Проект

Изображение Государственного Герба Республики Казахстан

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**Контроль неразрушающий**

**ИНФРАКРАСНАЯ ТЕРМОГРАФИЯ**

**Часть 1**

**ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЯ**

**СТ РК ISO 18251 – 1 –**

*(ISO 18251-1:2017(E) Non-destructive testing — Infrared thermography — Part 1: Characteristics of system and equipment, IDT)*

**Издание официальное**

**Комитет технического регулирования и метрологии**

**Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан**

**(Госстандарт)**

**Нур-Султан**

**Предисловие**

**1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН** Республиканским государственным предприятием на праве хозяйственного ведения «Казахстанский институт стандартизации и сертификации» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции развития Республики Казахстан.

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерство торговли и интеграции Республики Казахстан от 11 октября 2019г. № 376-од.

**3** Настоящий стандарт идентичен международному стандарту *ISO 18251-1:2017 Non-destructive testing — Infrared thermography — Part 1: Characteristics of system and equipment* (Контроль неразрушающий. Инфракрасная термография. Часть 1. Характеристики систем и оборудования).

Международный стандарт разработан Международным техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 135 «Неразрушающие методы контроля», Подкомитет SC 8 «Термографический контроль».

Официальный экземпляр международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий национальный стандарт и на которые даны ссылки, имеется в Едином государственном фонде нормативных технических документов.

Официальной версией является текс на государственном и русском языке.

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте стандарта ссылочный международный стандарт актуализирован.

Степень соответствия – идентичная, IDT

Перевод с английского языка (en)

**4** В настоящем стандарте реализованы нормы: Закона Республики Казахстан: «О стандартизации»от 05.10.2018 г. № 183-VІ

**5 ВВОДИТСЯ ВПЕРВЫЕ**

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном каталоге «Документы по стандартизации Республики Казахстан», а текст изменений – в периодических информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (отмены) или замены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в периодическом информационном указателе «Национальные стандарты».*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Контроль неразрушающий**

**ИНФРАКРАСНАЯ ТЕРМОГРАФИЯ**

**ЧАСТЬ 1**

**ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЯ**

**Дата введения**

1. **Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к компонентам и их характеристикам, составляющие систему инфракрасной (ИК) визуализации и соответствующему оборудованию, используемому в неразрушающем контроле (НК). Настоящий стандарт также определяет выбор подходящей системы для конкретной задачи при проведении контроля.

Рассмотрены следующие элементы:

— объектив;

— детектор;

— процессор для обработки изображений;

— дисплей;

— источник термостимулирования;

— аксессуары.

**2** Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные нормативные документы. Для недатированных ссылок применяется последнее издание ссылочного документа (включая все изменения).

ISO 10878:2013, Non-destructive testing — Infrared thermography — Vocabulary (Неразрушающий контроль. Инфракрасная термография. Словарь).

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяются термины и определения по ISO 10878.

ISO и IEC поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

* IEC Electropedia: доступна на http: //www. electropedia.org/
* Платформа ISO для просмотра файлов в интернете: доступна на http://www.iso.org/obp

**Проект, редакция 1**

**4 Составляющие ИК-системы**

На рисунке 1 показана комплектация системы визуализации, в том числе ИК-системы. Объектив фокусирует изображение объекта на детекторе. Массив элементов изображения в детекторе создает электрические сигналы в зависимости от интенсивности инфракрасного излучения. Эти электрические сигналы обрабатываются с целью получения изображения, которое выводится на дисплей и которое можно сохранить или подвергнуть дальнейшей обработке.

Дисплей

Процессор для обработки изображений

Детектор

Объектив

Образец

Источник возбуждения

Пусковой сигнал

Вывод или сохранение

**Рисунок – 1 – Составляющие ИК-системы**

**5 Объектив**

**5.1 Общие положения**

Объектив оптической системы — это элемент или комбинация элементов, которые фокусируют излучаемую энергию от объекта и формируют первичное изображение.

Для получения требуемого пространственного разрешения объекта контроля или детали объекта используются сменные объективы.

**5.2 Спектральная чувствительность**

ИК-камеры имеют несколько диапазонов пропускания ИК-излучения через атмосферу (окна прозрачности атмосферы):

— короткие волны, SW: длина волны приблизительно от 0,8 до 2 мкм;

— средние волны, MW: длина волны приблизительно от 3 до 5 мкм;

— длинные волны, LW: длина волны приблизительно от 8 до 14 мкм.

Спектральная чувствительность ИК-камеры зависит от используемого детектора. Передача системы объектива должна быть адаптирована к спектральной чувствительности детектора. Детектор выбирается в соответствии с задачей контроля.

**5.3 Фокусное расстояние**

Фокусное расстояние определяется как расстояние между оптическим центром объектива до точки плоскости оптического изображения детектора и измеряется в миллиметрах. Изображение наблюдаемого объекта будет различным в зависимости от фокусного расстояния объектива. Большое фокусное расстояние дает более крупное изображение на фокальной плоскости, но меньшее поле обзора. Это может оказаться полезным при наблюдении отдельных деталей объекта или при работе на значительном расстоянии от объекта.

**5.4 Апертурное число**

Апертура определяет размер отверстия, проходя через которое лучи сходятся в фокусе, попадая на матрицу, расположенную в фокальной плоскости. Эффективный размер апертуры объектива влияет на количество излучения, проходящего через объектив. Обычно это определяется апертурным числом, равным отношению фокусного расстояния к эффективному диаметру апертуры. Апертурное число в значительной степени влияет на чувствительность инфракрасного детектора. Большая апертура (меньшее апертурное число) обеспечивает поступление большего количества излучаемой энергии на детектор, повышая чувствительность системы. Существуют так называемые «быстрые» апертуры (например, имеющие апертурное число — f/1.1 или f/2). Меньшая апертура (большее апертурное число) обеспечивает поступление меньшего количества тепловой энергии на детектор. Существуют так называемые «медленные» апертуры (например, имеющие апертурное число — f/3 или f/4.5).

Диаметр апертуры объектива должен быть больше диагонали детектора, чтобы обеспечивать попадание большей части излучаемой энергии на детектор через объектив, а не из внутренних частей корпуса системы.

Апертуры детектора и объектива необходимо тщательным образом согласовать. Желательно, чтобы объектив был чуть «быстрее» детектора, чтобы собирать только те лучи, которые проходят через сам объектив, а не те, которые поступают изнутри корпуса объектива.

**5.5 Сменные объективы**

Сменные объективы используются для адаптации системы камеры к особым геометрическим требованиям задач контроля (часть изображения, требующая минимального разрешения). Обычно существуют стандартные объективы, например, широкоугольные и телеобъективы, а также дополнительные объективы для измерения больших или малых образцов. Для повышения точности каждый объектив должен быть откалиброван вместе с камерой.

**6 Детектор**

**6.1 Общие положения**

Детектор — это основная часть инфракрасной камеры, поскольку он воспринимает инфракрасное излучение и преобразует его в полезный электрический сигнал. Эффективность системы детекторов зависит от нескольких характеристик. На чувствительность, разрешающую способность, время отклика и спектральные характеристики всей системы визуализации влияют тип, количество и компоновка элементов детектора.

**6.2 Типы детекторов**

В инфракрасном оборудовании используются детекторы различных видов, например, микроболометры, фотоэлектрические, пироэлектрические или квантовые детекторы. Эти детекторы классифицируются на два типа: тепловые детекторы и квантовые детекторы. Тепловые детекторы (например, микроболометры или пироэлектрические детекторы) работают, как правило, при температуре окружающей среды. Квантовые детекторы, например, фотоэлектрические детекторы или QWIP детекторы (инфракрасные фотодетекторы на квантовой яме) должны быть охлаждены до очень низких температур, чтобы уменьшить тепловые помехи. Квантовые детекторы имеют более высокую чувствительность и легко совместимы с более высокими режимами съемки кадров.

**6.3 Матрицы детекторов**

Приемники ИК-излучения могут быть одноэлементными или собранными в линейные или двухмерные матрицы. Для одноэлементных детекторов нужна система сканирования излучения, преобразующая последовательность отдельных изображений в упорядоченную векторную развертку, которую можно преобразовать в общее изображение. Линейные матрицы можно использовать для получения изображений движущихся объектов (таких как производственные линии). В системах с двухмерными матрицами (матрица в фокальной плоскости, FPA) для создания изображения используется электронное сканирование.

**6.4 Системы сканирования**

Механическое сканирование достигается путем перемещения зеркал, призм или многоугольников. Сканирующие камеры по существу обеспечивают получение однородного изображения без механизмов электронной коррекции. Однако такой принцип сканирования ограничивает частоту кадров. Таким образом, такие системы менее пригодны для наблюдения быстрых процессов по сравнению с системами, имеющими в фокальной плоскости матричный приемник.

**6.5 Рабочий диапазон длин волн**

Рабочий диапазон длин волн зависит от материала детектора, объектива и окон прозрачности атмосферы. Для неразрушающего контроля рабочий диапазон длин волн выбирают в соответствии с условиями контроля и объектом контроля.

**6.6 Количество элементов изображения**

Двумерная матрица детекторов обычно состоит из прямоугольной матрицы датчиков или элементов. Для детектора с М рядами и N столбцами количество элементов изображения равно М ˟ N. Количество элементов изображения непосредственно влияет на пространственное разрешение инфракрасной камеры.

**6.7 Слепое пятно**

Слепое пятно — это элемент детектора, который не реагирует или медленно реагирует на изменения интенсивности излучения. В системы визуализации могут быть встроены алгоритмы предоставления данных для замены сигналов из слепых пятен.

**6.8 Эксплуатационная пригодность детектора**

Эксплуатационная пригодность детектора определяется процентным отношением количества элементов, дающих корректный и точный электрический сигнал.

**6.9 Постоянная времени теплового детектора**

Тепловые детекторы характеризуются небольшой, но конечной теплоемкостью, поэтому необходимо учитывать их реакцию на изменения интенсивности излучения. Постоянная времени теплового детектора — это время, необходимое для изменения температуры его корпуса на 63,2 % от определенного диапазона температур при измерении в условиях нулевой мощности в средах со стабильными тепловыми условиями. В особенности это касается систем, в которых температура изменяется со временем. Тепловая постоянная времени непосредственно влияет на максимальную скорость кадров, чувствительность к напряжению, эквивалентную мощность шума или эквивалентную шуму разность температур. В некоторых приложениях, например, в оконном режиме максимальная частота кадров выше, чем тепловая постоянная, и, таким образом, достигается меньшее отношение сигнал/шум (SNR).

**6.10 Время накопления сигнала**

Время накопления сигнала является временем, когда детектор накапливает излученный сигнал. Это определяется емкостью электронного заряда и интенсивностью входящих инфракрасных лучей. По мере продления времени интегрирования коэффициент "сигнал - шум" инфракрасной фокальной плоскости будет улучшаться, но частота кадров может уменьшаться. Для удобства использования и расширения спектра приложений, в современных высококачественных камерах время интегрирования можно регулировать.

**6.11 Температурный диапазон**

Динамический диапазон — это интервал между самой низкой и самой высокой измеримыми интенсивностями излучения или температурами. Этот диапазон необходимо определить для температур абсолютно черного тела (излучательная способность = 1). В случае термических детекторов при выходе за пределы динамического диапазона детектор может быть поврежден. Динамический диапазон зависит от времени интегрирования квантовых детекторов.

**7 Процессор для обработки изображений**

**7.1 Общие положения**

Процессор для обработки изображений выполняет операции по получению, анализу, обработке, отображению и сохранению теплового изображения.

**7.2 Получение изображения**

7.2.1 Синхронизация получения изображения

Синхронизация получения изображения основывается на «системных» (встроенных в систему) часах, чтобы можно было получить информацию о дате, времени и времени экспозиции.

7.2.2 Пусковой сигнал обработки данных

Для синхронизации внешнего оборудования с системой визуализации необходимо, чтобы система визуализации реагировала на внешние пусковые сигналы или генерировала пусковые сигналы на основе получения изображения. Эта функция используется главным образом в методе активного ИК-контроля, включающего в себя импульсную термографию, замкнутую термографию, лазерную термографию или вихретоковую термографию.

7.2.3 Стоп-кадр

Фиксация изображения — это функция, которая позволяет фиксировать текущее изображение без функции его длительного хранения.

**7.3 Отображение изображения**

Для визуализации теплового изображения используется монитор (дисплей). Тепловое изображение может быть представлено как в «условных» цветах (псевдоцветах), так и в градациях серого цвета в режиме покадрового отображения или в режиме непрерывного динамического видео воспроизведения.

**7.4 Анализ изображения**

Анализ теплового изображение обычно включает в себя:

a) оценку кажущейся температуры по сигналу интенсивности инфракрасного излучения;

b) точечные измерения температуры;

c) возможность отображения локального минимума и максимума температуры в дополнение к средней температуре;

d) отображение «изотермы» — выделение определенным цветом участков с диапазонами одинаковой температуры;

e) анализ временного графика освещенности пикселя или области;

f) визуализацию выбранных профилей линий.

**7.5 Обработка изображения**

7.5.1 Общие положения

Целью обработки изображения является улучшение изображения для подготовки его к компьютерному или визуальному анализу, но любая обработка сигнала будет влиять на качество результатов.

7.5.2 Замещение слепых пятен

Для улучшения тепловых изображений слепые пятна устраняют с помощью специального алгоритма на основе сигналов соседних элементов изображения.

7.5.3 Коррекция неоднородности

Коррекция неоднородности используется для компенсации различий в откликах элементов детектора для улучшения однородности детектора.

7.5.4 Повышение качества изображения

Методы обработки изображений, в основном связанные с гистограммой, позволяют регулировать яркость, контрастность и осуществлять гамма-коррекцию. Данные параметры можно регулировать все вместе или по отдельности. Различные другие способы обработки могут применяться к тепловым изображениям для улучшения видимости параметров, необходимых для оператора.

7.5.5 Фильтрация изображения

При обработке изображения для снижения уровня шумов используются пространственная и спектральная фильтрация, а также межкадровое усреднение. С помощью фильтрации можно заметно улучшить отношение уровня сигнала к шуму.

7.5.6 Метод обработки с корреляцией по времени

Для анализа последовательности тепловых изображений, полученных, например, с помощью импульсной термографии, термографии с фиксацией, лазерной термографии или вихретоковой термографии, с целью извлечения наиболее полной информации может быть использован метод обработки изображений с корреляцией по времени.

7.5.7 Слияние изображений из видимой и инфракрасной областей

Распространенным методом, используемым для повышения достоверности результатов анализа изображений, является функция слияния (наложения) сигналов от детекторов в видимой и инфракрасной областях спектра.

**7.6 Запись изображения**

Система должна записывать изображение в виде одного или нескольких кадров с соответствующей скоростью кадров как видео с полным динамическим диапазоном, а также записывать соответствующие параметры используемого оборудования и условия контроля. Следует добавить запись о сжатии данных изображения.

**8 Источник термостимулирования**

**8.1 Общие положения**

Метод активной ИК-термографии требует внешнего источника энергии для термостимулирования объекта контроля. В зависимости от задач контроля и характеристик объекта необходимо выбирать подходящий источник энергии и способ возбуждения. Существуют различные способы теплового стимулирования, например, оптическое излучение, генератор горячего газа, индукционная катушка, виброзонд или охлаждение. Примерами способов возбуждения могут служить импульсное, ступенчатое и гармоническое возбуждение.

Эти соответствующие технические данные, необходимые для достижения цели НК, должны быть предоставлены поставщиком источника возбуждения. Например, технические данные лазерного источника должны включать, но не ограничиваться, мощностью (Вт), излучением (Вт / м2), длиной волны (нм), длительностью импульса (с) и размером луча (мм2).

**8.2 Устройства оптического излучения**

Принцип оптической термостимуляции заключается в поглощении оптического излучения на поверхности образца. Устройствами оптического излучения могут служить лазер или лампы, используемые для модулированного возбуждения объекта контроля. Лазерные источники также могут применяться для обнаружения поверхностных трещин. Трещины нарушают боковую диффузию тепла в области, нагреваемой лазерным пятном, и, таким образом, могут быть обнаружены путем генерирования температурных скачков на поверхности. Существует множество ламп, например, импульсная лампа, галогенная лампа, «световое пятно» др. Импульсные лампы нагревают поверхность испытуемого объекта очень короткими световыми импульсами (импульсная термография). Выбор ламп зависит от объекта контроля и цели контроля.

**8.3 Конвективное возбуждение**

Нагревательный принцип конвективного возбуждения - это передача тепла между движущимся веществом (газом, жидкостью) и твердым объектом контроля. Обычно существует два вида конвективного источника возбуждения: нагревающее и охлаждающее устройство. В качестве источника горячего газа может использоваться струя воздуха, пар из котла и т.д. Горячие жидкости используются для конвективного нагрева объекта контроля. Если температура испытуемого объекта превышает температуру окружающей среды, могут использоваться охлаждающие средства, такие как струя воздуха, струя воды, струя жидкого азота или быстрый контакт со льдом, сухим льдом и т. д.

**8.4 Электромагнитные индукционные устройства**

Принцип нагрева электромагнитной индукции состоит в том, что переменное магнитное поле генерирует вихревые токи в электропроводящем материале. Вихревые токи могут привести к нагреву проводящего объекта контроля. В отличие от 8.2 и 8.3 и в зависимости от свойств материала нагревается весь объем объекта контроля или поверхностный слой с различной толщиной. Устройства электромагнитной индукции используются для бесконтактного нагрева электропроводящих объектов. Частота, размер катушки, ток катушки, расстояние между катушкой и образцом, геометрия образца и катушки, электропроводность образца и магнитная проницаемость являются основными параметрами в индукционной термографии.

**8.5 Устройства механического возбуждения**

Нагревательный принцип механического возбуждения основан на трении при движении внутренних частей объекта. Согласно закону сохранения энергии, энергия не исчезает из-за трения. Энергия преобразуется из кинетической энергии в тепловую энергию. Объекты могут быть возбуждены механическим возбуждением (например, источниками вибрации). Некоторые области объекта выборочно нагреваются из-за механических потерь. Механическое возбуждение может быть полезно для обнаружения внутренних трещин в материалах.

**8.6 Преимущества и недостатки источников термостимулирования**

В таблице 1 перечислены преимущества и недостатки распространенных источников термостимулирования.

Таблица 1 — Преимущества и недостатки различных источников термостимулирования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Источники термостимулирования | Преимущества | Недостатки |
| Лазер | Очень высокая, стабильная и контролируемая плотность энергии, дает равномерный и быстрый нагрев | Небольшая область нагрева (можно выполнять линейное сканирование путем отклонения лазерного луча), вопросы безопасности, связанные с использованием мощных лазеров |
| Импульсная лампа | Быстрый нагрев, большая площадь нагрева, можно записать всю кривую хронологии нагрева | Требуется низкая плотность энергии, неоднородность, вопросы безопасности (защита глаз) |
| Галогенная лампа | Стабильная и контролируемая плотность энергии, большая область нагрева | Низкая плотность энергии, неоднородность |
| Световое пятно | Воспроизводимый нагрев, высокая плотность энергии, однородность | Небольшая область нагрева |

*Продолжение таблицы 1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Источники термостимулирования | Преимущества | Недостатки |
| Генератор горячего газа | Быстрый нагрев, большая область нагрева, однородность | Низкая плотность энергии |
| Электромагнитные индукционные устройства | Большая область нагрева, высокая плотность энергии | Только проводящие материалы |
| Источники вибрации | Очень большая область нагрева, высокая селективность, внутренний нагрев | Низкая плотность энергии, неоднородность, проблемы связи |

**9 Объединенные характеристики и функция инфракрасной системы и оборудования**

**9.1 Объединенные эксплуатационные параметры**

9.1.1 Эквивалентная шуму разность температур (NETD)

NETD характеризует способность ИК-камеры определять разность температур. NETD — это значение температуры, соответствующее отношению сигнала к сигналу шума устройства (1). За исключением случая, когда выполняется обработка данных, невозможно измерить разность, равную NETD.

NETD изменяется в зависимости от настройки измерения, например (но не ограничивается ими):

a) температура объекта;

b) диапазон измерения;

c) время интегрирования (квантовые детекторы);

d) отсутствие или наличие усреднения данных.

9.1.2 Минимальная разрешимая разность температур (MRTD)

MRTD характеризует качество изображений, получаемых с помощью ИК-камер. Эта характеристика представляет собой способность объединенной системы ИК-камеры и наблюдателя определять небольшую разность температур малых структур (относительно всего поля изображения). Результаты MRTD-измерений сильно зависят от наблюдателя и, следовательно, являются субъективными.

9.1.3 Минимальная обнаружимая разность температур (MDTD)

MDTD характеризует качество изображений, получаемых с помощью ИК-камер. Эта характеристика представляет собой объединенную способность системы ИК-визуализации и наблюдателя обнаруживать тепловую мишень при определенной температуре и в неизвестном месте на обширном равномерном фоне с другой температурой. Результаты MDTD-измерений сильно зависят от наблюдателя и, следовательно, являются субъективными.

9.1.4 Поле зрения (FOV)

Поле зрения (FOV) — это угловые размеры наблюдаемого участка, который виден в любой данный момент. Поле зрения описывается углом конуса или углом пирамиды. Размер FOV непосредственно влияет на разрешение изображения: при одном и том же расстоянии чем больше FOV, тем больше поле наблюдения (размеры наблюдаемого участка). При одном и том же расстоянии, и одинаковом количестве элементов матрицы, чем больше FOV, тем ниже пространственное разрешение.

9.1.5 Мгновенное поле зрения (IFOV)

Мгновенное поле зрения (IFOV) - это угол, видимый одним элементом матрицы детекторов. Зависит от объектива и размера шага элементов матрицы.

9.1.6 Минимальное рабочее расстояние

Для откалиброванного прибора минимальное рабочее расстояние представляет собой наименьшее возможное расстояние между объективом и объектом, обеспечивающее визуализацию и точное измерение температуры. Несовершенства оптической системы, в том числе виньетирование, могут быть причиной того, что минимальное расстояние визуализации будет меньше минимального рабочего расстояния.

Для некалиброванного прибора минимальное рабочее расстояние представляет собой наименьшее возможное расстояние между объективом и объектом, что обеспечивает возможность получения четкого изображения.

9.1.7 Максимальный диапазон измерения температуры

Температурный диапазон — это интервал между самой низкой и самой высокой измеримыми температурами. Этот диапазон определяется для АЧТ (абсолютно черного тела, т. е. тела с излучательной способностью, равной 1). Общий температурный диапазон может состоять из нескольких поддиапазонов, которые в приборе можно настраивать отдельно. При использовании таких оптических компонентов, как спектральные фильтры, можно изменять температурный диапазон.

9.1.8 Единообразие измерений температуры

Единообразие при измерениях температуры описывает однородность отображаемого распределения температуры в случае однородного сигнала теплового излучения.

9.1.9 Рабочий диапазон температур

Рабочий диапазон температур — это предполагаемый диапазон температур окружающей среды для работы камеры.

**9.2 Встроенные функции**

9.2.1 Интерфейс цифрового ввода-вывода

Интерфейс цифрового ввода-вывода дает возможность вводить сигнал в ИК-систему или выводить его из ИК-системы. Как правило, входные сигналы используются для управления ИК-системой, а выходные — для аварийной сигнализации или привлечения внимания.

9.2.2 Интерфейс передачи данных

Интерфейс передачи данных обеспечивает передачу данных цифрового изображения в реальном масштабе времени на персональный компьютер или другое запоминающее устройство.

9.2.3 Интерфейс видеовыхода

Интерфейс видеовыхода обеспечивает передачу сигналов изображения на другие подходящие мониторы.

**10 Вспомогательные устройства и аксессуары**

**10.1 Инфракрасное зеркало**

ИК-зеркала представляют собой металлические зеркала, отражающие инфракрасное излучение. Обычно они используются для рассмотрения объектов или их частей, недоступных наблюдателю обычным способом.

**10.2 Ослабляющая пластина**

Для обеспечения соответствия динамическому диапазону детектора используется ослабляющая пластина, понижающая энергетическую яркость излучения, попадающего на детектор. Ослабляющая пластина расширяет диапазон измерения температур.

**10.3 Спектральные фильтры**

Спектральные фильтры ограничивают диапазон спектральной чувствительности ИК-камер. Они используются для приспособления камеры к определенным излучательным или поглощающим свойствам материала и/или для регулировки диапазона измерения температур.

**10.4 Штатив**

Необходимо использовать механизмы, предназначенные для предотвращения движения камеры во время съемки, такие как штатив, особенно при использовании алгоритмов улучшения изображения.

**10.5** **Контрольные образцы**

Контрольные образцы предназначены для калибровки ИК-системы и оценки результатов контроля.

Библиография

[1] ISO 6781:1983 Thermal insulation — Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes — Infrared method (Теплоизоляция — Качественное выявление теплотехнических нарушений в ограждающих конструкциях — Инфракрасный метод)

[2] ISO 10880:2017 Non-destructive testing — Infrared thermographic testing — General principles (Контроль неразрушающий — Инфракрасный термографический контроль — Общие принципы)

[3] ISO 18434-1:2008 Condition monitoring and diagnostics of machines — Thermography — Part 1: General procedures (Контроль состояния и диагностика машин — Термография — Часть 1: Общие методы)

[4] ISO 80000-5:2019 Quantities and units — Part 5: Thermodynamics (Величины и единицы — Часть 5: Термодинамика)

[5] ISO 80000-7:2019 Quantities and units — Part 7: Light (Величины и единицы — Часть 7: Свет)

[6] IEC 60068-2-1:2007 Environmental testing — Part 2-1: Tests — Test A: Cold (Испытания на воздействие внешних факторов — Часть 2-1: Испытания — Испытание А: Холод)

[7] IEC 60068-2-2:2007 Environmental testing — Part 2-2: Tests — Test B: Dry heat (Испытания на воздействие внешних факторов — Часть 2-2: Испытания — Испытание В: Сухое тепло)

[8] IEC 60068-2-6:2007 Environmental testing — Part 2-6: Tests — Test Fc: Vibration (sinusoidal) (Испытания на воздействие внешних факторов — Часть 2-6: Испытания — Испытание Fc: Вибрация (синусоидальная))

[9] IEC 60068-2-7:2007 Environmental testing — Part 2-27: Tests — Test Ea and guidance: Shock (Испытания на воздействие внешних факторов — Часть 2-27: Испытания — Испытание Еа и руководство: Одиночный удар)

[10] IEC 60068-2-78:2012 Environmental testing — Part 2-78: Tests — Test Cab: Damp heat, steady state (Испытания на воздействие внешних факторов — Часть 2-78: Испытания — Испытание Cab: Влажное тепло, постоянный режим)

[11] ASTM C 1060:2011 Standard practice for thermographic inspection of insulation installations in envelope cavities of frame buildings (Общепринятая практика теплового контроля установки теплоизоляции в ограждающих конструкциях зданий)

[12] ASTM C 1153:2010 Standard practice for location of wet insulation in roofing systems using infrared imaging (Стандартная практика на месте намокания утеплителя в кровельных системах с помощью инфракрасного тепловидения)

[13] ASTM E 1213:2014, Standard practice for minimum resolvable temperature difference for thermal imaging systems(Стандартная практика для минимально разрешимой разницы температур для тепловизионных систем)

[14] ASTM E 1311:2014 Standard practice for minimum detectable temperature difference for thermal imaging systems (Стандартная практика для минимально определяемой разницы температур для тепловизионных систем)

[15] ASTM E 1316:2017, Standard terminology for nondestructive examinations(Стандартная терминология для неразрушающих испытаний)

[16] ASTM E 1543:2014 Standard test method for noise equivalent temperature difference of thermal imaging systems (Стандартный метод испытаний для шумовой эквивалентной разности температур тепловизионных систем)

[17] ASTM E 1897:2014 Standard practice for measuring and compensating for transmittance of an attenuating medium using infrared imaging radiometers (Стандартная практика измерения и компенсации коэффициента пропускания ослабляющей среды с использованием инфракрасных радиометров)

[18] ASTM E 1933:2014 Standard practice for measuring and compensating for emissivity using infrared imaging radiometers (Стандартная практика измерения и компенсации излучательной способности с помощью инфракрасных радиометров)

[19] ASTM E 1934:2014 Standard guide for examining electrical and mechanical equipment with infrared thermography (Стандартное руководство по осмотру электрического и механического оборудования с инфракрасной термографией)

[20] NDIS 3005 Glossary of standard terms for nondestructive testing by infrared thermography (Глоссарий стандартных условий для неразрушающего контроля с помощью инфракрасной термографии)

[21] NF A09-400:1991 Non destructive testing — Infrared thermography —Vocabulary concerning the designation of the equipment (Неразрушающий контроль. Инфракрасная термография. Словарь по обозначению оборудования)

[22] NF A09-420:1993 Non destructive testing — Infrared thermography — Characterization of equipment (Неразрушающий контроль. Инфракрасная термография. Характеристика оборудования)

[23] NF A09-421:1993 Non destructive testing — Infrared thermography — Methods for characterization of equipment (Неразрушающий контроль. Инфракрасная термография. Методы определения характеристик оборудования)

[24] GB/T 19870:2005 Industrial inspecting thermal imager(Промышленный инспекционный тепловизор)

[25] DIN 54190-1:2004 Non-destructive testing — Thermographic testing — Part 1: General principles (Неразрушающий контроль - Термографическое испытание - Часть 1: Общие принципы)

[26] DIN 54190-2:2011 Non-destructive testing — Thermographic testing — Part 2: Equipment(Неразрушающий контроль - Термографическое испытание - Часть 2: Оборудование)

**УДК 620.179.11:006.034 МКС 19.100, 25.160.40 (IDT)**

**Ключевые слова:** контроль неразрушающий, термографический контроль, термография, инфракрасная камера, тепловое изображение, термостимуляция.