

**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?

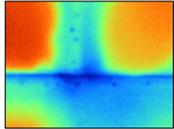
FLUKE

- 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

---

---

---

---

---

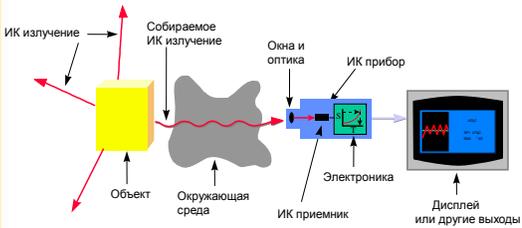
---

---

---

## Инфракрасная система

FLUKE



Thermal Imaging  
MADE EASY

6

---

---

---

---

---

---

---

---

## Что важно знать:

FLUKE

- 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

---

---

---

---

---

---

---

---

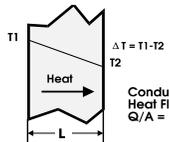
---

---

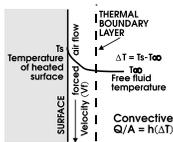
## Три механизма переноса тепловой энергии

FLUKE

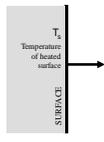
Теплопроводность



Конвекция



Излучение



Thermal Imaging  
MADE EASY

8

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Потери тепла в зданиях

FLUKE



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

Thermal Imaging  
MADE EASY

9

---

---

---

---

---

---

---

---

---

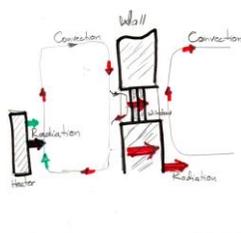
---

## 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

---

---

---

---

---

---

---

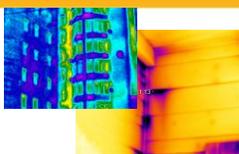
---

## Качественное и количественное обследование

FLUKE

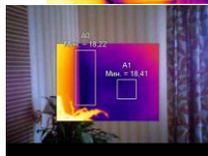
### Качественное обследование

- 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

---

---

---

---

---

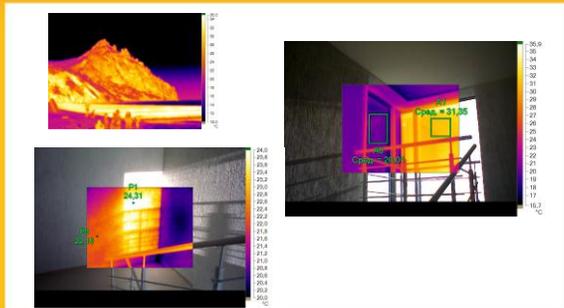
---

---

---

## Влияние солнечного излучения

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

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 IN CHINA

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 °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 IN CHINA

17

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Перепад температур снаружи и внутри здания

FLUKE

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

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

Для примера возьмем значение величины  $R_0^n = 3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ ,  $r = 0,5$   
 $\alpha$  для внутренней поверхности стен  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ , для наружной поверхности стен  $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$

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 IN CHINA

18

ГОСТ Р 54852-2011

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Расстояние проведения обследования** **FLUKE**

$L \leq \frac{H}{5\Delta\phi}$  где

$\Delta\phi$  – 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: $\Delta\phi = 3,39$ 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: $\Delta\phi = 1,25$ 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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Часть 3. Виды дефектов, которые можно выявить** **FLUKE**

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

Thermal Imaging  
MADE EASY

---

---

---

---

---

---

---

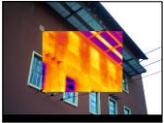
---

---

---

**Проблемы с теплоизоляцией** **FLUKE**

• Типичные причины проблем с теплоизоляцией:

	← Отсутствие	
	→ Слеживание	
	← Недостаток	
	→ Влага	

Thermal Imaging  
MADE EASY

---

---

---

---

---

---

---

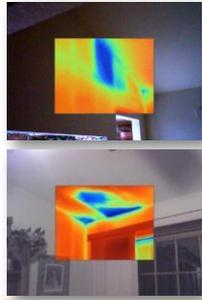
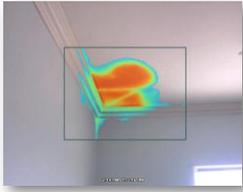
---

---

---

**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

---

---

---

---

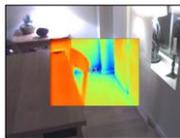
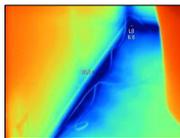
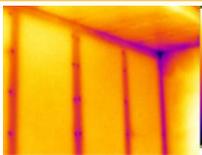
---

---

---

---

**Мостики тепла/холода** **FLUKE.**



Thermal Imaging  
MADE EASY.

23

---

---

---

---

---

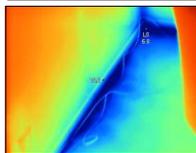
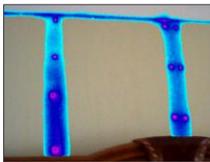
---

---

---

**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 IN CHINA

25

---

---

---

---

---

---

---

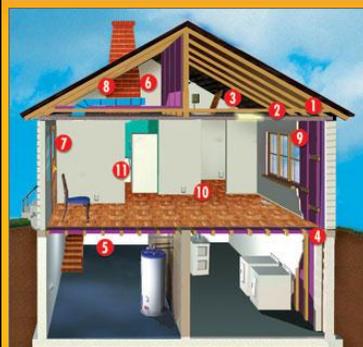
---

---

---

## Типичные источники воздушных течей

FLUKE



### 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](http://www1.eere.energy.gov/consumer/tips/air_leaks.html)

---

---

---

---

---

---

---

---

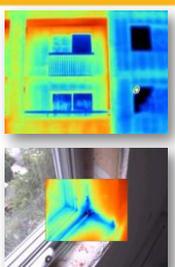
---

---

## Влияние воздушных течей

FLUKE

- 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 — это наружных стен, перекрытий, окон, дверей и полов — зачастую является самым эффективным по затратам способом повышения энергоэффективности и комфорта.

MADE IN CHINA

---

---

---

---

---

---

---

---

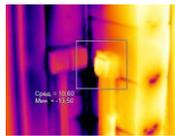
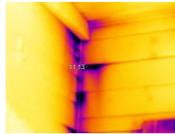
---

---

## 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

---

---

---

---

---

---

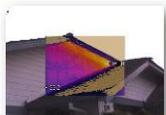
---

---

## 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

---

---

---

---

---

---

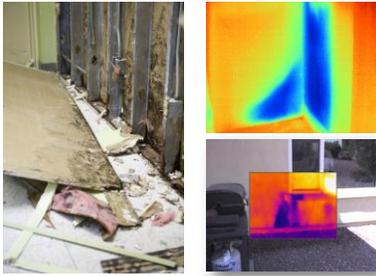
---

---

## 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

---

---

---

---

---

---

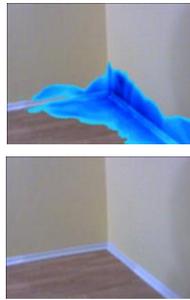
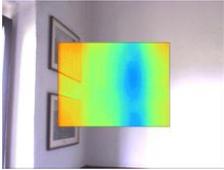
---

---

## 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 внутри?
- Откуда начинать осмотр?
- Фокусировка
- Идентификация
- Автоматический и ручной режим
- Обработка результатов

Thermal Imaging  
MADE EASY

35

---

---

---

---

---

---

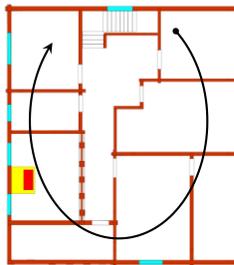
---

---

## 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

---

---

---

---

---

---

---

---

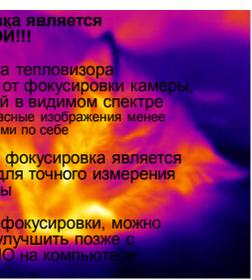
**Фокусировка** **FLUKE**

**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

---

---

---

---

---

---

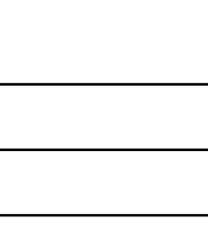
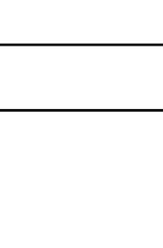
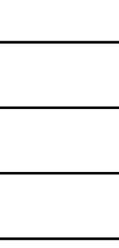
---

---

---

---

**Использование IR Fusion для фокусировки** **FLUKE**

Thermal Imaging  
Fluke Academy 39

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## IR-Optiflex™ – забудьте про фокусировку!

FLUKE

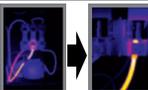
### Система фокусировки IR-Optiflex™

- 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 всегда четкий фокус. После нажатия возвращается ручная фокусировка 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 пиксельным 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

IR-Fusion



Thermal Imaging  
MADE EASY.

42

---

---

---

---

---

---

---

---



## Что должен содержать отчет?

FLUKE

- 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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## ПО Fluke SmartView™

FLUKE

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

Thermal Imaging  
MADE EASY

47

---

---

---

---

---

---

---

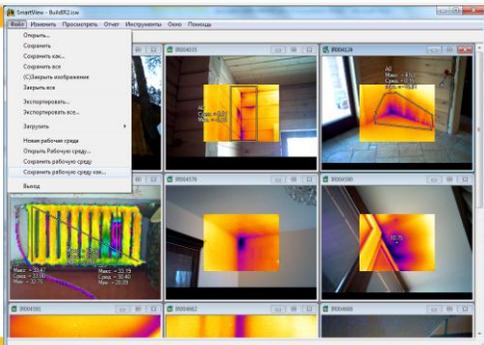
---

---

---

## Рабочая среда и ее сохранение

FLUKE



Thermal Imaging  
MADE EASY

Fluke Academy

48

48

---

---

---

---

---

---

---

---

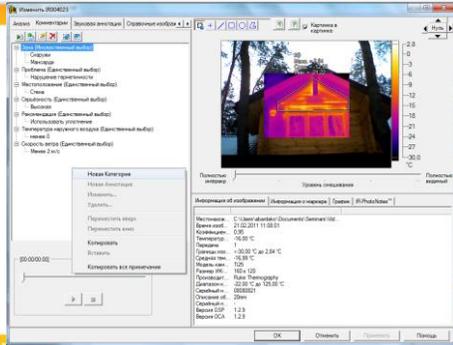
---

---



## Добавление аннотаций и комментариев

FLUKE



Thermal Imaging  
MADE IN CHINA

Fluke Academy

52

52

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Аннотации в шаблоне для диагностики зданий

FLUKE



Дата проверки: (информация об изображении)	Зона: (аннотация)
Местоположение: (аннотация)	Компас: (аннотация)
Описание: (аннотация)	Погодные условия:
Температура воздуха в помещении: (аннотация)	Температура наружного воздуха: (аннотация)
Относительная влажность в помещении: (аннотация)	Относительная влажность вне помещения:
Точка росы (в помещении):	Скорость ветра: (аннотация)
Проблема: (аннотация)	Приоритет ремонта: (аннотация)
Коэффициент излучения: (информация об изображении)	Отраженная температура: (информация об изображении)
Производитель камеры: (информация об изображении)	Камера: (информация об изображении)

Thermal Imaging  
MADE IN CHINA

Fluke Academy

53

53

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Мастер отчетов. Выбор шаблона

FLUKE



Thermal Imaging  
MADE IN CHINA

Fluke Academy

54

54

---

---

---

---

---

---

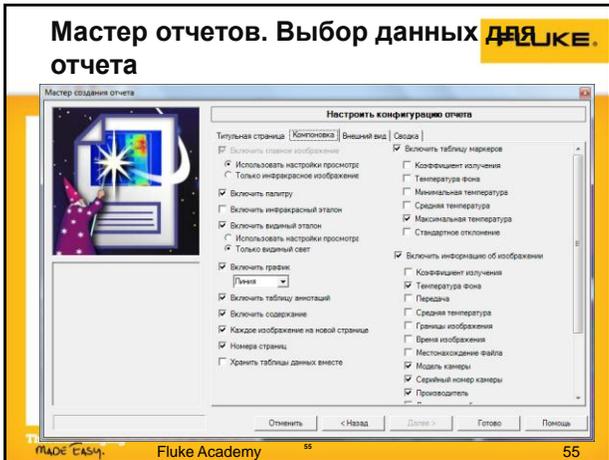
---

---

---

---

## Мастер отчетов. Выбор данных отчета




---

---

---

---

---

---

---

---

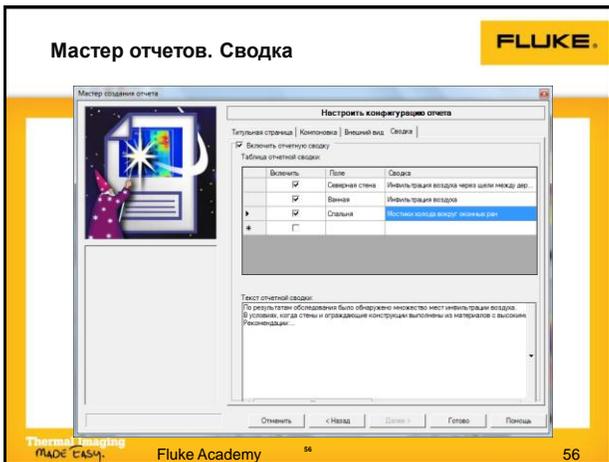
---

---

---

---

## Мастер отчетов. Сводка




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Быстрый отчет




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## 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

---

---

---

---

---

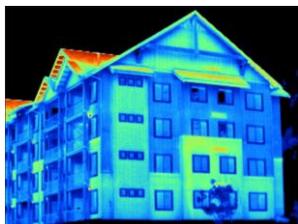
---

---

---

## Спасибо!

FLUKE



Посетите  
[www.fluke.ru/ti](http://www.fluke.ru/ti)

Thermal Imaging  
MADE EASY.

62

---

---

---

---

---

---

---

---