1	1,5
- объектив 95°	4,0	2,9
Коэффициент излучательной способности (изменяемый)	от 0,01 до 1,00	
Примечание: (*) - переключается вручную или автоматически		

Метрологические характеристики камер тепловизионных FLIR A моделей A400, A500, A700

Наименование характеристики	Значение характеристики (в зависимости от модели)		
	A400	A500	A700
Диапазон измерений температуры ^(*) , °C	от -20 до +120 от 0 до +650 от +300 до +1500		от -20 до +120 от 0 до +650 от +300 до +2000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в диапазоне от -20 до +100 °C включ., °C	±2,0		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений температуры в диапазоне св. +100 °C, %	±2,0		
Порог температурной чувствительности (при температуре объекта +30 °C), °C (в зависимости от используемого объектива):			
- объектив 14°	≤0,05		
- объектив 24°	≤0,04		
- объектив 42°	≤0,03		
Спектральный диапазон, мкм	от 7,5 до 14		
Углы поля зрения, градус по горизонтали × градус по вертикали (в зависимости от используемого объектива):			
- объектив 14°	14,0°×10,0°		
- объектив 24°	24,0°×18,0°		
- объектив 42°	42,0°×32,0°		
Фокусное расстояние, мм (в зависимости от используемого объектива):			
- объектив 14°	29		
- объектив 24°	17		
- объектив 42°	10		
Пространственное разрешение, мрад (в зависимости от используемого объектива):			
- объектив 14°	0,75	0,52	0,38
- объектив 24°	1,31	0,9	0,66

Наименование характеристики	Значение характеристики (в зависимости от модели)		
	A400	A500	A700
- объектив 42°	2,41	1,66	1,20
Коэффициент излучательной способности (изменяемый)	от 0,01 до 1,00		
Примечание: (*) - переключается вручную или автоматически			