FLUKE.

Тепловизоры Fluke

Применение тепловизоров Fluke для диагностики зданий

Александр Бардаков

Технический специалист Fluke CIS

Thermal Imaging MADE EASY.

План семинара

FLUKE.

- 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.

Часть 1. Введение

FLUKE.

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

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.

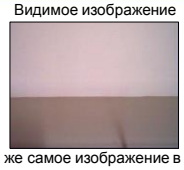
4

Что такое инфракрасное излучение?

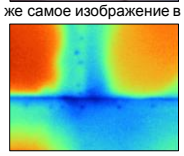
FLUKE.

- 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

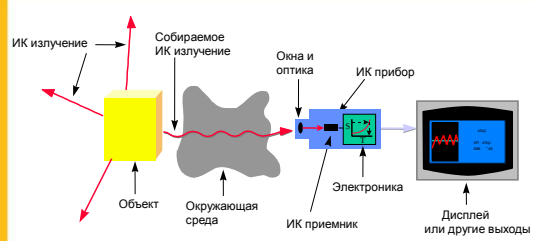


Thermal Imaging MADE EASY.

5

Инфракрасная система

FLUKE.

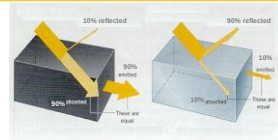


Thermal Imaging MADE EASY.

6

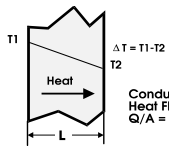
Что важно знать:

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

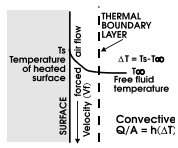


Три механизма переноса тепловой энергии

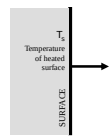
Теплопроводность



Конвекция



Излучение



Контактный поток тепла:

* Твердые тела *

Конвективный тепловой поток:

* Жидкости и газы *

Лучистый тепловой поток:

Электромагнитное излучение

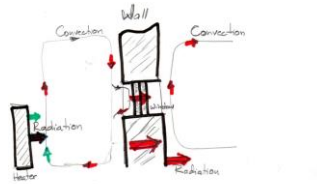
Потери тепла в зданиях

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

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

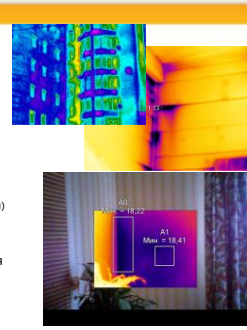
FLUKE.

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

- Требует 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

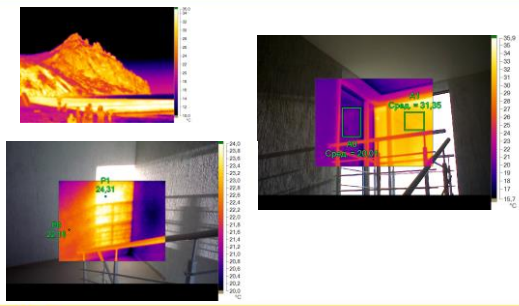
FLUKE.

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

Thermal Imaging MADE EASY.

12

Влияние солнечного излучения



Влияние ветра

- 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

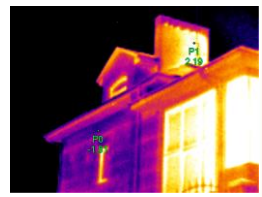
Влияние осадков

- 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.

Тепловая инерция и перепад температур внутри и снаружи помещения

FLUKE.

- 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

FLUKE.

- 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 °C для тепловизора с температурной чувствительностью 0,1 °C
- Температура на улице и в здании не менялась на протяжение минимум 12 часов перед проведением обследования

Thermal Imaging MADE EASY.

17

Перепад температур снаружи и внутри здания

FLUKE.

$$\Delta t_{min} = 2\Delta\theta R^n_0 \frac{\alpha \cdot r}{1-r},$$ где

- Δθ – предел температурной чувствительности тепловизора
- R_0^n – проектная величина сопротивления теплопередаче
- α – коэффициент теплоотдачи поверхности
- r – относительное сопротивление теплопередаче подлежащего выявлению дефектного участка

Для примера возьмем значение величины R_0^n = 3,0 м²·°C/Вт, r = 0,5
α для внутренней поверхности стен 8,7 Вт/(м²·°C), для наружной поверхности стен 20 Вт/(м²·°C)

Примеры для тепловизоров Fluke:

Fluke Ti125: Δθ = 0,1 °C
Δt_{min} = 2·0,1·3·(8,7·0,5)/(1-0,5) = 5,2 °C для осмотра изнутри
Δt_{min} = 2·0,1·3·(20·0,5)/(1-0,5) = 12 °C для осмотра снаружи

Fluke Ti32: Δθ = 0,045 °C
Δt_{min} = 2·0,045·3·(8,7·0,5)/(1-0,5) = 2,4 °C для осмотра изнутри
Δt_{min} = 2·0,045·3·(20·0,5)/(1-0,5) = 5,4 °C для осмотра снаружи

ГОСТ Р 54852-2011

Thermal Imaging MADE EASY.

18

Расстояние проведения обследования

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

Δφ – 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: Δφ = 3,39 мрад
L ≤ 0,2/(5·0,0039) = 10 м
для площадки 0,2 м
L ≤ 1/(5·0,0039) = 51 м
для площадки 1 м

Fluke Ti32: Δφ = 1,25 мрад
L ≤ 0,2/(5·0,00125) = 32 м
для площадки 0,2 м
L ≤ 1/(5·0,00125) = 160 м
для площадки 1 м

ГОСТ Р 54852-2011

Часть 3. Виды дефектов, которые можно выявить

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

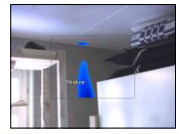
Проблемы с теплоизоляцией

- Типичные причины проблем с теплоизоляцией:

Отсутствие

Слеживание

Недостаток

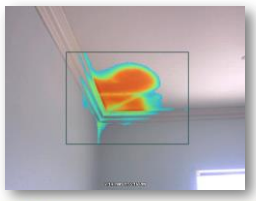


Влага

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

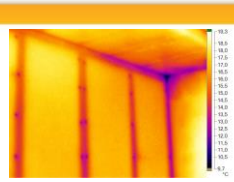


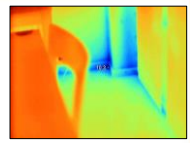
Thermal Imaging MADE EASY.

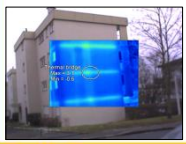
22

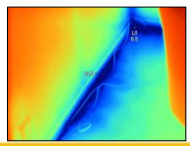
Мостики тепла/холода

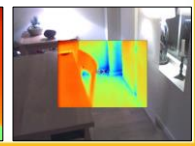
FLUKE.











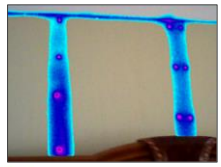
Thermal Imaging MADE EASY.

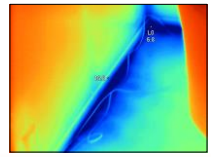
23

Как тепловизор Fluke выявляет мостики тепла

FLUKE.

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

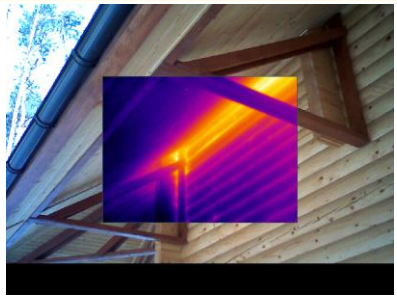




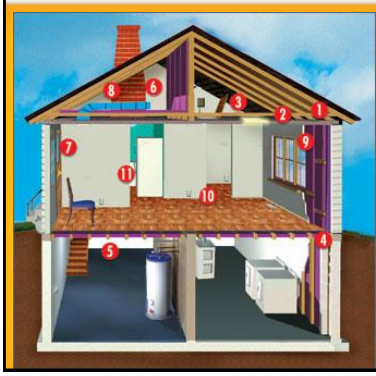
Thermal Imaging MADE EASY.

24

Инфильтрация воздуха
Воздушные течи



Типичные источники воздушных течей



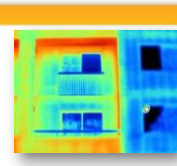
Источники воздушных течей в зданиях

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

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

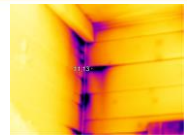


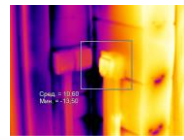
[В соответствии со стандартом экономичного энергопотребления «Energy Star»] - "герметизация и теплоизоляция «ограждающих конструкций» или «теплового барьера» вашего дома — его наружных стен, перекрытий, окон, дверей и полов – зачастую является самым эффективным по затратам способом повышения энергоэффективности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

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.





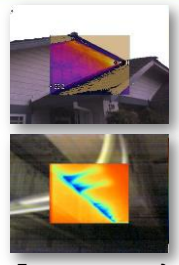
Thermal Imaging MADE EASY.

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

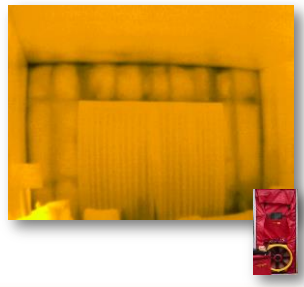
Thermal Imaging MADE EASY.

30

Использование аэродвери в сочетании с тепловидением становится более эффективной

При проведении тепловизионного обследования аэродверь позволяет выявить больше

Проблемные зоны особенно проявляются при использовании аэродвери

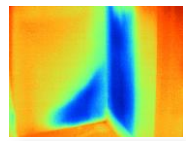


Thermal Imaging MADE EASY.

31

Конденсация и влага

Обнаружение влаги

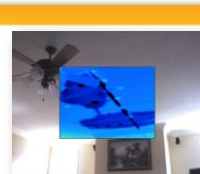


Thermal Imaging MADE EASY.

32

Как тепловизоры Fluke могут обнаружить влагу?

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



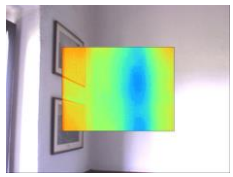
Thermal Imaging MADE EASY.

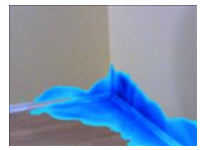
33

Объединение видимого и инфракрасного изображения

FLUKE.

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





Часть 4. Основы диагностики зданий. Практические рекомендации

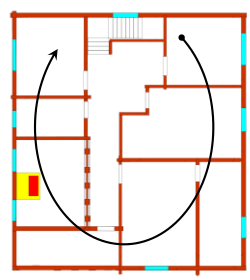
FLUKE.

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

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



Фокусировка

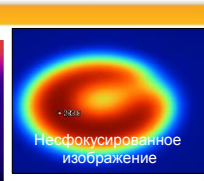
Фокусировка является КРИТИЧНОЙ!!!

Фокусировка тепловизора отличается от фокусировки камеры, работающей в видимом спектре

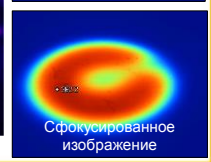
- Инфракрасные изображения менее четкие сами по себе

Наилучшая фокусировка является критичной для точного измерения температуры

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



Несфокусированное изображение



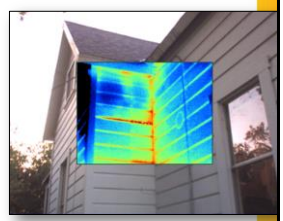
Сфокусированное изображение

Thermal Imaging MADE EASY.

37

Как получить наилучшую фокусировку

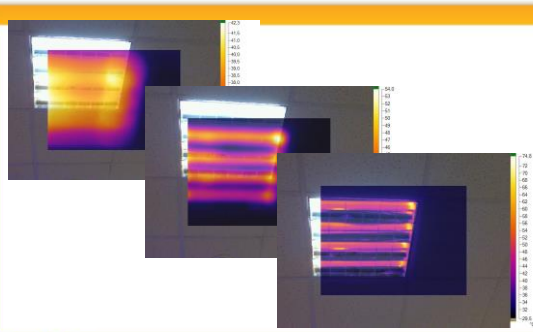
- Необходимо искать края
- Тепловизор необходимо держать неподвижно
- Использование IR-Fusion®: сфокусированное инфракрасное и видимое изображение совпадают
- Некоторым легче получить наилучшие результаты при использовании серой палитры



Thermal Imaging MADE EASY.

38

Использование IR Fusion для фокусировки



Thermal Imaging MADE EASY.

39

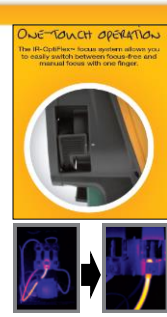
IR-Optiflex™ – забудьте про фокусировку!

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



С расстояний 1,2м всегда четкий фокус

Плюс имеется возможность ручной фокусировки для съемки с близкого расстояния

Thermal Imaging MADE EASY.

40

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 попиксельным совмещением изображений, с возможностью использования цветовой сигнализации и возможностью сделать ИК изображение полупрозрачным, чтобы было видно, в каких условиях выполнена съемка

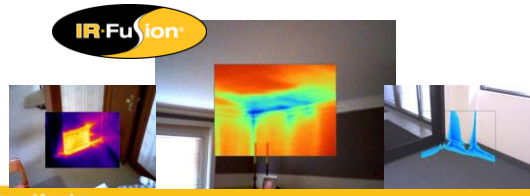
Thermal Imaging MADE EASY.

41

Fluke IR-Fusion®

FLUKE.

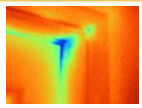
- Объединяет видимое и инфракрасное изображение
- Дает простое обозначение проблемных зон
- Более эффективное создание отчетов

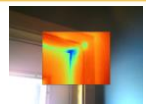


Thermal Imaging MADE EASY.

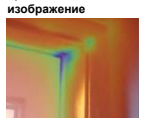
42

Режимы просмотра IR-Fusion

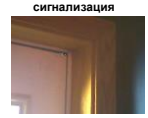

Традиционное ИК изображение


Кадр в кадре – ИК

Цветовая сигнализация


Смешивание ИК/ Видимого изображения

Кадр в кадре блендинг

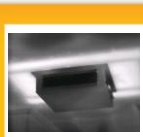

Только видимое изображение

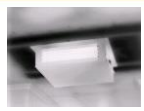
*Не все режимы просмотра доступны на всех моделях тепловизоров, но все доступны в программном обеспечении

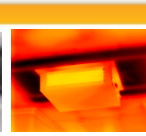
Thermal Imaging MADE EASY.

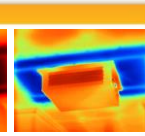
43

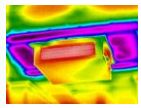
Выбор палитры

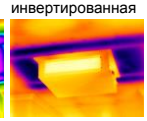

Серая

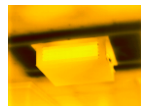

Серая инвертированная

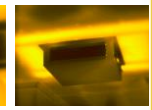

Горячий металл


Сине-красная


Высокий контраст


Цвета побежалости


Янтарная


Янтарная инвертированная

Thermal Imaging MADE EASY.

44

Стандарты

- 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.

45