

FLUKE


Тепловизоры Fluke

Применение тепловизоров Fluke для диагностики зданий

Александр Бардаков

Технический специалист Fluke CIS

Thermal Imaging
MADE EASY.



FLUKE

План семинара

- Введение. Условия проведения обследования. Факторы, которые мешают.
- Виды дефектов, которые можно выявить.
- Основы диагностики зданий. Практические рекомендации.
- Приборы Fluke для диагностики зданий.
- Заключение. Вопросы и ответы.

Thermal Imaging
MADE EASY.

2

FLUKE

Часть 1. Введение

- Что такое инфракрасное излучение
- Принципы работы тепловизоров
- Механизмы передачи тепла
- Потери тепла в зданиях
- Качественное и количественное обследование

Thermal Imaging
MADE EASY.

3

Контроль качества

FLUKE

- Здания, как и другое оборудование, такое, как самолеты, подстанции или автомобили, нуждаются в контроле качества во время возведения и эксплуатации.
- Тепловидение лучше всего позволяет визуализировать и указать на множество проблем с качеством, связанных с потерями тепла и снижением комфорта в жилых и коммерческих зданиях.

Thermal Imaging
MADE EASY.

4

Что такое инфракрасное излучение?

FLUKE

- Инфракрасное излучение невозможно увидеть глазами (но можно почувствовать кожей)
- Все объекты испускают инфракрасное излучение
- Поток излучения растет с увеличением температуры
- Тепловизор преобразовывает «инфракрасное изображение» в видимое изображение
- Тепловидение позволяет «увидеть» то, что обычно является невидимым.

Видимое изображение

То же самое изображение в ИК

Thermal Imaging
MADE EASY.

5

Инфракрасная система

FLUKE

Thermal Imaging
MADE EASY.

6

2

FLUKE

Что важно знать:

- Мы измеряем только температуры ПОВЕРХНОСТИ
- Коэффициент излучения: блестящие поверхности могут отражать излучение
- Ветер так же может повлиять на измерения (фактор охлаждения за счет ветра)

Thermal Imaging
MADE EASY.

7

FLUKE

Три механизма переноса тепловой энергии

Теплопроводность

Контактный поток тепла:
* Твердые тела *

Конвекция

Конвективный тепловой поток:
* Жидкости и газы *

Излучение

Лучистый тепловой поток:
Электромагнитное излучение

Thermal Imaging
MADE EASY.

8

FLUKE

Потери тепла в зданиях

- Можно ли рассчитать потери тепла через ограждающие конструкции на основе данных тепловых изображений?

Thermal Imaging
MADE EASY.

9

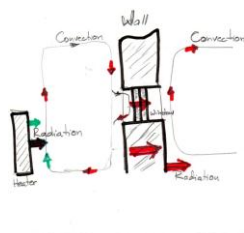
3

Потери тепла через ограждающие конструкции

FLUKE

Потери тепла через ограждающие конструкции состоят из:

- Тепла, проходящего через стены, окна, двери, крыши, полы (очень небольшое количество)
- Потери на излучение, которые может «видеть» тепловизор.
- Конвективные потери, которые возрастают при увеличении скорости ветра



Thermal Imaging
MADE EASY

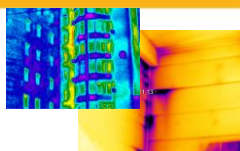
10

Качественное и количественное обследование

FLUKE

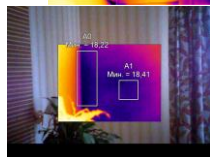
Качественное обследование

- Для того, чтобы увидеть проблему, нет необходимости знать температуру
- Нет необходимости регулировать коэффициент излучения
- Интуитивное обследование
- Легко увидеть отличия от нормального состояния



Количественное обследование

- Требуется радиометрических значений (температуры)
- Возможность произвести сравнение с установленными допусками
- Позволяет выявить даже небольшие отклонения
- Измерения необходимо производить при известных условиях (нагрузка, параметры атмосферы)



Thermal Imaging
MADE EASY

11

Часть 2. Условия проведения обследования. Факторы, которые мешают

FLUKE

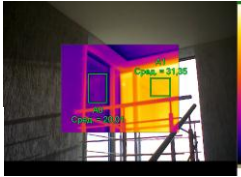
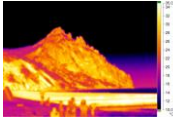
- Влияние солнечного излучения
- Влияние ветра
- Влияние осадков
- Тепловая инерция
- Перепад температур внутри и снаружи здания

Thermal Imaging
MADE EASY

12

Влияние солнечного излучения

FLUKE



Thermal Imaging
MADE EASY

13

Влияние ветра

FLUKE

- Ветер может значительно снизить температуру поверхности
- Приближенные оценки
 - Ветер 5 м/с может уменьшить перепад температур приблизительно на 1/2
 - Ветер 7,5 м/с может уменьшить перепад температур приблизительно на 2/3
- Производить обследование кровель для поиска скрытой влаги очень трудно при наличии ветра



Thermal Imaging
MADE EASY

14

Влияние осадков

FLUKE

- Дождь может привести к увлажнению поверхностей, из-за чего тепловые изображения могут быть искажены
- Дождь, туман в атмосфере приводят к поглощению инфракрасного излучения, которое попадает на тепловизор, в результате измеренные значения температур будут заниженными, четкость рисунков падает, а в отдельных случаях обследование становится невозможным.

Thermal Imaging
MADE EASY

15

Тепловая инерция и перепад температур внутри и снаружи помещения

- Тепловая инерция связана с большой массой и теплоемкостью зданий .
- Явление тепловой инерции заключается в том, что при быстрых изменениях температуры внутри или снаружи здания, температуры на поверхности могут меняться не сразу.
- Так, например, при резком потеплении после длительных морозов, еще несколько часов на поверхности зданий может наблюдаться отрицательная температура



Thermal Imaging
MADE EASY.

16

Оптимальные условия для обследования

- Пасмурная погода
- Без осадков (отсутствие снега, дождя, тумана)
- Отсутствие ветра или средняя скорость ветра не более 1-2 м/с
- Перепад температур внутри помещения и снаружи не менее 10 °С для тепловизора с температурной чувствительностью 0,1 °С
- Температура на улице и в здании не менялась на протяжении минимум 12 часов перед проведением обследования

Thermal Imaging
MADE EASY.

17

Перепад температур снаружи и внутри здания

$$\Delta t_{min} = 2\Delta\theta R_n^0 \frac{\alpha \cdot r}{1-r}, \text{ где}$$

- $\Delta\theta$ – предел температурной чувствительности тепловизора
- R_n^0 – проектная величина сопротивления теплопередаче
- α – коэффициент теплоотдачи поверхности
- r – относительное сопротивление теплопередаче подлежащего выявлению дефектного участка

Для примера возьмем значение величины $R_n^0 = 3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$; $r = 0,5$
 α для внутренней поверхности стен $8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$, для наружной поверхности стен $20 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$

Примеры для тепловизоров Fluke:

Fluke Ti125: $\Delta\theta = 0,1 \text{ °С}$
 $\Delta t_{min} = 2 \cdot 0,1 \cdot 3 \cdot (8,7 \cdot 0,5) / (1 - 0,5) = 5,2 \text{ °С}$
для осмотра изнутри
 $\Delta t_{min} = 2 \cdot 0,1 \cdot 3 \cdot (20 \cdot 0,5) / (1 - 0,5) = 12 \text{ °С}$
для осмотра снаружи

Fluke Ti32: $\Delta\theta = 0,045 \text{ °С}$
 $\Delta t_{min} = 2 \cdot 0,045 \cdot 3 \cdot (8,7 \cdot 0,5) / (1 - 0,5) = 2,4 \text{ °С}$
для осмотра изнутри
 $\Delta t_{min} = 2 \cdot 0,045 \cdot 3 \cdot (20 \cdot 0,5) / (1 - 0,5) = 5,4 \text{ °С}$
для осмотра снаружи

Thermal Imaging
MADE EASY.

ГОСТ Р 54852-2011

18

6

Расстояние проведения обследования

FLUKE

$$L \leq \frac{H}{5\Delta\varphi}$$
 где

$\Delta\varphi$ – мгновенное поле зрения тепловизора

H для внутренней поверхности можно принять от 0,01 до 0,2 м

для наружной поверхности от 0,2 до 1 м

Примеры для тепловизоров Fluke:

Fluke Ti125: $\Delta\varphi = 3,39$ мрад

$L \leq 0,2/(5 \cdot 0,0039) = 10$ м

для площадки 0,2 м

$L \leq 1/(5 \cdot 0,0039) = 51$ м

для площадки 1 м

Fluke Ti32: $\Delta\varphi = 1,25$ мрад

$L \leq 0,2/(5 \cdot 0,00125) = 32$ м

для площадки 0,2 м

$L \leq 1/(5 \cdot 0,00125) = 160$ м

для площадки 1 м

ГОСТ Р 54852-2011

Thermal Imaging
MADE EASY

19

Часть 3. Виды дефектов, которые можно выявить

FLUKE

- Проблемы с теплоизоляцией
- Мостики тепла/холода
- Инфильтрация воздуха
- Конденсация и влага


Thermal Imaging
MADE EASY

20


Проблемы с теплоизоляцией

FLUKE

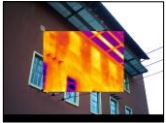
• Типичные причины проблем с теплоизоляцией:



Отсутствие



Слеживание



Недостаток



Влага

Thermal Imaging
MADE EASY

21

7

Технология Fluke IR Fusion® может помочь указать и зарегистрировать проблему

FLUKE

- Технология Fluke IR Fusion может указать точно место проблем с теплоизоляцией.
- С использованием цветовой сигнализации IR Fusion проблемы с теплоизоляцией проявляют себя явным образом

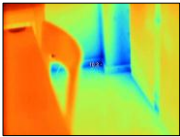


Thermal Imaging
MADE EASY.

22

Мостики тепла/холода

FLUKE



Thermal Imaging
MADE EASY.

23

Как тепловизор Fluke выявляет мостики тепла

FLUKE

- Небольшие разности температур величиной 2-3 °C легко увидеть
- Снаружи здания или
 - Предпочтительнее изнутри



Thermal Imaging
MADE EASY.

24

Инфильтрация воздуха Воздушные течи

FLUKE

Thermal Imaging
MADE EASY

25

Типичные источники воздушных течей

Источники воздушных течей в зданиях

1. Подвесные потолки
2. Встроенные светильники
3. Выход на чердак
4. Пороги
5. Водопроводы и газопроводы
6. Все воздушные каналы
7. Дверные рамы
8. Дымовые трубы
9. Оконные рамы
10. Электрические розетки и выключатели
11. Канализация и ревизии

http://www1.eere.energy.gov/consumer/tips/air_leaks.html

FLUKE

Влияние воздушных течей

- Неправильное распределение воздуха значительно ухудшает целостность и эффективность ограждающих конструкций здания, и таким образом вносит основной вклад в энергопотребление здания, а так же низкое качество воздуха
- Последствия воздушных течей:
 - Потребление энергии
 - Неэффективность работы термостатов
 - Комфорт жильцов
 - Качество воздуха
 - Проблемы с безопасностью

В соответствии со стандартом экономичного энергопотребления «Energy Star» - "герметизация и теплоизоляция ограждающих конструкций" или «теплового барьера» вашего дома — его наружных стен, перекрытий, окон, дверей и полов — зачастую является самым эффективным по затратам способом повышения энергоэффективности и комфорта."

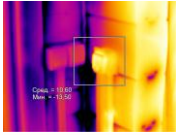
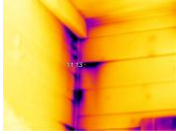
FLUKE

9

Пример

FLUKE

- При обследовании в коттедже было выявлено множество воздушных течей, которые приводили к значительным потерям тепла.
- Кроме того, одна из воздушных течей находилась как раз возле датчика температуры системы отопления. В результате система практически никогда не отключалась, поскольку температура на датчике всегда была слишком низкой.



Thermal Imaging
MADE EASY.

28

Как тепловизор Fluke поможет обнаружить воздушные течи?

FLUKE

- Тепловизоры Fluke могут показать места инфильтрации / эксфильтрации воздуха, которые невозможно увидеть невооруженным глазом
- Тепловизоры Fluke могут указать на ключевые признаки потенциальных проблем и дефектов строительных конструкций
 - Места тепловых потерь
 - Отсутствующая/слежавшаяся теплоизоляция



Потери тепла между полом и перекрытием

Thermal Imaging
MADE EASY.

29

Использование аэродвери

FLUKE

- Создание разности давления путем нагнетания в/удаления воздуха из здания
- Проверка герметизации говорит о том, насколько герметичным является здания
- Тепловидение позволяет определить в каком месте существуют проблемы с герметизацией





Thermal Imaging
MADE EASY.

30

Использование аэродвери в сочетании с тепловидением FLUKE становится более эффективной

При проведении тепловизионного обследования аэродверь позволяет выявить больше

Проблемные зоны особенно проявляются при использовании аэродвери

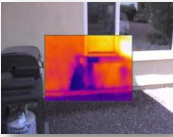



Thermal Imaging
MADE EASY.

31

Конденсация и влага FLUKE.

Обнаружение влаги

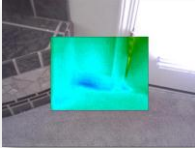


Thermal Imaging
MADE EASY.

32

Как тепловизоры Fluke могут обнаружить влагу? FLUKE.

- Содержащаяся в материалах вода нагревается/охлаждается со скоростью отличающейся от окружающих материалов
- Разности температур легко обнаружить с помощью тепловизора Fluke



Thermal Imaging
MADE EASY.

33

Объединение видимого и
инфракрасного изображения

FLUKE

С помощью Fluke IR Fusion® и
цветовой сигнализации проблемные
зоны просто выявить на видимом
изображении



Thermal Imaging
MADE EASY

34

Часть 4. Основы диагностики зданий.
Практические рекомендации

FLUKE

Снаружи или изнутри?
Откуда начинать осмотр?
Фокусировка
Идентификация
Автоматический и ручной режим
Обработка результатов

Thermal Imaging
MADE EASY

35

Откуда начинать осмотр?

FLUKE

Перед началом осмотра необходимо
ознакомиться с планом расположения
помещений и попросить у владельца план этажа
или поэтажный план здания, либо быстро
набросать соответствующий план от руки, чтобы
затем при составлении отчета можно было
просто указать, какие тепловые изображения в
каком помещении были сделаны.

Место начала осмотра не имеет
принципиального значения.

Главное, чтобы обследование выполнялось
последовательно и не было пропущено ни одно
помещение.

Некоторые термографисты предпочитают
начинать осмотр с верхнего этажа по
направлению в низ, а на каждом этаже
выполняют осмотр помещений начиная с левой
стороны от лестничного проема, в направлении
по часовой стрелке



Thermal Imaging
MADE EASY

36

12

Фокусировка

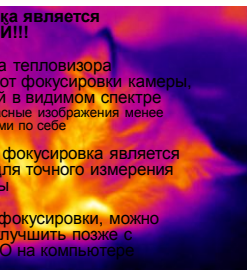
FLUKE

Фокусировка является КРИТИЧНОЙ!!!

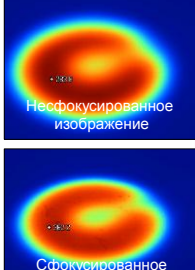
Фокусировка тепловизора отличается от фокусировки камеры, работающей в видимом спектре. Инфракрасные изображения менее четкие сами по себе.

Наилучшая фокусировка является критичной для точного измерения температуры.

Все, кроме фокусировки, можно исправить/улучшить позже с помощью ПО на компьютере.



Несфокусированное изображение



Сфокусированное изображение

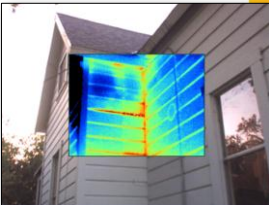
Thermal Imaging
MADE EASY.

37

Как получить наилучшую фокусировку

FLUKE

- Необходимо искать края
- Тепловизор необходимо держать неподвижно
- Использование IR-Fusion®: сфокусированное инфракрасное и видимое изображение совпадают
- Некоторым легче получить наилучшие результаты при использовании серой палитры

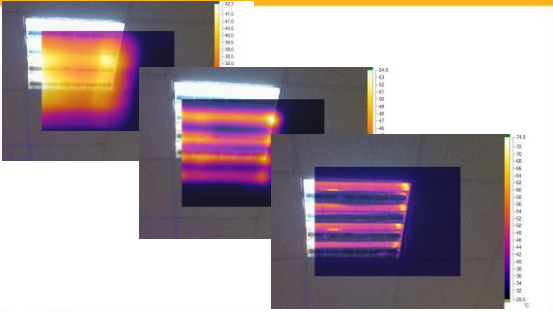


Thermal Imaging
MADE EASY.

38

Использование IR Fusion для фокусировки

FLUKE



Thermal Imaging
Fluke Academy

39

13

IR-Optiflex™ – забудьте про фокусировку!

FLUKE

Система фокусировки IR-Optiflex™

- Сочетание простоты работы без фокусировки (с фиксированным фокусом) и гибкости ручной фокусировки
- Система без фокусировки IR-Optiflex™ обеспечивает необходимую фокусировку тепловизора с расстояния 1,2м и дальше
- Переключение в режим ручной фокусировки для съемки с близкого расстояния

Обследование выполняется значительно быстрее и при этом изображение всегда будет гарантированно иметь идеальную фокусировку

One-touch operation

The IR-Optiflex™ focus system allows you to easily switch between focus-free and manual focus with one finger.



С расстояния 1,2м и дальше четкий фокус

Плюс, можно воспользоваться ручной фокусировкой для съемки с близкого расстояния

Идентификация

FLUKE

Для того, чтобы облегчить идентификацию места съемки, в тепловизорах Fluke предусмотрены следующие функции:

- регистрация видимого изображения одновременно с инфракрасным
- возможность записи голосового комментария с каждым изображением
- наложение инфракрасного изображения на видимое с точным пиксельным совмещением изображений, с возможностью использования цветовой сигнализации и возможностью сделать ИК изображение полупрозрачным, чтобы было видно, в каких условиях выполнена съемка



Fluke IR-Fusion®

FLUKE

- Объединяет видимое и инфракрасное изображение
- Дает простое обозначение проблемных зон
- Более эффективное создание отчетов

IR-Fusion



14

Режимы просмотра IR-Fusion

FLUKE



Традиционное ИК изображение



Кадр в кадре – ИК



Цветовая сигнализация



Смешивание ИК/ Видимого изображения



Кадр в кадре блэндинг



Только видимое изображение

*Не все режимы просмотра доступны на всех моделях тепловизоров, но все доступны в программном обеспечении

Thermal Imaging
MADE EASY

43

Выбор палитры

FLUKE



Серая



Серая инвертированная



Горячий металл



Сине-красная



Высокий контраст



Цвета побежалости



Янтарная



Янтарная инвертированная

Thermal Imaging
MADE EASY

44

Обработка результатов

FLUKE



Thermal Imaging
MADE EASY

45

15

FLUKE

Что должен содержать отчет?

- Описание обследования, ссылки на методики и стандарты, адрес объекта
- Тип обследования: наружное или внутреннее, качественное или количественное
- Краткое описание конструкции здания
- Типы материалов поверхности и расчетное сопротивление теплопередаче
- Описание используемого оборудования, перечень вспомогательного оборудования, ПО для обработки и анализа термограмм
- Дату и время проведения обследования
- Информацию о погодных условиях
- Перепад давления снаружи и внутри здания
- Температура наружного воздуха и воздуха внутри здания
- Результаты дополнительных измерений и расчетов
- Термограммы с эскизами и фотографиями, с описанием местоположения термограмм, выделенными реперными и дефектными участками, результаты анализа термограмм.

Thermal Imaging
MADE EASY

46

FLUKE

ПО Fluke SmartView™

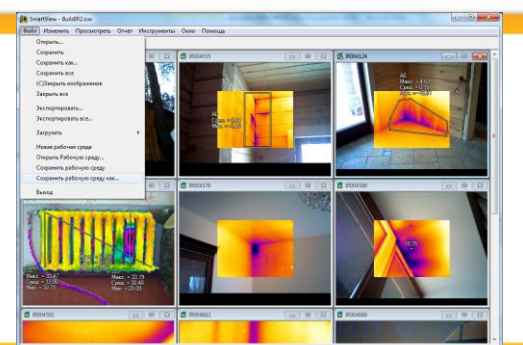
- Бесплатное
- Установка на неограниченном количестве компьютеров
- Бесплатные обновления
- Простота использования
- Расширяет функциональность тепловизора
- Упрощает анализ и создание отчетов

Thermal Imaging
MADE EASY

47

FLUKE

Рабочая среда и ее сохранение



Thermal Imaging
MADE EASY

Fluke Academy

48

16

Вкладка анализа

Оптимизация изображения – органы управления

FLUKE

Выбор палитры

Цветовая сигнализация

Маркеры по умолчанию

Коэффициент излучения и температура фона

Настройка уровня

Thermal Imaging

MADE EASY

Построение профиля вдоль линии

FLUKE

Fluke Academy

50

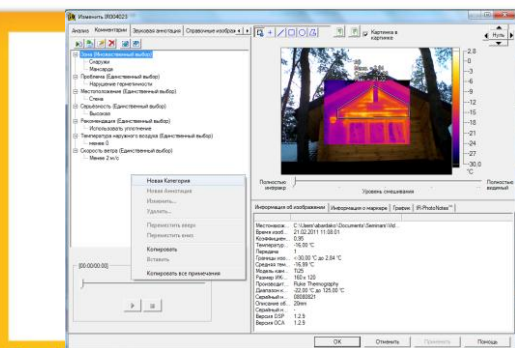
50

Построение трехмерного профиля температур

FLUKE

51

Добавление аннотаций и комментариев



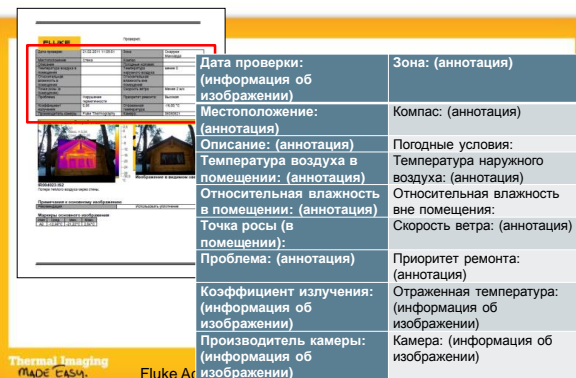
Thermal Imaging
MADE EASY.

Fluke Academy

52

52

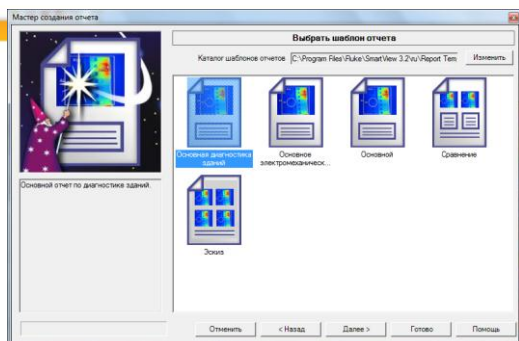
Аннотации в шаблоне для диагностики зданий



Thermal Imaging
MADE EASY.

Fluke Ac

Мастер отчетов. Выбор шаблона



Thermal Imaging
MADE EASY.

Fluke Academy

54

54

ДЛЯ **LUKE.**



55

55

FLUKE.



56

56

FLUKE.

Thermal Imaging
MADE EASY.

57

Внешний вид отчета

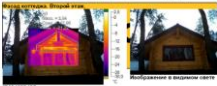
FLUKE

FLUKE

Проект:

Дата съемки	27.03.2017 11:05:51	Время	11:05:51
Пользователь	С.В.В.	Пользователь	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.

Тепловизионная съемка



Тепловизионная съемка

Параметры съемки


Диапазон температур	-20...600
Чувствительность	0,045
Поле зрения	23x17
IFOV	1,25
IR-Fusion	+
Цветовая сигнализация	Перегрев

FLUKE

Проект:

Дата съемки	28.03.2017 10:00:00	Время	10:00:00
Пользователь	С.В.В.	Пользователь	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.
Адрес объекта	С.В.В.	Адрес объекта	С.В.В.

Тепловизионная съемка



Тепловизионная съемка

Параметры съемки

Диапазон температур	-20...600
Чувствительность	0,045
Поле зрения	23x17
IFOV	1,25
IR-Fusion	+
Цветовая сигнализация	Перегрев


Fluke Academy

58

Тепловизоры Fluke P3 для диагностики зданий

FLUKE

Модель	Ti32	Ti29	Ti27	TiR32	TiR29	TiR27
Приемник излучения	320x240	280x210	240x180	320x240	280x210	240x180
Диапазон температур	-20...600	-20...600	-20...600	-20...150	-20...150	-20...150
Чувствит., K	0,045	0,045	0,045	0,040	0,040	0,040
Поле зрения, °	23x17	23x17	23x17	23x17	23x17	23x17
IFOV, мрад	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
IR-Fusion	+	+	+	+	+	+
Цветовая сигнализация	Перегрев	Перегрев	Перегрев	Точка росы	Точка	Точка



Thermal Imaging


MADE IN CHINA

59

Тепловизоры Fluke Ti1XX для диагностики зданий

FLUKE

Модель	Ti125	Ti110	Ti105	TiR125	TiR110	TiR105
Приемник излучения	160x120					
Диапазон температур	-20...350	-20...250	-20...250	-20...150		
Чувствительность	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,08
Поле зрения, °	22,5x31	22,5x31	22,5x31	22,5x31	22,5x31	22,5x31
IFOV, мрад	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
IR-Fusion	+	+	Кадр в кадре	+	+	Кадр в кадре
Цветовая сигнализация	Перегрев, точка росы	Перегрев	Перегрев	Перегрев, точка росы	Точка росы	Точка росы



Thermal Imaging

MADE IN CHINA

60

20

Часть 5. Заключение. Вопросы и ответы

FLUKE

- Ссылки
 - EN 13187. Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method
 - ГОСТ 26629-85. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций
 - ГОСТ 26253-84. Здания и сооружения. Метод определения теплоустойчивости ограждающих конструкций
 - ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
 - ГОСТ 25380-82. Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции
 - ГОСТ Р 54852-2011. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. (EN 13187:1999)
 - ISO 6781:1983 - Thermal insulation -- Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes -- Infrared method

Thermal Imaging
MADE EASY.

61

Спасибо!

FLUKE



Посетите www.fluke.ru/ti

Thermal Imaging
MADE EASY.

62
