

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор ООО «ФЛИР»



Д.В.Ильинский
“ЛК” 04

2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ
Зам. Генерального директора
ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»



А.С. Евдокимов
“ЛК” 04

2014 г.

Камеры тепловизионные FLIR модели
E4, E5, E6, E8

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП РТ 2082-2014

г.Москва
2014 г.

1 Введение

Настоящая методика распространяется на камеры тепловизионные FLIR модели E4, E5, E6, E8 и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок. Данная методика поверки разработана на основе ГОСТ Р 8.619-2006 «Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки».

Интервал между поверками – 1 год.

Метрологические характеристики камер тепловизионных FLIR модели E4, E5, E6, E8 (далее - камеры) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика	Камеры тепловизионные FLIR модель			
	E4	E5	E6	E8
Диапазон измеряемой температуры, °C	от – 20 до + 250			
Пределы допускаемой погрешности при температуре окружающей среды от 10 до 35 °C	± 4 °C (в диапазоне измерений от – 20 до +10 °C) ± 2 °C (в диапазоне измерений свыше 10 до 100 °C) ± 2 % (относительная, в диапазоне свыше 100 °C)			
Пределы допускаемой погрешности при температуре окружающей среды от – 15 до + 10 °C и от 35 до 45 °C	± 4 °C (в диапазоне измерений от – 20 до +100 °C) ± 4 % (относительная, в диапазоне свыше 100 °C)			
Пределы допускаемой погрешности при температуре окружающей среды от 45 до 50 °C	± 6 °C (в диапазоне измерений от – 20 до +10 °C) ± 4 °C (в диапазоне измерений свыше 10 до 100 °C) ± 5 % (относительная, в диапазоне свыше 100 °C)			
Требования, при котором нормируется погрешность: - размер изображения объекта, пикселей; - расстояние до объекта, м	9 × 9, не менее $16 \cdot h$ (h – линейный размер объекта, м)			
Минимальное фокусное расстояние, м	0,5			
Спектральный диапазон, мкм	7,5 - 13			
Угол поля зрения	45° × 34°			
Температурная чувствительность при 30 °C	0,15 °C, не более	0,1 °C, не более	0,06 °C, не более	0,06 °C, не более
Частота смены кадров, Гц	9	9	9	9
Размер матрицы, пикселей	80 × 60	120 × 90	160 × 120	320 × 240

2 Операции поверки

При проведении первичной и периодической поверки камер тепловизионных FLIR модели E4, E5, E6, E8 (далее – камер) должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции	
		при первичной поверке	при 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 измерений температуры.	6.4	Да	Да
5 Определение порога температурной чувствительности	6.5	Да	Да

3 Средства поверки

При проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 3.

Наименование и тип средств измерений и оборудования	Основные технические характеристики
Излучатель – протяжённое чёрное тело ПЧТ 540/40/100	2 разряд, диапазон от 30 до 95 °C
Источник излучения в виде модели черного тела М340	2 разряд, диапазон от – 20 до + 150 °C
Источник излучения в виде модели черного тела М315Х	2 разряд, диапазон от 30 до 600 °C
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 1000 мм, ц.д. 1 мм
Поворотный столик	Точность задания угла 1°

Примечание – 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;
 - указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации камер.

К проведению поверки допускаются лица, ознакомленные с руководством по эксплуатации камер 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 20 до 80;
 - атмосферное давление, кПа от 86 до 106,7;

6 Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяется:

- соответствие маркировки камеры эксплуатационной документации на неё;
 - отсутствие посторонних шумов при наклонах корпуса;
 - отсутствие внешних повреждений поверяемой камеры, которые могут повлиять на её метрологические характеристики.

Камера, не отвечающая перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежит.

6.2 Опробование

6.2.1 Проверка версии программного обеспечения (ПО)

Включить камеру, зайти в основное меню, далее – настройки, далее – информация.

Считать номер версии ПО (таблица 5).

Номер версии ПО должен быть не ниже V1.1.

Если номер версии ПО не совпадает, либо ниже указанного, дальнейшую поверку не проводят.

6.2.2 Опробование

Камеру и эталонный излучатель – протяженное черное тело (далее – ПЧТ) подготавливают к работе согласно РЭ на них. Камеру наводят на излучающую поверхность излучателя.

Проверяют работу камеры во всех режимах, предусмотренных РЭ.

Если хотя бы на одном из режимов работы камеры 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 °C. Перед протяженным излучателем, на расстоянии от 1 до 3 см, располагают тепловой тест-объект с переменной щелью.

Режим работы камеры 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 камеры 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)

Камеру 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 камеры.

Температурный режим протяженного излучателя устанавливают выше температуры окружающей среды на 10 °C. Перед протяженным излучателем, на расстоянии от 1 до 3 см, располагают тепловой тест-объект с метками.

Режим работы камеры 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 экране дисплея камеры (мониторе компьютера) наблюдают тепловое изображение теплового тест-объекта. Поворачивая камеру 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 камеру 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:

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

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

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 °C. Перед протяженным излучателем, на расстоянии от 1 до 3 см, располагают тепловой тест-объект с метками.

Режим работы камеры 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:

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

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 6.3.1, мм.

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

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

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

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 таблице 1.

6.4 Проверка диапазона и определение погрешности измерения радиационной температуры

Измерения проводятся на расстоянии (L) между источником излучения в виде модели черного тела (далее – АЧТ) и камерой, обеспечивающим перекрытие апертурой излучателя не менее 20 % угла поля зрения камеры.

Кроме того это расстояние (L) должно удовлетворять условиям:

$$L = 16 \cdot h, \text{ м} \quad (6)$$

где h – линейный размер излучающей поверхности АЧТ (высота, диаметр), м.

Излучающую поверхность АЧТ совмещают с центральной областью термограммы.

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

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

$$\Delta t = t_{cp}^t - t_{cp}, \text{ °C} \quad (7)$$

где t_{cp}^1 – среднее значение температуры по области, ограничивающей изображение апертуры излучателя на термограмме, °C;
 t_{cp} – среднее значение температуры эталонного (образцового) излучателя, °C.

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

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

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

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

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

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

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.

Матрицу разностей температур Δt_{ij} представляют в виде числового ряда Δt_i . Порог температурной чувствительности Δt_{nop} рассчитывают по формуле:

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

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

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

n – количество элементов разложения в термограмме.

Значение Δt_{nop} не должно превышать указанного в таблице 1.

7 Оформление результатов поверки

Камеры, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них оформляется свидетельство о поверке в соответствии с ПР 50.2.006.

При отрицательных результатах поверки, в соответствии с ПР 50.2.006, оформляется извещение о непригодности.

Начальник лаборатории 442

С.Н.Ненашев

Гл. спец. по метрологии лаб. 442

Д.А.Подобрянский