УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»

Н.В. Иванникова
03 2017 г.

Тепловизоры инфракрасные Fluke модели Ti450, Ti480

МП 207.1-012-2017

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

г.Москва
2017 г.

1 Введение

Настоящая методика распространяется на тепловизоры инфракрасные Fluke моделей Ti450, Ti480 (далее – тепловизоры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

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

2 Операции поверки

При проведении первичной и периодической поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1. В случае комплектации тепловизора дополнительными объективами, операции, указанные в таблице 1, должны быть выполнены для каждого объектива.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.1	Да	Да
2 Опробование, проверка версии встроенного программного обеспечения (ПО)	6.2	Да	Да
3 Определение угла поля зрения по горизонтали и по вертикали	6.3	Да	Нет
4 Проверка диапазона и определение погрешности измерения радиационной температуры.	6.4	Да	Да
5 Определение порога температурной чувствительности	6.5	Да	Нет

3 Средства поверки

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

Таблица 2

Наименование и тип средств измерений и оборудования	**Основные технические характеристики**
Источники излучения в виде моделей черного тела	1, 2-ой разряд, диапазон воспроизводимых температур от минус 20 до плюс 1200 °С
Излучатель – протяжённое чёрное тело ПЧТ 540/40/100	2 разряд, диапазон воспроизводимых температур от плюс 30 до плюс 95 °С
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°

Примечания:

1 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2 Допускается применение других средств измерений с метрологическими характеристиками, не хуже указанных, и разрешенных к применению в Российской Федерации.

4 Требования безопасности

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 испытаний;

– указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации тепловизоров.

К проведению поверки допускаются лица, аттестованные на право проведения поверки данного вида средств измерений, ознакомленные с руководством по эксплуатации тепловизоров и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5 Условия поверки и подготовка к ней

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

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

6 Проведение поверки

6.1 ***Внешний осмотр***

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.

6.2 ***Опробование***

6.2.1 Проверка версии программного обеспечения

Включить тепловизор. В разделе подменю «Информация о камере» в строчке «Версия ПО» должна быть информация об идентификационном номере встроенного программного обеспечения.

Идентификационные данные (признаки)	Значение			
Идентификационное наименование ПО	CINB FPGA	CINB NIOS	CMB FPGA	SOC
Номер версии (идентификационный номер) ПО (*), не ниже	4.1.12	7.1.22	1.7.7	4.0.4
Цифровой идентификатор программного обеспечения	по номеру версии			

Примечание: (*) – и более поздние версии.

Значащей частью в идентификационном номере являются все цифры. Если значащая часть идентификационного номера не совпадает, дальнейшую поверку не проводят.

6.2.2 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.

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.

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

6.3.1 *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.

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.

6.3.2 *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 °С. 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 6.3.1.

На видоискателе (экране дисплея) 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 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.

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

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

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

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

6.3.3 *Определение угла поля зрения (вариант 2)*

Температурный режим протяженного излучателя устанавливают выше температуры окружающей среды на 10 °С. 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 6.3.1.

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.).

Мгновенный угол поля зрения γ рассчитывают по формуле:

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

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:

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

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

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 таблице 1.

6.4 ***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.

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 $t^{l}_{ср}$ (°С) с учетом его излучательной способности и температуры радиационного фона.

Основную погрешность Δt для каждой температуры тепловизора, рассчитывают по формуле:

$$\Delta t = t^{l}_{ср} - t_{ср}, \text{ °С} \qquad (6)$$

где $t^{l}_{ср}$ – среднее значение температуры по области, ограничивающей изображение апертуры излучателя на термограмме, °С;

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

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

По согласованию с заказчиком допускается исключать часть диапазона измерений, в котором в процессе поверки установлено несоответствие нормируемым значениям метрологических характеристик, приведенных в Приложении 1.

По требованию заказчика допускается сокращать часть нормируемого диапазона измерений исходя из конкретных условий применения тепловизоров инфракрасных Fluke моделей Ti450, Ti480.

6.5 ***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 в запоминающее устройство тепловизора две термограммы через короткий промежуток времени.

Определяют разность температур Δtij для каждого элемента разложения зарегистрированных термограмм с помощью программного обеспечения, прилагаемого к тепловизору, или рассчитывают по формуле:

$$\Delta t_{ij} = t_{ij}^{(1)} - t_{ij}^{(2)}, \quad °C \qquad (7)$$

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:

$$\Delta t_{пор} = 0{,}707\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{\left(\Delta t_i - \overline{\Delta t}\right)^2}{n}}, \quad °C \qquad (6)$$

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

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

n – количество элементов разложения в термограмме.

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

7 Оформление результатов поверки

Приборы, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них оформляется свидетельство о поверке в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г.

При отрицательных результатах поверки, в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г., оформляется извещение о непригодности.

Начальник НИО МО термометрии и давления
ФГУП «ВНИИМС» А.А. Игнатов

Инженер НИО МО термометрии и давления
ФГУП «ВНИИМС» М.В. Константинов

Приложение 1

Метрологические и технические характеристики тепловизоров в зависимости от модели приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение характеристики (в зависимости от модели тепловизора)	
	Ti450	Ti480
Диапазон измерений температуры, °С	от -20 до +1200	от -20 до +800
Пределы допускаемой относительной (или абсолютной) погрешности измерений температуры (при температуре окружающей среды от +15 до +25 °С)	±2,0 % или ±2,0 °С, принимается большее значение	
Порог температурной чувствительности (при температуре объекта +30 °С), °С	≤0,03	≤0,05
Спектральный диапазон, мкм	от 7,5 до 14	
Углы поля зрения, градус по горизонтали × градус по вертикали:		
- стандартный ИК-объектив	24°×17°	34°×24°
- телескопический интеллектуальный объектив 2-кратного увеличения(*)	12°×9°	12°×8,5°
- телескопический интеллектуальный объектив 4-кратного увеличения (только для модели Ti450)(*)	6,0°×4,5°	-
- широкоугольный интеллектуальный объектив(*)	46°×34°	48°×34°
- интеллектуальный объектив для макросъемки (только для модели Ti450)(*)	36,1°×27,1°	-
Минимальное фокусное расстояние (в зависимости от объектива), м:		
- стандартный ИК-объектив	0,15	0,15
- телескопический интеллектуальный объектив 2-кратного увеличения(*)	0,45	0,45
- телескопический интеллектуальный объектив 4-кратного увеличения (только для модели Ti450)(*)	1,5	-
- широкоугольный интеллектуальный объектив(*)	0,15	0,15
- интеллектуальный объектив для макросъемки (только для модели Ti450)(*)	0,01	-
Пространственное разрешение, мрад:		
- стандартный ИК-объектив	1,31	0,93
- телескопический интеллектуальный объектив 2-кратного увеличения(*)	0,65	0,33
- телескопический интеллектуальный объектив 4-кратного увеличения (только для модели Ti450)(*)	0,33	-
- широкоугольный интеллектуальный объектив(*)	2,62	1,31
- интеллектуальный объектив для макросъемки (только для модели Ti450)(*)	1,97	-

Продолжение таблицы 1

Количество пикселей матрицы детектора, пиксели×пиксели	320×240 (640×480 в режиме «сверхразрешения»)	640×480 (1280×960 в режиме «сверхразрешения»)
Масса (с аккумулятором и со стандартным ИК-объективом), кг, не более	1,04	
Запись изображений или частота обновлений, Гц	9 или 60	
Габаритные размеры, мм (высота × ширина × длина)	277×122×167	
Напряжение питания, В	7,2 (литий-ионная аккумуляторная батарея) от 12 до 24 (внешний адаптер постоянного тока)	
Срок службы батареи при непрерывном использовании, ч	от 3 до 4 непрерывной работы	от 2 до 3 непрерывной работы
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - относительная влажность, %	от -10 до +50 от 10 до 95 (без конденсации)	
Примечание: (*) – по дополнительному заказу		