ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.619—2006

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРИБОРЫ ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Методика поверки

Издание официальное

Б3 8—2005/156

Москва
Стандартинформ
2006

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 Разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева) Ростехрегулирования, Государственным унитарным предприятием Всероссийский научный центр «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова» (ГУП ГОИ им. С.И. Вавилова), 32-м Государственным научно-исследовательским испытательным институтом МО РФ (32 ГНИИИ МО РФ), Петербургским энергетическим институтом повышения квалификации (ПЭИпк)

2 ВНЕСЕН Управлением метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 июля 2006 г. № 142-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2006

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 1
4 Операции и средства поверки . . . 2
5 Требования безопасности . . . 3
6 Условия поверки и подготовка к ней . . . 3
7 Требования к квалификации поверителей . . . 4
8 Проведение поверки . . . 4
8.1 Внешний осмотр . . . 4
8.2 Проверка электрической прочности изоляции . . . 4
8.3 Проверка сопротивления изоляции . . . 4
8.4 Опробование. Проверка работы тепловизора в различных режимах . . . 4
8.5 Определение угла поля зрения . . . 4
8.6 Определение пространственного (углового) разрешения . . . 5
8.7 Проверка диапазона и определение основной погрешности измерения радиационной температуры . . . 6
8.8 Определение порога температурной чувствительности . . . 7
8.9 Определение неравномерности чувствительности тепловизора по полю . . . 7
8.10 Определение сходимости показаний тепловизора . . . 8
9 Оформление результатов поверки . . . 8
Приложение А (рекомендуемое) Тепловой тест-объект с переменной щелью . . . 9
Приложение Б (рекомендуемое) Тепловой тест-объект с метками . . . 10
Приложение В (рекомендуемое) Расчет пространственного разрешения по горизонтали . . . 11
Приложение Г (рекомендуемое) Протокол поверки тепловизора . . . 12
Библиография . . . 14

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРИБОРЫ ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Thermographic instruments. Verification procedure

Дата введения — 2007—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на тепловизионные измерительные приборы (далее — тепловизоры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Межповерочный интервал: не более одного года.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.566—96 Государственная система обеспечения единства измерений. Излучатели эталонные (образцовые) в виде моделей абсолютно черного тела для диапазона температур от минус 50 °С до плюс 2500 °С. Методика аттестации и поверки

ГОСТ 8.395—80 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования

ГОСТ 8.558—93 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

ГОСТ 12.2.007.9—93 (МЭК 519-1—84) Безопасность электротермического оборудования. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 12997—84 Изделия ГСП. Общие технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **тепловизионный измерительный прибор (тепловизор):** Оптико-электронный прибор, предназначенный для бесконтактного (дистанционного) наблюдения, измерения и регистрации пространственного/пространственно-временного распределения радиационной температуры объектов, находящихся в поле зрения прибора, путем формирования временной последовательности термограмм и определения температуры [1] поверхности объекта по известным коэффициентам излучения и

Издание официальное

параметрам съемки (температура окружающей среды, пропускание атмосферы, дистанция наблюдения и т.п.).

3.2 **эталонный (образцовый) излучатель**: Излучатель в виде модели абсолютно черного тела (АЧТ), удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8.558, ГОСТ Р 8.566.

3.3 **эталонный (образцовый) протяженный излучатель**: Эталонный (образцовый) излучатель, угловые размеры которого в 10 и более раз превышают элементарное поле зрения тепловизора.

3.4 **тепловой тест-объект**: Устройство, предназначенное для создания картинной плоскости, содержащей теплоизлучающий объект с заданными пространственной частотой или формой, температурным контрастом на равномерно излучающем фоне с известным значением его температуры и излучательными способностями объекта и фона.

3.5 **термограмма:** Многоэлементное, двумерное изображение, каждому элементу которого приписывается цвет/ или градация одного цвета/или градация яркости экрана, определяемые в соответствии с условной температурной шкалой.

3.6 **количество чувствительных элементов (элементов разложения термограммы**): Количество фоточувствительных элементов в фотоприемном устройстве тепловизора.

3.7 **угол поля зрения**: Пространственный угол, в пределах которого осуществляется формирование термограммы.

3.8 **элементарное поле зрения (мгновенный угол поля зрения):** Пространственный угол, в пределах которого инфракрасное излучение воспринимается одним фоточувствительным элементом фотоприемного устройства.

3.9 **пространственное (угловое) разрешение**: Размер (угловой или в элементах разложения) щели в экране, установленном перед протяженным излучателем в поле зрения тепловизора, при котором отношение пикового приращения температуры щели над температурой экрана на термограмме к разности температур излучателя и экрана достигает заданного значения.

3.10 **порог температурной чувствительности (разность температур, эквивалентная шуму):** Приращение температуры, равное среднеквадратичному значению шума в термограмме, при наблюдении однородного фона с заданной температурой.

3.11 **неравномерность чувствительности тепловизора по полю**: Максимальное значение перепада температур фрагментов термограммы равноизлучающего по поверхности эталонного (образцового) протяженного излучателя.

4 Операции и средства поверки

4.1 При поверке тепловизоров выполняют операции и применяют средства поверки, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 — Операции и средства поверки тепловизоров

Наименование операции	Номер пункта настоящего стандарта	Средства поверки и их метрологические характеристики	Обязательность проведения операций при	
			первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	—	Да	Да
2 Проверка электрической прочности изоляции	8.2	Пробойная установка УПУ-14, напряжением 500 В, частотой 50 Гц, мощностью 0,25 кВ · А	Да	Нет
3 Проверка сопротивления изоляции	8.3	Мегомметр М1101М. Класс 2,5	Да	Нет
4 Опробование. Проверка работы тепловизора в различных режимах	8.4	Эталонный (образцовый) протяженный излучатель для диапазона температур выше температуры окружающей среды на 10 °С, с излучательной способностью не менее 0,95. Доверительная граница погрешности излучателя 1,1 °С при вероятности 0,95. Нестабильность поддержания температуры не более ±0,05 °С/мин	Да	Да

Окончание таблицы 1

Наименование операции	Номер пункта настоящего стандарта	Средства поверки и их метрологические характеристики	Обязательность проведения операций при	
			первичной поверке	периодической поверке
5 Определение угла поля зрения	8.5	Эталонный (образцовый) протяженный излучатель по 8.4; тепловой тест-объект с излучательной способностью не менее 0,95 (см. приложение А, Б); измерительная линейка длиной 500 мм и ценой деления 1 мм; поворотный столик с точностью задания угла до 1°	Да	Нет
6 Определение пространственного (углового) разрешения	8.6	Эталонный (образцовый) протяженный излучатель по 8.4; тепловой тест-объект с излучательной способностью не менее 0,95, диапазоном изменений размера щели от 0 до 50 мм, шагом 1 мм. Высота щели от 140 мм, погрешность задания ширины щели ± 0,1 мм (см. приложение А)	Да	Да
7 Проверка диапазона и определение основной погрешности измерения радиационной температуры	8.7	Эталонный (образцовый) излучатель для диапазона температур от минус 50 °С до плюс 80 °С. Доверительная граница погрешности излучателя 0,6 °С при вероятности 0,95. Для диапазона от 0 °С до 2500 °С доверительная граница погрешности излучателя от 0,5 °С до 7,5 °С при вероятности 0,95	Да	Да
8 Определение порога температурной чувствительности	8.8	Эталонный (образцовый) протяженный излучатель по 8.4	Да	Да
9 Определение неравномерности чувствительности тепловизора по полю	8.9	Эталонный (образцовый) излучатель по 8.7	Да	Да
10 Определение сходимости показаний тепловизора	8.10	Эталонный (образцовый) протяженный излучатель по 8.4	Да	Да

4.2 Все указанные в таблице 1 средства поверки должны иметь свидетельства о поверке.

4.3 Допускается применять другие средства поверки, удовлетворяющие по точности требованиям настоящего стандарта.

5 Требования безопасности

5.1 При поверке соблюдают требования безопасности по ГОСТ 12.2.007.9 и указанные в паспорте или руководстве по эксплуатации (далее — РЭ) на тепловизор конкретного типа.

6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены условия по ГОСТ 8.395 и требования эксплуатационных документов (далее — ЭД) на тепловизор конкретного типа.

6.2 Средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационными документами на них.

7 Требования к квалификации поверителей

7.1 К поверке допускают лиц, аттестованных в качестве поверителя в области пирометрии и радиометрии инфракрасного излучения в соответствии с [2] и изучивших настоящий стандарт.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности и маркировки тепловизора ЭД на него;
- соответствие тепловизора требованиям безопасности, изложенным в паспорте и РЭ на тепловизор;
- отсутствие внешних повреждений комплекта поверяемого тепловизора, влияющих на его метрологические характеристики.

8.1.2 Тепловизор, не отвечающий требованиям пункта 8.1.1, поверке не подлежит.

8.2 Проверка электрической прочности изоляции

8.2.1 Пробойную установку УПУ-14 подключают к закороченным клеммам питания и корпусу тепловизора. Изоляцию выдерживают под испытательным напряжением в течение 1 мин, после чего плавно снижают значение напряжения до нуля. Проверку проводят в соответствии с ГОСТ 12997.

8.2.2 Результаты проверки считают удовлетворительными, если не произошло пробоя или перекрытия изоляции. Появление коронного разряда не является признаком неудовлетворительных результатов проверки.

8.3 Проверка сопротивления изоляции

8.3.1 Мегомметр М1101М подключают к закороченным клеммам питания и корпусу тепловизора. Проверку проводят в соответствии с ГОСТ 12997.

8.3.2 Результаты проверки считают положительными, если электрическое сопротивление изоляции не менее 20 МОм.

8.4 Опробование. Проверка работы тепловизора в различных режимах

8.4.1 Опробование

8.4.1.1 Включают тепловизор и проверяют его работоспособность в соответствии с РЭ на него. При обнаружении неисправности поверку не проводят.

8.4.2 Проверка работы тепловизора в различных режимах

8.4.2.1 Тепловизор и эталонный (образцовый) протяженный излучатель (далее — протяженный излучатель) 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 или паспорте на него, поверку не проводят.

8.5 Определение угла поля зрения

8.5.1 Выбор рабочего расстояния

8.5.1.1 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 переменной щелью.

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

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

8.5.1.4 В качестве рабочего расстояния R, мм, 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.

8.5.2 Определение угла поля зрения (вариант 1)

8.5.2.1 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.

8.5.2.2 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.

8.5.2.3 Режим работы тепловизора должен обеспечивать максимальную чувствительность. Изображение центра теплового тест-объекта совмещают с центральной областью термограммы. Измерения проводят на рабочем расстоянии, определенном по 8.5.1.

8.5.2.4 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.

8.5.2.5 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.

8.5.2.6 Углы поля зрения по горизонтали φ_x и по вертикали φ_y, град., рассчитывают соответственно по формулам:

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

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

8.5.2.7 Значения углов поля зрения φ_x и φ_y должны соответствовать указанным в РЭ или паспорте на тепловизор конкретного типа.

8.5.3 Определение угла поля зрения (вариант 2)

8.5.3.1 Выполняют операции по 8.5.2.2, 8.5.2.3.

8.5.3.2 На полученной термограмме отмечают крайние метки, регистрируемые по вертикали или по горизонтали. Измеряют расстояние между крайними метками теплового тест-объекта в миллиметрах и расстояние между крайними метками теплового тест-объекта на термограмме в элементах разложения термограммы (далее — эл.).

8.5.3.3 Мгновенный угол поля зрения γ, рад., рассчитывают по формуле

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

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

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

R — рабочее расстояние, определенное в 8.5.1, мм.

8.5.3.4 Углы поля по горизонтали φ_x и по вертикали φ_y, град., рассчитывают соответственно по формулам:

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

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

где γ — мгновенный угол поля зрения, рад;

X — количество элементов разложения термограммы по горизонтали;

Y — количество элементов разложения термограммы по вертикали.

8.5.3.5 Значения углов поля зрения φ_x и φ_y должны соответствовать указанным в РЭ или паспорте на тепловизор конкретного типа.

8.6 Определение пространственного (углового) разрешения

8.6.1 Определение масштабного коэффициента

8.6.1.1 Выполняют операции по 8.5.2.2, 8.5.2.3.

8.6.1.2 По полученной термограмме теплового тест-объекта с метками измеряют расстояния между отверстиями теплового тест-объекта в элементах разложения.

8.6.1.3 Масштабный коэффициент k, эл./мм, определяют как отношение расстояния между соответствующими отверстиями на термограмме, эл., и тепловом тест-объекте, мм.

8.6.2 Определение пространственного (углового) разрешения по горизонтали

8.6.2.1 Температурный режим протяженного излучателя устанавливают выше температуры окружающей среды на 10 °С. Перед протяженным излучателем на расстоянии от 1 до 3 см устанавливают тепловой тест-объект с переменной щелью в вертикальном положении (ось щели направлена вертикально — по высоте термограммы).

8.6.2.2 Выполняют операции по 8.5.2.3.

8.6.2.3 В тепловом тест-объекте устанавливают максимальную ширину щели и измеряют ее. По термограмме определяют максимальную температуру щели t'_{max}, °С, и среднюю температуру шторок t'_0, °С. Регистрируют полученные результаты измерений. По результатам измерений температур рассчитывают контраст щели K_S на термограммах по формуле

$$K_s = \frac{t'_{max} - t'_0}{t_s - t'_0}, \qquad (6)$$

где t'_{max} — максимальное значение температуры щели, определяемое по термограмме, °С;

t'_0 — среднее значение температуры шторок, определяемое по термограмме,°С;

t_s — максимальное значение температуры щели, при максимальном раскрытии щели, определяемое по термограмме, °С.

8.6.2.4 По зарегистрированным значениям ширины щели A, мм, рассчитывают ширину щели a, эл., приведенную в плоскость изображения (термограммы) по формуле

$$a = Ak, \qquad (7)$$

где A — ширина щели, мм;

k — масштабный коэффициент, определяемый по 8.6.1, эл./мм.

8.6.2.5 Уменьшают и регистрируют ширину щели A, мм, и проводят измерения и расчеты по 8.6.2.3, 8.6.2.4.

8.6.2.6 Выполняют операции по 8.6.2.5 не менее пяти раз.

8.6.2.7 По полученным результатам измерений устанавливают зависимость контраста щели на термограммах K_s от ширины щели a, эл., — функцию реакции на щель (ФРЩ):

$$FRS = K_s(a). \qquad (8)$$

8.6.2.8 Вариант расчета пространственного разрешения по горизонтали F_x [3] приведен в приложении В.

8.6.2.9 Разрешение по горизонтали F_x, равное угловому, или в элементах разложения — размеру щели, должно соответствовать значению, указанному в РЭ или паспорте на тепловизор, при оговоренном значении контраста щели.

8.6.3 Определение пространственного (углового) разрешения по вертикали

8.6.3.1 Определение разрешения по вертикали проводят аналогично 8.6.2. Тепловой тест-объект с переменной щелью устанавливают в горизонтальном положении (ось щели направлена вдоль строки термограммы), для расчета углового размера щели используют φ_y — угол поля зрения тепловизора по вертикали, определенного по 8.5, и Y — количество элементов разложения термограммы по вертикали.

8.6.3.2 Разрешение по вертикали F_Y, равное угловому, или в элементах разложения — размеру щели, должно соответствовать значению, указанному в РЭ или паспорте на тепловизор, при оговоренном значении контраста щели.

8.7 Проверка диапазона и определение основной погрешности измерения радиационной температуры

8.7.1 Измерения проводят на расстоянии между эталонным (образцовым) излучателем (далее — эталонный излучатель) и тепловизором, обеспечивающем перекрытие апертурой излучателя не менее 20 % угла поля зрения тепловизора. Излучающую поверхность эталонного излучателя совмещают с центральной областью термограммы.

8.7.2 Основную погрешность тепловизора определяют в пяти точках диапазона рабочих температур тепловизора (нижней, верхней и трех точках 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 $t'_{ср}$, °С, с учетом его излучательной способности и температуры радиационного фона.

8.7.3 Основную погрешность Δt, °С, для каждой температуры тепловизора, рассчитывают по формуле

$$\Delta t = t'_{ср} - t_{ср}, \quad (9)$$

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

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

8.7.4 Результаты поверки считаются положительными, если погрешность, рассчитанная по формуле (9), не превышает значений, приведенных в ЭД на тепловизор во всех точках.

8.8 Определение порога температурной чувствительности

8.8.1 Устанавливают температуру протяженного излучателя 30 °С или иную, соответствующую паспорту или РЭ, для данной характеристики. Измерения проводят на расстоянии, обеспечивающем полное перекрытие апертурой протяженного излучателя угла поля зрения тепловизора.

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

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

$$\Delta t_{ij} = t_{ij}^{(1)} - t_{ij}^{(2)}, \quad (10)$$

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.

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

$$\Delta t_{пор} = 0{,}707\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{(\Delta t_i - \Delta\bar{t})^2}{n}}, \quad (11)$$

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

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

n — количество элементов разложения в термограмме.

8.8.5 Если поверяемый тепловизор имеет несколько рабочих диапазонов измеряемых температур, значение $\Delta t_{пор}$ определяют для каждого диапазона.

8.8.6 Значение $\Delta t_{пор}$ при оговоренной частоте смены кадров не должно превышать указанного в паспорте или ЭД на тепловизор конкретного типа.

8.8.7 Определение действительного количества элементов разложения термограммы (чувствительных элементов)

8.8.7.1 Выполняют операции по 8.8.1.

8.8.7.2 Наводят тепловизор на центральную область апертуры излучателя и фиксируют тепловизор в выбранном положении. Записывают в запоминающее устройство тепловизора термограмму.

8.8.7.3 С помощью программного обеспечения, прилагаемого к тепловизору, определяют неисправные чувствительные элементы. Отклонение показаний температуры каждого чувствительного элемента δt_i , °С, от температуры протяженного излучателя t_s, °С, не должно превышать значения порога температурной чувствительности $\Delta t_{пор}$, °С, более чем в шесть раз. Чувствительный элемент, отклонение показаний температуры которого не отвечает данному требованию, признают неисправным.

8.8.7.4 За действительное количество элементов разложения термограммы принимается число исправных чувствительных элементов.

8.8.7.5 Действительное количество элементов разложения термограммы заносят в протокол проведения поверки тепловизора (приложение Г).

8.9 Определение неравномерности чувствительности тепловизора по полю

8.9.1 Выполняют операции по 8.7.1.

8.9.2 Неравномерность чувствительности тепловизора по полю определяют в пяти точках диапазона рабочих температур тепловизора (нижней, верхней и трех точках внутри диапазона). После установления стационарного режима эталонного излучателя проводят не менее пяти измерений на каждой температуре.

8.9.3 Излучающую поверхность эталонного излучателя последовательно совмещают с не менее чем пятью различными областями термограммы (по центру и в углах термограммы).

8.9.4 Измеряют среднюю температуру по области термограммы, соответствующей апертуре излучателя.

8.9.5 Неравномерность чувствительности тепловизора по полю δt, °С, рассчитывают по формуле

$$\delta t = \bar{t}_{max} - \bar{t}_{min}, \quad (12)$$

где $\bar{t}_{max}$ — максимальное значение из полученных средних температур, °С;

$\bar{t}_{min}$ — минимальное значение из полученных средних температур,°С.

8.9.6 Значение δt не должно превышать значения, указанного в паспорте или РЭ на тепловизор конкретного типа.

8.10 Определение сходимости показаний тепловизора

8.10.1 Устанавливают температурный режим протяженного излучателя выше температуры окружающей среды на 10 °С.

8.10.2 Изображение центра протяженного излучателя совмещают с центральной областью термограммы и в течение 15 мин через каждые 10—15 с снимают термограммы, если в ЭД не указан иной минимальный временной интервал.

8.10.3 Определяют средние арифметические значения температуры по результатам измерений в течение трех интервалов по 5 мин. Разность максимальных и минимальных средних арифметических значений температуры не должна превышать значения сходимости температуры, указанного в РЭ или паспорте на тепловизор.

9 Оформление результатов поверки

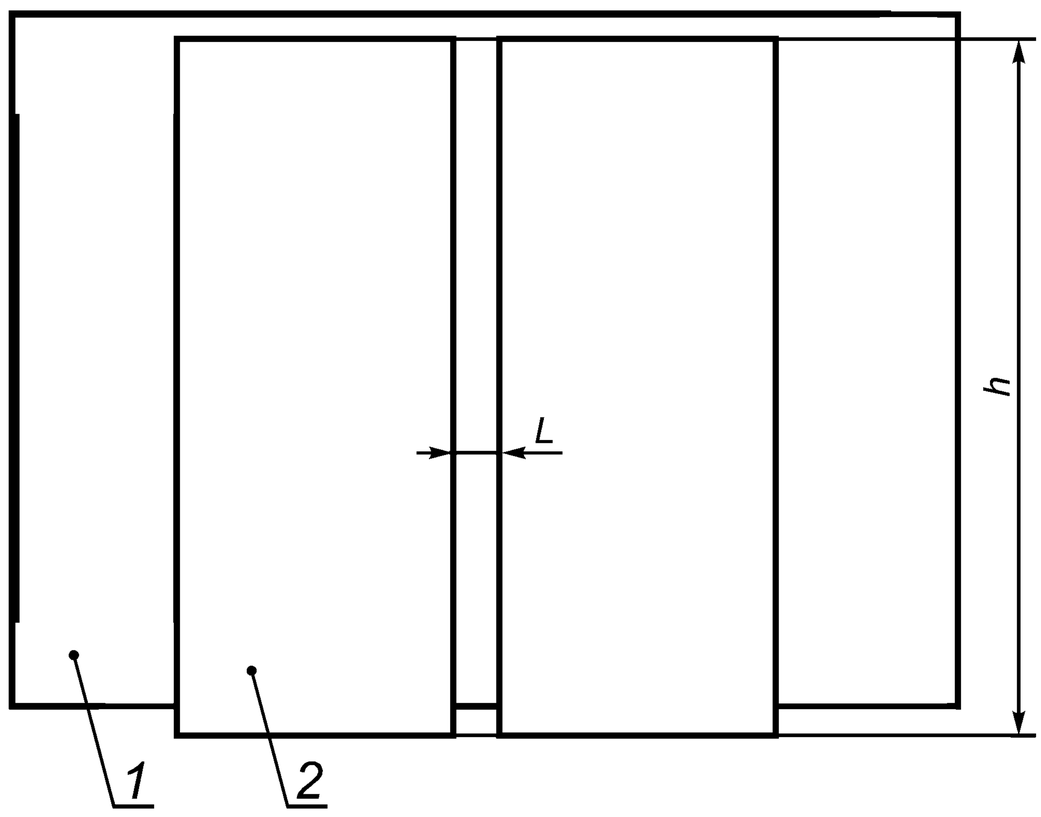
9.1 При положительных результатах поверки на тепловизор выдают свидетельство в соответствии с требованиями [4].

9.2 При отрицательных результатах поверки на тепловизор выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с требованиями [4].

9.3 Результаты поверки тепловизора заносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г.

Приложение А
(рекомендуемое)

Тепловой тест-объект с переменной щелью



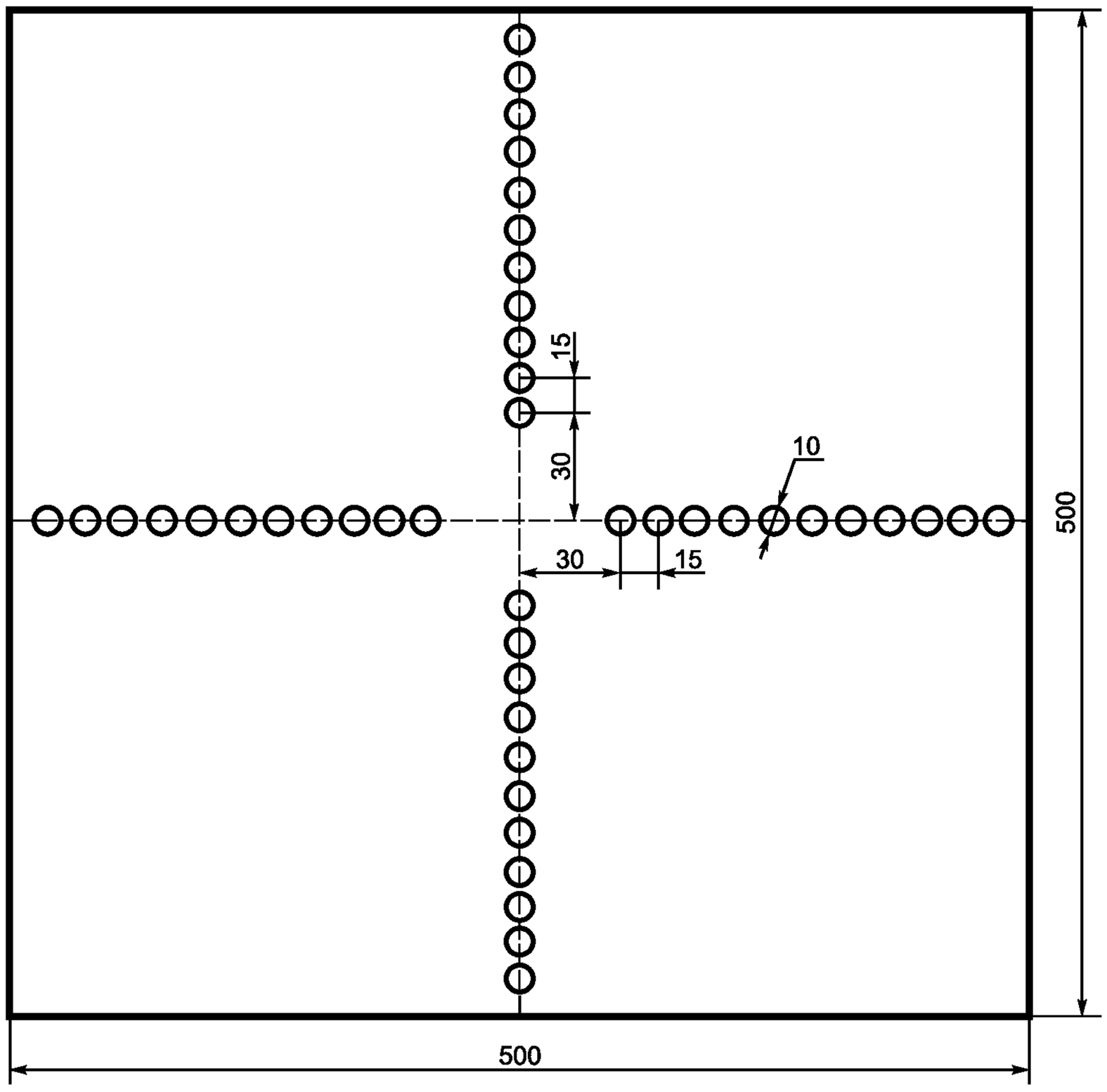
1 — протяженный излучатель; *2* — тепловой тест-объект толщиной 1 мм с переменной щелью (высота шторки h = const, расстояние между шторками L меняется от 0 до 50 мм, с шагом 1 мм)

П р и м е ч а н и е — Рекомендуется использовать материал с высокой теплопроводностью (например медь).

Рисунок А.1 — Эскиз теплового тест-объекта с переменной щелью

Приложение Б
(рекомендуемое)

Тепловой тест-объект с метками



d — диаметр отверстия (10 мм). Толщина тест-объекта 1 мм. Одна сторона полированная, другая подлежит чернению.

Примечание — Рекомендуется использовать материал с высокой теплопроводностью (например медь).

Рисунок Б.1 — Эскиз теплового тест-объекта с метками

Приложение В
(рекомендуемое)

Расчет пространственного разрешения по горизонтали

При гауссовой аппроксимации функция реакции на щель определяется отношением, преобразуемым к табличной функции *erf(x)* [5]

$$FRS(a) = erf\left(\frac{a}{2\sigma}\right), \tag{В.1}$$

где a — ширина щели, эл.;

σ — параметр, определяющий ширину ФРЛ, эл.

Выполняют аппроксимацию массива экспериментальных данных ($K_{Si,ai}$) зависимостью (В.1), подбирая значение параметра σ, обеспечивающего минимальное среднеквадратическое отклонение (СКО) экспериментальных данных от заданной функции:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(K_{Si} - erf\left(\frac{a_i}{2\sigma}\right)\right)^2}, \tag{В.2}$$

где N — количество результатов измерения.

Пространственное разрешение F_X по горизонтали определяется как ширина щели, при которой контраст на термограмме K_S равен 99 % максимального значения:

$$F_X = \sigma_X \cdot 3{,}64, \tag{В.3}$$

где σ_X — подобранное в результате аппроксимации значение параметра σ, эл.

Угловой размер пространственного разрешения по горизонтали Σ_X, рад, рассчитывают по формуле

$$\Sigma_X = 2\mathrm{arctg}\left(\frac{F_X}{X}\,\mathrm{tg}\,\frac{\varphi_X}{2}\right), \tag{В.4}$$

где X — количество элементов разложения по горизонтали термограммы;

φ_X — угол поля зрения тепловизора по горизонтали, град.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Протокол поверки тепловизора

Г.1 Условия проведения поверки

Г.1.1 Влажность.

Г.1.2 Температура окружающей среды.

Г.2 Результаты определения углов поля зрения по горизонтали и по вертикали

Г.2.1 Определение угла поля зрения тепловизора выполнено по тепловому тест-объекту с метками.

Температура эталонного (образцового) протяженного излучателя t_S _____ °С.

Рабочее расстояние до излучателя R _____ мм.

Мгновенный угол поля зрения γ _____ рад.

Угол поля зрения тепловизора по горизонтали φ_x _____ град.

Угол поля зрения тепловизора по вертикали φ_y _____ град.

Г.3 Определение пространственного (углового) разрешения тепловизора с углом поля зрения _____ град. по горизонтали и _____ град. по вертикали

Пространственное разрешение тепловизора определяют по функции реакции на щель (*FRS*) в горизонтальном и вертикальном направлениях и измеряют по тепловому тест-объекту с переменной щелью.

Температура эталонного (образцового) протяженного излучателя t_S _____ °С.

Г.3.1 Результаты определения пространственного разрешения тепловизора

Пространственное разрешение по горизонтали F_x		Пространственное разрешение по вертикали F_y	
В элементах разложения	В миллирадианах	В элементах разложения	В миллирадианах

Г.4 Результаты проверки диапазона температуры и определение погрешности

Температура эталонного (образцового) излучателя $t_{ср}$, °С	Показания тепловизора $t_{ср}$, °С	Погрешность показаний Δt, °С	Допустимая погрешность тепловизора, °С

Г.5 Результаты определения порога температурной чувствительности

Температура эталонного (образцового) протяженного излучателя t_S _____ °С.

Порог температурной чувствительности $\Delta t_{пор}$ _____ °С.

Действительное количество элементов разложения термограммы (чувствительных элементов) _____ эл.

Г.6 Результаты определения неравномерности чувствительности по полю

Температура эталонного (образцового) излучателя $t_{ср}$,°С						
Средняя измеренная температура $t'_{ср}$, °С	в верхней левой области термограммы					
	в верхней правой области термограммы					
	в центральной области термограммы					
	в нижней левой области термограммы					
	в нижней правой области термограммы					
Максимальное значение из полученных средних температур $\bar{t}_{max}$, °С						
Минимальное значение из полученных средних температур $\bar{t}_{min}$, °С						
Неравномерность чувствительности по полю δt, °С						

Библиография

[1] Положение о международной температурной шкале 1990 г. (МТШ-90)

[2] ПР 50.2.012—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок аттестации поверителей средств измерений

[3] Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника применения: Пер. с франц. — М.: Мир, 1988, с. 320—322

[4] ПР 50.2.006—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений

[5] Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы. — СПб.: Лань, 2003, с. 579

УДК 536.5.089.535.211:006.354 ОКС 17.200.20 Т88.6 ОКСТУ 0008

Ключевые слова: поверка, погрешность, тепловизор, эталон, температура, тепловой тест-объект, эталонный протяженный излучатель

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *А.С. Черноусова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 09.08.2006. Подписано в печать 25.08.2006. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,35. Тираж 256 экз. Зак. 590. С 3185.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.