

# РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ КАМЕР В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ПРИ РАБОТЕ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Справочное руководство по применению тепловизионных камер при осмотре зданий, солнечных панелей и ветровых турбин



## Содержание

1.	Тепловизионная камера и принципы ее работы	8
2.	Для чего используется тепловидение?	10
3.	Применение технологий тепловидения в строительстве	14
4.	Теплофизика в строительстве	26
5.	Использование тепловизионных камер для осмотра солнечных панелей	32
6.	Проверка ветровых турбин с применением тепловизионных камер	44
7.	Выбор поставщика тепловизионной камеры	48
8.	Выбор оптимального решения	50
9.	Порядок проведения термической диагностики	62

Эта брошюра создана в тесном сотрудничестве с Центром обучения ИК-технологиям (ИТС).  
Все изображения приведены исключительно в информационных целях.

СПЕЦИФИКАЦИИ МОГУТ БЫТЬ ИЗМЕНЕНЫ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УВЕДОМЛЕНИЯ. © FLIR Systems AB, 2011.  
Все остальные наименования торговых марок и изделий являются собственностью соответствующих владельцев.

## Введение

Первая тепловизионная камера была продана в 1965 году компанией, которая впоследствии стала известна как FLIR Systems. Она была разработана для осмотра высоковольтных линий электропередачи.

С тех пор технологии тепловидения шагнули далеко вперед. Тепловизионные камеры превратились в компактные системы, которые выглядят как цифровые фото- и видеокamеры. Они просты в применении и создают четкое изображение с высоким разрешением в режиме реального времени.

Одной из сфер, быстро открывших возможности тепловидения, стала строительная отрасль. Из экзотических устройств тепловизионные камеры превратились в инструмент, широко используемый строительными инспекторами во всем мире.

Тепловизионная камера — это уникальное средство для поиска потерь энергии в здании. Она проста в применении и позволяет быстро проводить проверки, а термические изображения являются точным и убедительным доказательством их результатов.

Использование тепловизионной камеры отдельно или в сочетании с другими средствами, например системами BlowerDoor, существенно ускоряет работу. Благодаря тепловидению можно точно выявить места энергопотерь без использования разрушающих методов контроля.



*За последние 50 лет тепловизионные камеры претерпели значительные изменения. Компания FLIR Systems всегда была первопроходцем в области тепловидения, выводя на рынок передовые модели тепловизионных камер.*

Тепловизионная камера — это надежный бесконтактный инструмент, способный быстро и точно сканировать температуру на всей поверхности объекта, а также визуализировать полученные сведения. Термографические программы позволяют нашим клиентам по всему миру экономить средства.

### **Тепловидение в строительной отрасли**

С 1970-х годов мы постепенно все лучше понимаем, что энергоресурсы крайне ценны и не бесконечны.

Строительный сектор потребляет 40 % всей энергии в ЕС и обладает огромным потенциалом с точки зрения экономии энергии. В связи с этим Европейская комиссия разработала директиву о регулировании энергоэффективности зданий, на основе которой уже создано множество национальных законов.

Директива контролирует деятельность тысяч европейских компаний, поскольку во многих странах ЕС получение сертификатов энергоэффективности (EPC) стало обязательным условием при строительстве и ремонте зданий.

Кроме того, недавно принятые во многих странах пакеты законов для экономического стимулирования повысят потребность в средствах проверки герметичности зданий и других методах исследования их энергоэффективности.

В долгосрочной перспективе мы, скорее всего, увидим более жесткие директивы ЕС в отношении экономии энергии в зданиях. Это окажет огромное влияние на многих специалистов, работающих в строительном секторе.



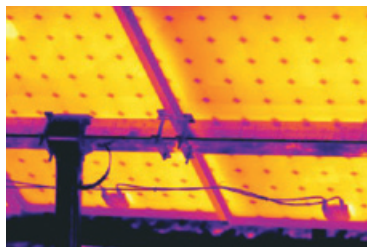
*Современные тепловизионные камеры компактны, легки и просты в использовании.*

## Возобновляемые источники энергии

Из-за дефицита традиционных источников энергии, таких как уголь, газ и нефть, цены на них постоянно растут. Кроме того, мы приходим к пониманию того, что больше нельзя загрязнять планету, сжигая эти виды топлива.

### Солнечная энергия

Солнечные панели способны преобразовывать энергию Солнца в электричество, которое стоит денег. Однако, чтобы получать максимальный доход и высокую выходную мощность на протяжении десятилетий, необходимо качественное оборудование. Солнечный модуль — самая важная часть солнечной установки — должен быть способен непрерывно производить электричество в течение долгих лет. Тепловизионные камеры помогают поддерживать его качество на высоком уровне в течение всего срока службы.



*Методика проверки солнечных панелей с применением тепловизионных камер имеет целый ряд преимуществ. Аномалии хорошо видны на четких термических изображениях, а тепловизионные камеры, в отличие от других средств анализа, можно использовать для осмотра солнечных панелей даже во время их работы.*

По мере того как запасы ископаемых видов топлива уменьшаются, цены на уголь и газ покоряют новые высоты. Многие начинают использовать энергию Солнца, которая никогда не иссякнет. Однако солнечные панели подвержены износу. В связи с этим специалисты в области строительства со всего мира используют тепловизионные камеры для осмотра солнечных панелей, установленных на крышах зданий и солнечных электростанциях.

## Ветровая энергия

Еще одним возобновляемым источником энергии является ветер. Во всем мире ветровые турбины все шире используются для производства электричества. Целые ветровые парки устанавливаются как на суше, так и на море.

Ветровая турбина содержит множество механических и электрических компонентов, которые легко проверяются с помощью тепловизионной камеры. Надлежащий профилактический осмотр всех ее компонентов гарантирует производство электричества в течение долгих лет.



*ИК-изображение ветровой турбины, полученное с земли*

Эта брошюра представляет собой подробное руководство по осмотру зданий, солнечных панелей и ветровых турбин с использованием тепловизионных камер. Во время таких обследований следует обращать внимание на многие детали. Нужно не только владеть принципами работы тепловизионной камеры и создания снимков, но и знать физику тепловых рисунков здания, солнечной панели или ветровой турбины, а также особенности их конструкции. Эти особенности необходимо учитывать для правильного понимания, толкования и оценки термических изображений.

Однако в одном руководстве невозможно рассмотреть все принципы и варианты применения систем для анализа в строительной отрасли. Именно поэтому компания FLIR Systems предлагает учебные курсы специально для профессионалов строительного сектора в сотрудничестве с Центром обучения ИК-технологиям (ITC).

### **В этом руководстве рассмотрены перечисленные ниже темы.**

- Области применения тепловидения.
- Принципы работы тепловизионных камер и факторы, которые следует учитывать при их приобретении.
- Процедура проведения термографических проверок (рекомендации).

# 1

## Тепловизионная камера и принципы ее работы

Тепловизионная камера регистрирует интенсивность излучения в инфракрасной области электромагнитного спектра и преобразует его в видимое изображение.



*Уильям Гершель открыл инфракрасное излучение в 1800 году.*

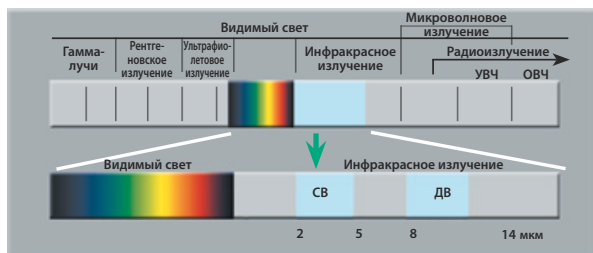
### **Что такое инфракрасное излучение?**

Наши глаза воспринимают электромагнитное излучение в видимой области спектра. Все другие формы электромагнитного излучения, например инфракрасное излучение, невидимы для человеческого глаза.

Инфракрасное излучение было открыто в 1800 году астрономом Фредериком Уильямом Гершелем. Заинтересовавшись различиями в температуре светового излучения различных цветов, он пропустил солнечный свет через стеклянную призму, чтобы создать спектр, и определил температуру каждого цвета. Ученый выяснил, что температура повышается от фиолетового цвета к красному.

После открытия этой закономерности Гершель решил измерить температуру за пределами красного диапазона спектра в области, где солнечный свет не виден, и обнаружил, что температура в этой области была самой высокой.

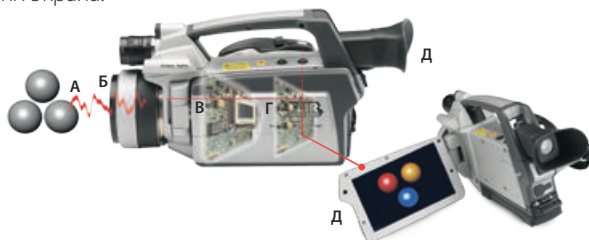
Инфракрасный свет находится между видимой и микроволновой частями электромагнитного спектра. Основным источником инфракрасного излучения — тепловое излучение. Любой объект с температурой выше абсолютного нуля (-273,15 °С, или 0 °К) излучает тепло в инфракрасном диапазоне. Даже объекты, которые кажутся очень холодными, например кубики льда, излучают инфракрасный свет.



Мы подвергаемся инфракрасному излучению ежедневно. Тепло от Солнца, огня или радиатора — все это инфракрасное излучение. Наши глаза его не видят, но нервные окончания кожи ощущают его как тепло. Чем теплее объект, тем больше инфракрасного излучения он испускает.

### Тепловизионная камера

Инфракрасная энергия (А) объекта фокусируется оптикой (Б) и направляется на инфракрасный детектор (В). Он передает информацию на электронный датчик (Г) для обработки изображения. Электроника преобразует поступающие с детектора данные в изображения (Д), которые можно просматривать с помощью видеоискателя, стандартного видеомонитора или ЖК-экрана.



Инфракрасная термография — это преобразование инфракрасного изображения в радиометрическое. Этот метод позволяет считывать значения температуры. Каждый пиксель радиометрического изображения — это по сути результат измерения температуры. Для получения этих значений в тепловизионной камере используются сложные алгоритмы.

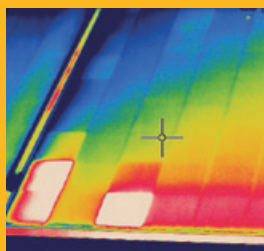
# 2

## Для чего используется тепловидение?

Тепловизионные камеры для строительной отрасли — это функциональный инструмент для непроникающего контроля и диагностики состояния зданий, солнечных панелей и ветровых турбин. Тепловизионная камера позволяет легко обнаружить, зафиксировать и устранить проблемы до того, как они приведут к поломкам и потребуют значительных затрат на ремонт.

Тепловизионные камеры FLIR

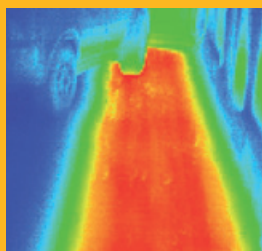
- Так же просты в использовании, как видеокамера или цифровой фотоаппарат.
- Дают полную картину ситуации.
- Определяют тип и местоположение неисправности.
- Измеряют температуру.
- Сохраняют информацию.
- Указывают, что именно необходимо исправить.
- Помогают обнаружить неисправности до возникновения серьезных проблем.
- Экономят время и средства.



*Дефекты в фотоэлектрических элементах.*



*Тепловизионная проверка оконного массива.*



*Обогреваемый тротуар: работает только его часть.*

Компания FLIR Systems предлагает широкий ассортимент тепловизионных камер. Мы подберем подходящую камеру для проверки как больших зданий, так и жилых помещений.



### **Для чего используется тепловизионная камера?**

Почему следует выбрать тепловизионную камеру FLIR? Существуют средства, позволяющие измерять температуру бесконтактным способом, например инфракрасные термометры.

### **Инфракрасные термометры и тепловизионные камеры**

Инфракрасные (ИК) термометры — это надежные и очень полезные устройства для измерения температуры в одной точке, однако при сканировании с их помощью больших поверхностей можно не заметить важных деталей, таких как места утечки воздуха, плохо изолированные области и участки проникновения воды. Тепловизионная камера FLIR позволяет просканировать целое здание, систему отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Она не пропустит даже самую маленькую проблемную область.



*ИК-термометр, измерение температуры в одной точке*



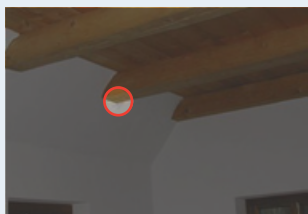
*FLIR i3, измерение температуры в 3 600 точках*

### **Удобный инструмент для быстрого обнаружения проблем с уникальной точностью**

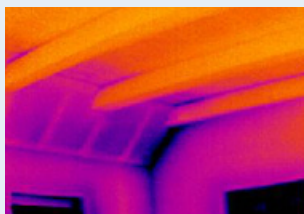
При использовании только инфракрасного точечного термометра легко не заметить серьезную проблему в здании. Тепловизионная камера FLIR позволяет увидеть всю ситуацию и мгновенно создает полную диагностическую картину неполадок. Она помогает не только обнаружить проблему в здании, но и определить ее масштаб.

**Использовать ее так же эффективно, как тысячи инфракрасных термометров одновременно.**

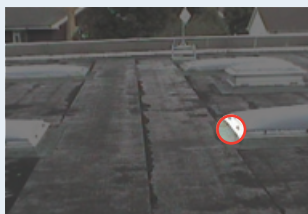
Инфракрасный термометр позволяет измерить температуру в одной точке. Тепловизионные камеры могут измерять температуру всей системы или компонента. Камера FLIR i3 создает изображение с разрешением 60 x 60 пикселей. Этого же результата можно достичь при одновременном использовании 3 600 ИК-термометров. Наша лучшая модель, FLIR P660, обладает разрешением 640 x 480 пикселей. Следовательно, на изображении будет 307 200 пикселей, что соответствует эффективности 307 200 инфракрасных термометров.



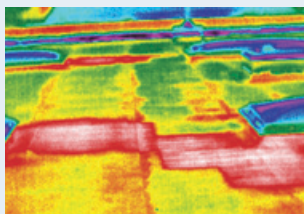
Изображение, выдаваемое ИК-термометром



Изображение, выдаваемое тепловизионной камерой



Изображение, выдаваемое ИК-термометром



Изображение, выдаваемое тепловизионной камерой



Изображение, выдаваемое ИК-термометром



Изображение, выдаваемое тепловизионной камерой



# В

## Применение технологий тепловидения в строительстве

Осмотр с использованием тепловизионных камер — это эффективное непроникающее средство контроля за состоянием зданий. Камеры стали одним из самых ценных инструментов для диагностики различных сооружений. Тепловизионная камера позволяет легко обнаружить, зафиксировать и устранить проблемы еще до того, как они приведут к поломкам и потребуют значительных затрат на ремонт.

Диагностический осмотр здания с использованием тепловизионной камеры помогает:

- визуализировать потери энергии;
- обнаружить дефекты изоляции;
- найти источники утечки воздуха;
- обнаружить влажность в изоляции, на крыше и стенах как во внутренних, так и в наружных конструкциях;
- обнаружить плесень и плохо изолированные участки;
- обнаружить тепловые мосты;
- обнаружить места просачивания воды в плоских перекрытиях;
- обнаружить прорывы в трубопроводах горячей воды;
- обнаружить повреждения конструкций;
- контролировать сушку зданий;
- обнаружить дефекты гидромагистралей и линий центрального отопления;
- обнаружить неисправности электрооборудования.

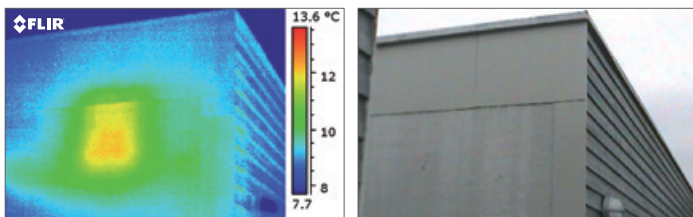
Тепловизионные камеры — это идеальный инструмент для выявления дефектов в зданиях, поскольку они позволяют видеть то, что не видно невооруженным глазом. ИК-изображение дает возможность заранее получать сведения о проблемных участках. С помощью тепловизионной камеры можно собственными глазами УВИДЕТЬ большинство дефектов.

Изображение с точными данными о температуре дает специалисту в области строительства важную информацию о состоянии изоляции, проникновении влаги, образовании плесени, а также о неисправностях электрооборудования, наличии тепловых мостов и состоянии систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

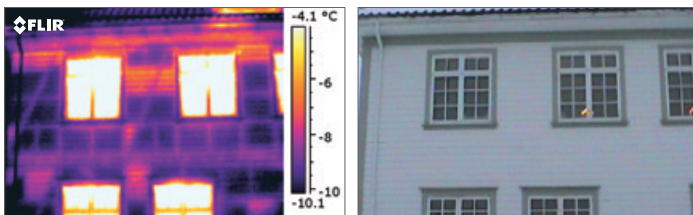
Тепловизионная камера — это настолько ценный и многофункциональный инструмент, что перечислить все сферы ее применения просто невозможно. Способы использования технологии тепловидения разрабатываются ежедневно. В этом разделе руководства описываются лишь некоторые области применения тепловизионных камер в строительстве.

## Дефекты изоляции и утечки воздуха

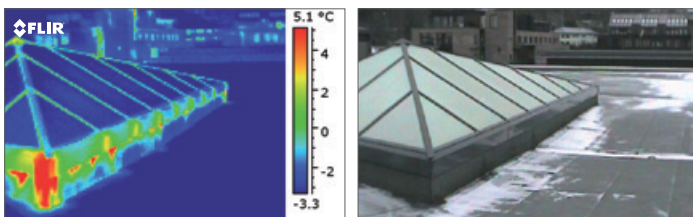
Тепловидение — это отличное средство для поиска в зданиях таких дефектов, как отсутствие изоляции, расслоение штукатурки и конденсация.



Это здание теплее изнутри. Оно представляет собой многослойную конструкцию «бетон — изоляция — бетон». Одна из секций изоляции отсутствует, что невозможно увидеть невооруженным глазом ни изнутри, ни снаружи. Тепловизионная камера способна увидеть то, что недоступно для человеческого глаза.

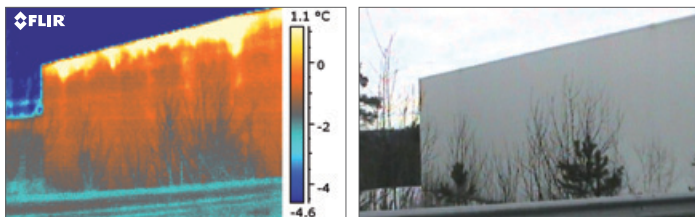


Каркасная конструкция. Многие секции изоляции отсутствуют, о чем свидетельствуют теплые оттенки.



Стеклянная крыша над атриумом. Она водонепроницаема, но не герметична. Теплый воздух выходит наружу под воздействием избыточного давления. Эту проблему можно решить за счет герметизации стеклянной крыши.

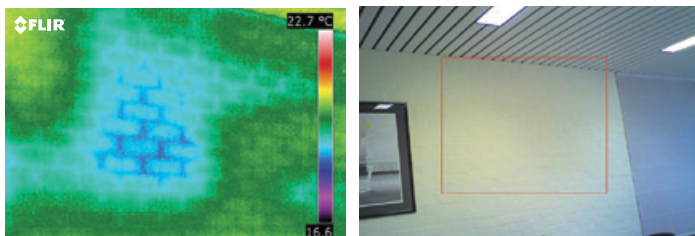
В складских зданиях, сконструированных из хорошо изолированных стеновых панелей заводского изготовления, могут наблюдаться потери энергии на стыках элементов.



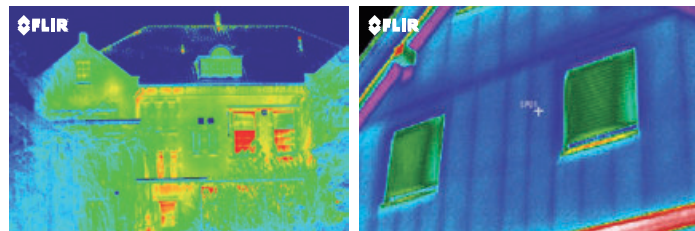
*Склад со значительными утечками теплого воздуха между стеной и крышей. Для устранения энергопотерь эти стыки следует герметизировать.*

Чтобы найти участки с отсутствующей изоляцией и потерями энергии с помощью тепловизионной камеры, необходима разница температуры внутри и снаружи здания не менее 10 °С. Если используется камера с более высоким разрешением и тепловой чувствительностью, эта разница может быть меньше.

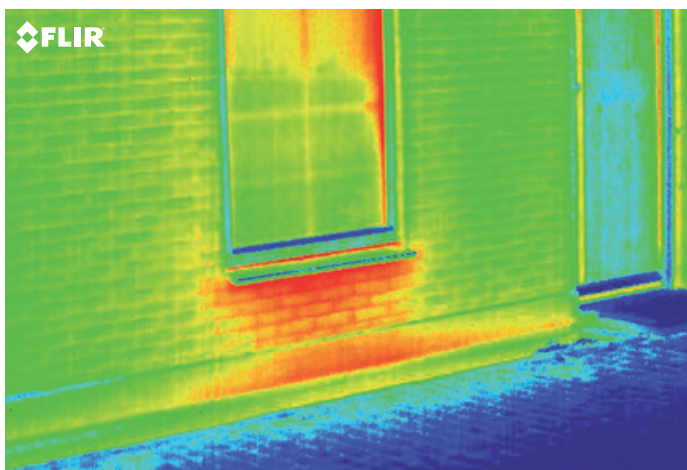
В местах с холодным климатом строения часто осматриваются в зимнее время. На территориях с более теплым климатом, где необходимо обеспечить достаточную изоляцию здания для удержания воздуха, охлажденного внутренними системами кондиционирования, проводить тепловизионный осмотр лучше всего в летние месяцы.



*Части стены с отсутствующей изоляцией.*



*Тепловизионный осмотр снаружи здания. На термических изображениях хорошо видны участки с плохой или отсутствующей изоляцией.*



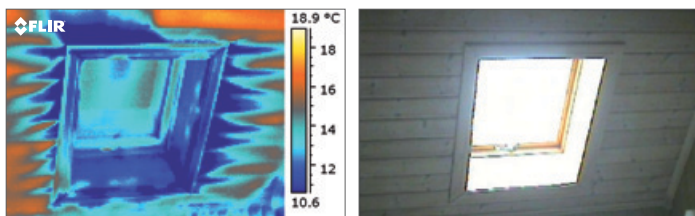
На термическом изображении отчетливо виден дефект изоляции стены под окном.

### Обнаружение утечек воздуха

Утечки воздуха ведут к повышению уровня энергопотребления и часто вызывают неполадки в системах вентиляции. Кроме того, они могут стать причиной конденсации в здании, что, в свою очередь, ведет к ухудшению внутреннего микроклимата.

Чтобы обнаружить утечки воздуха с помощью тепловизионной камеры, должна быть разница температур внутри здания и за его пределами, а также перепад давления.

С помощью тепловизионной камеры можно обнаружить характерные термические рисунки, возникающие в ситуации, когда холодный воздух проникает через негерметичный участок конструкции, протекает вдоль поверхности и охлаждает ее. Исследовать здание с помощью такой камеры всегда следует с той стороны, где наблюдается отрицательное давление. Утечки воздуха часто можно обнаружить с использованием метода нагнетания, называемого также проверкой BlowerDoor. Дополнительные сведения о методике BlowerDoor можно найти далее в этой брошюре.

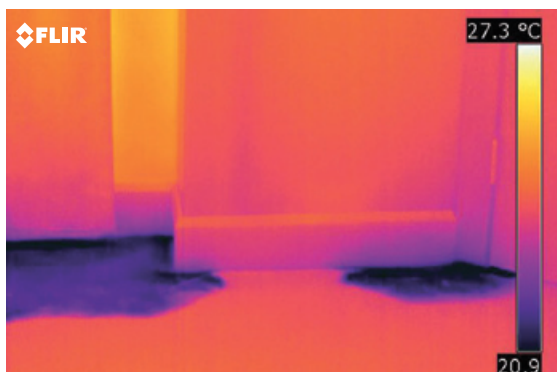


На изображении видны утечки воздуха между потолком и окном.

## Обнаружение влаги

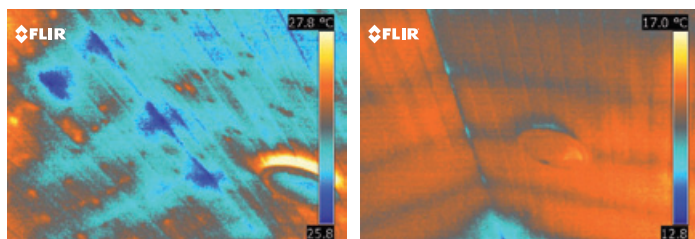
Повреждение под воздействием влаги — это самая распространенная причина разрушения зданий. Утечки приводят к конденсации внутри стен, полов и потолков. Изоляция высыхает медленно, поэтому она становится основным очагом образования плесени и грибков.

Сканирование с помощью тепловизионной камеры позволяет обнаружить влажность, которая создает благоприятную среду для образования плесени. Можно ощущать ее запах, но не иметь представления, где она образуется. Тепловизионная проверка определит, где располагаются влажные участки, которые являются серьезной угрозой для здоровья.



*Проникновение влаги в пол, невидимое для человеческого глаза, хорошо заметно на термическом изображении.*

Влажность трудно обнаружить, и одним из методов поиска является изменение температуры конструкции. Влажные материалы будут отчетливо видны, поскольку их температура меняется намного медленнее, чем температура сухих материалов. В то время как другие средства позволяют измерить температуру только в одной точке, тепловизионные камеры способны быстро просканировать целый участок.



*Термические изображения одного потолка. На левом изображении температура в помещении была поднята путем нагревания, благодаря чему влажность стала отчетливо видна.*

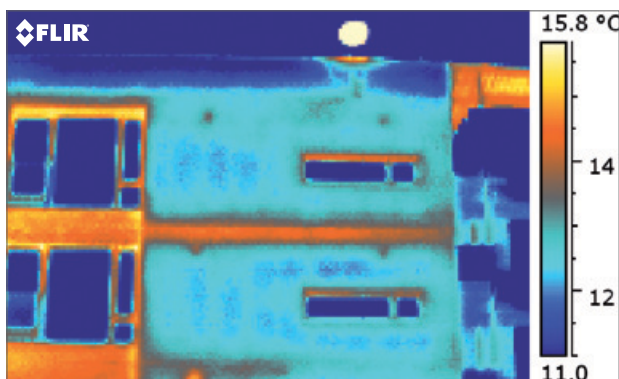
## Тепловые мосты

Еще одной областью применения тепловизионных камер является поиск тепловых мостов — мест в здании, где происходит потеря энергии.

Тепловой мост — это область, в которой корпус здания обладает меньшей теплостойкостью. Его образование объясняется определенными особенностями конструкции. Тепло перетекает по пути с минимальным сопротивлением — из нагретого пространства наружу.

Типичные последствия возникновения тепловых мостов:

- снижение температуры внутренних поверхностей; иногда это даже приводит к конденсации, особенно в углах;
- значительное увеличение потерь тепла;
- холодные участки в зданиях.



На изображении виден тепловой мост на одном из этажей.



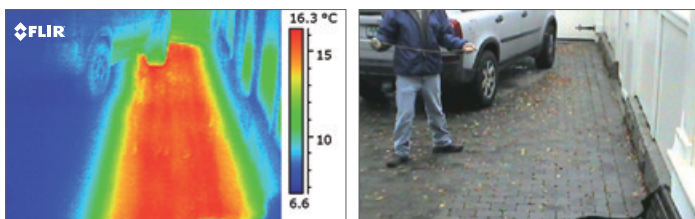
На термическом изображении видны тепловые мосты между балками перекрытия и смежными стенами.

## Гидромагистраль и центральное отопление

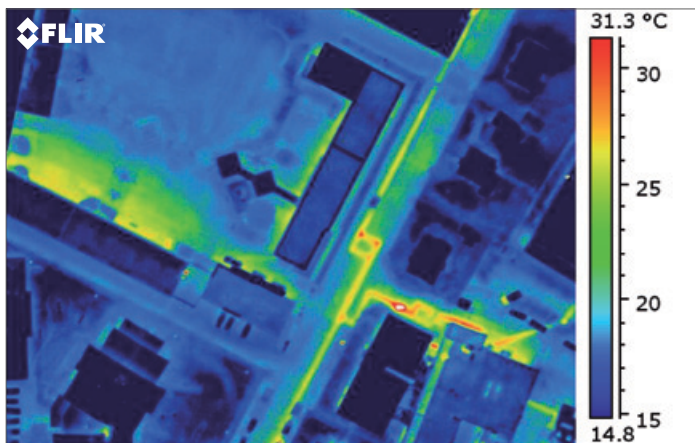
В местах с холодным климатом иногда подогреваются тротуары и зоны парковки.

В системах центрального отопления распределяется тепло (часто образуется пар), которое производится централизованно и используется для обогрева жилых помещений и коммерческих зданий.

Термографическая проверка позволяет легко обнаружить дефекты трубопроводов в подземных системах отопления. Тепловизионная камера помогает определить точное местоположение дефекта и тем самым сократить объем ремонтных работ.



Дефекты в системах центрального отопления легко обнаруживаются с помощью тепловизионной камеры.



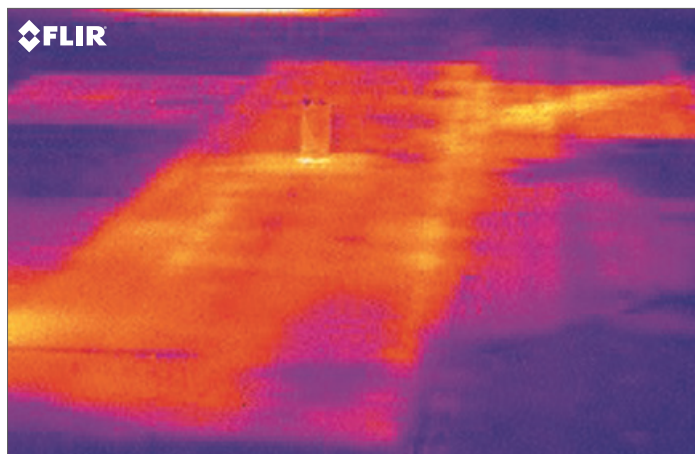
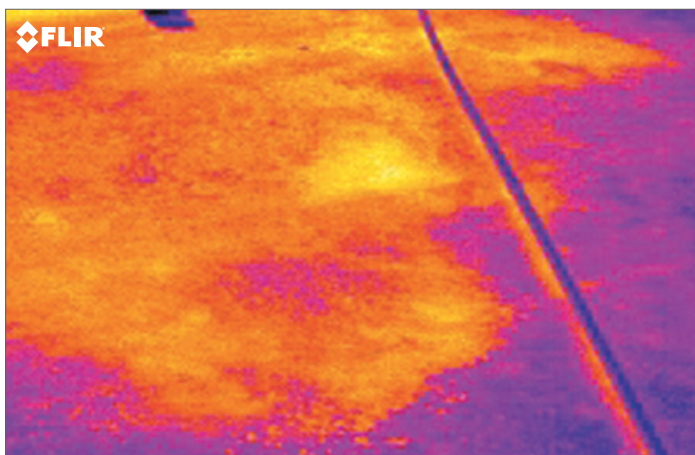
Тепловизионная аэросъемка выявляет утечки, а также дефекты изоляции в системе центрального отопления.

### **Поиск мест просачивания воды в плоских перекрытиях**

Тепловидение также позволяет обнаружить протечки в плоских перекрытиях.

Вода сохраняет тепло дольше, чем материал кровли, и поэтому легко обнаруживается тепловизионной камерой поздно вечером или ночью, когда крыша уже остыла.

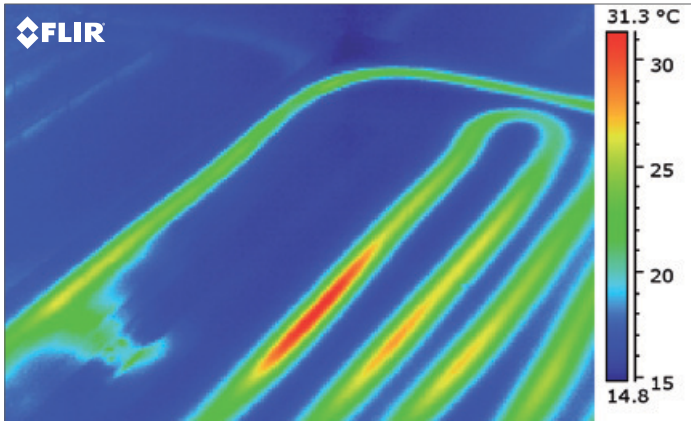
Ремонт протекающих участков гораздо экономнее, чем замена крыши.



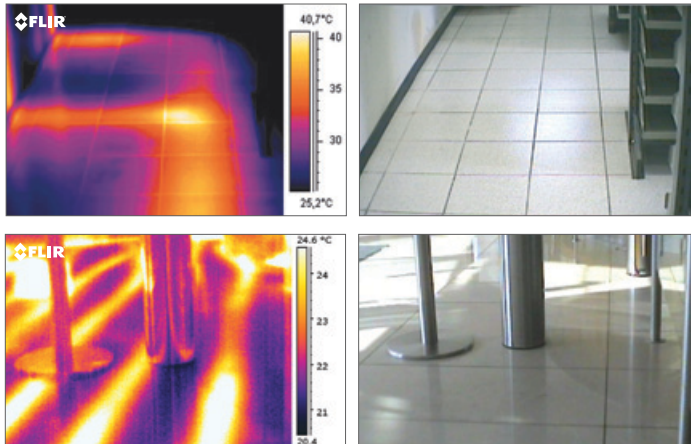
*Просачивание воды в плоских перекрытиях*

## Обнаружение утечек в системах обогрева полов

Технология тепловидения — это простое и удобное средство для проверки труб на наличие утечек. Она будет эффективна, даже если водяной трубопровод проложен под полом или штукатуркой. Тепло труб излучается через поверхность, и термический рисунок легко распознается с помощью тепловизионной камеры.



На термическом изображении видна утечка в системе обогрева под полом.



Дефекты систем обогрева, расположенных под полом, легко обнаруживаются с помощью тепловизионной камеры.

## Контроль качества

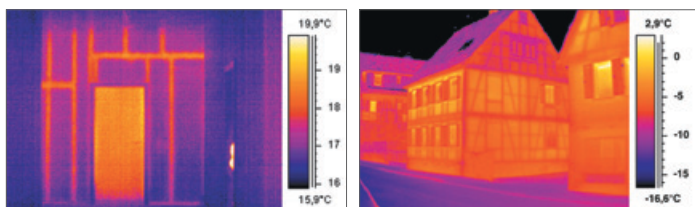
Тепловидение также используется для контроля качества и осмотра новых зданий.

Во время сушки конструкций термические изображения позволяют наблюдать за ходом высыхания и принимать меры для его ускорения.

Если удастся сделать этот процесс быстрее и с помощью тепловизионной камеры доказать, что конструкция высохла, здание можно передавать заказчику раньше.

## Реконструкция зданий

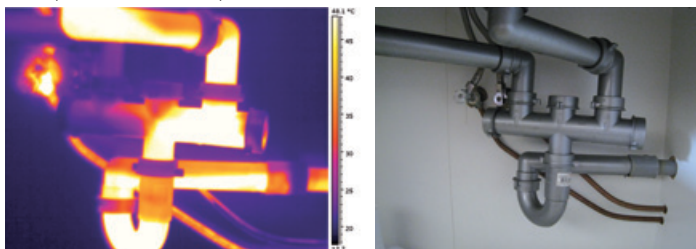
Тепловидение помогает получить ценную информацию во время реконструкции зданий и памятников. На термическом изображении отчетливо видны элементы каркаса, скрытые под минеральной штукатуркой. Это позволяет принять решение о целесообразности обнажения этих элементов. Отделение штукатурки от стены также можно обнаружить на очень ранней стадии, что позволяет принять меры для консервации.



*Тепловидение позволяет отчетливо видеть внутренние конструкции.*

## Трубопроводы

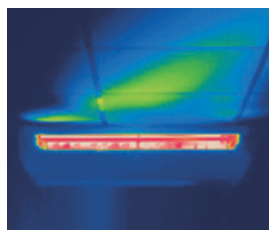
Тепловидение — это идеальная технология для обнаружения засоренных и поврежденных труб, а также других проблем в трубопроводных системах. Определить точное местоположение дефекта можно даже в трубах, которые проложены под полом или в стене. Для этого достаточно просто пропустить через них горячую воду. Излучаемое тепло позволит отчетливо увидеть проблемный участок на термическом изображении.



*Тепловидение помогает находить неполадки в трубах.*

## Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха требуют тщательного технического обслуживания. Они подают воздух нужной влажности и температуры, а также отфильтровывают из него примеси, которые содержатся в помещениях. Технология тепловидения помогает оценить работоспособность таких систем. Их неисправность может вести к снижению качества воздуха в помещении.

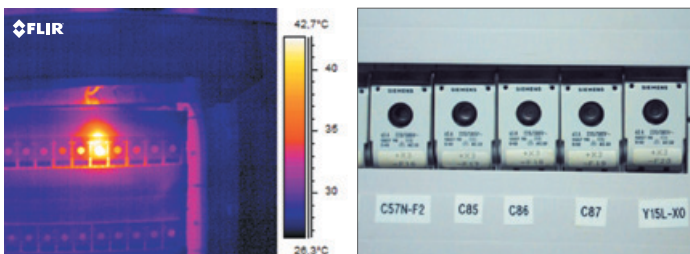
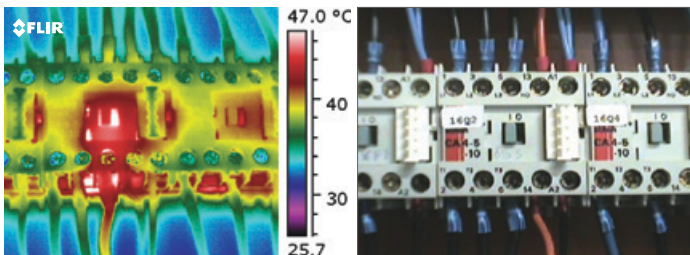
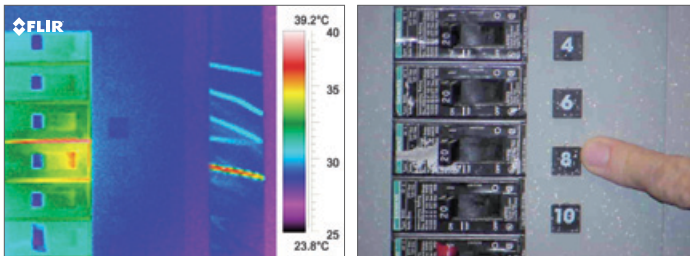


## Неисправности электрооборудования

В любом здании содержится множество электрических компонентов. Тепловидение можно использовать для проверки распределительных шкафов, предохранителей, проводов и других элементов.

С помощью тепловизионных камер можно обнаружить неисправности, которые не видны невооруженным глазом, и устранить их. Нерешенные проблемы в электросистеме могут вести к существенному повышению температуры. Кроме того, возможно образование искр, которые способны вызвать пожар.

Дополнительные сведения о проверке электрических систем с помощью тепловизионных камер см. в руководстве по использованию технологии тепловидения в промышленности.



*Один из предохранителей перегревается, являясь потенциальным источником возгорания.*

# 4

## Теплофизика в строительстве

Чтобы правильно истолковать термические изображения, оператору необходимо знать, как различные материалы и факторы влияют на значения температуры, полученные с помощью тепловизионной камеры. Ниже перечислены некоторые из факторов, которые оказывают наиболее сильное влияние на показания температуры.

### 1. Теплопроводность

Материалы обладают различными тепловыми свойствами. Материал изоляции нагревается медленно, в то время как металлы — быстро. Свойство материалов переносить тепло называется теплопроводностью. Различие в термических свойствах материалов в некоторых ситуациях может привести к большим перепадам температур.

### 2. Излучающая способность

Чтобы правильно определить температуру материала, важно учесть его излучающую способность. Излучающая способность — это интенсивность, с которой объект излучает энергию в инфракрасном диапазоне. Эта характеристика в значительной степени зависит от свойств материала.



*При взгляде на ИК-изображение может показаться, что золотистая краска холоднее, чем поверхность чашки. В действительности они имеют одинаковую температуру: различия в интенсивности инфракрасного излучения обусловлены разной излучающей способностью.*

Крайне важно установить в камере правильные настройки излучающей способности; в противном случае результаты измерения температуры будут неточными. Тепловизионные камеры FLIR Systems имеют предварительно заданные настройки излучающей способности для многих материалов. Остальные настройки можно найти в соответствующей таблице.



Левое ИК-изображение демонстрирует правильно установленные настройки излучающей способности человеческой кожи (0,97), поэтому показания температуры верны (36,7 °С). При получении правого термического изображения была указана неверная излучающая способность (0,15), что привело к неверным показаниям температуры (98,3 °С).

### 3. Отражение

Некоторые материалы (например, большинство металлов) отражают тепловое излучение, подобно тому как зеркало отражает видимый свет. Отражение может стать причиной неправильного толкования термического рисунка. Например, отражение теплового излучения оператора или света лампочки может привести к получению неправильных данных о температуре. Поэтому оператор должен тщательно выбирать угол, под которым тепловизионная камера направляется на объект, чтобы избежать эффекта отражения.



Окно отражает тепловое излучение, поэтому для тепловизионной камеры оно действует как зеркало.

Если материал поверхности объекта обладает низкой излучающей способностью, а его температура существенно отличается от температуры окружающей среды, отражение падающего излучения будет влиять на показания температуры, полученные с помощью тепловизионной камеры. Чтобы решить эту проблему, компания FLIR предусмотрела в своих камерах возможность устанавливать отраженную эффективную температуру.

#### **4. Внутренняя и наружная температура**

Для поиска участков с отсутствующей или дефектной изоляцией с помощью тепловизионных камер необходимо, чтобы температура в здании и за его пределами различалась. Часто бывает достаточно небольшого перепада, однако рекомендуемая разница температур между сторонами стены составляет 10 °С.

Как правило, осмотр выполняется и изнутри, и снаружи здания. Если перепад температуры достаточный, участки с отсутствующей или поврежденной изоляцией хорошо видны.

Пользователь должен знать наружную и внутреннюю температуру, а также располагать сведениями о том, наблюдались ли существенные температурные изменения за последние 24 часа.

#### **5. Влияние наружных факторов**

Очевидно, что прямой солнечный свет может значительно изменить показания тепловизионной камеры. Однако свет и тени могут оказывать влияние на термический рисунок поверхности и через несколько часов после прекращения непосредственного воздействия. Разница в теплопроводности также может вести к существенным различиям термических рисунков. Например, температура кирпича меняется гораздо медленнее, чем температура древесины. На термические данные может повлиять и ветер. Поток воздуха охлаждает материал поверхности, уменьшая разницу температур между горячими и холодными участками.

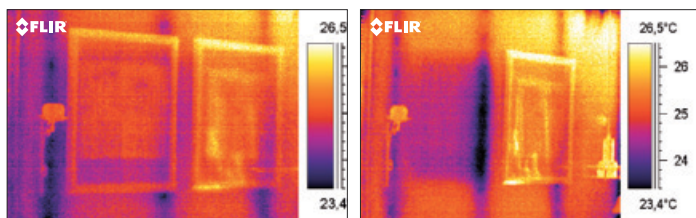
Еще один фактор, который может привести к получению неточных результатов проверки, — это дождь, снижающий температуру поверхности. Даже после того как дождь прекратился, испаряющаяся вода охлаждает поверхность материала. Это может привести к возникновению неверного термического рисунка.

#### **6. Системы отопления и вентиляции**

Внешнее воздействие на температуру поверхности материала может происходить и в помещениях. На температуру поверхности объекта может влиять не только температура окружающей среды, но и другой фактор — управление микроклиматом. Системы отопления создают разницу температур, которая может привести к получению неверного термического рисунка. Поток холодного воздуха от вентилятора или системы кондиционирования может охлаждать поверхность, в то время как внутренние компоненты остаются нагретыми.

## 7. Влияние внутренних факторов

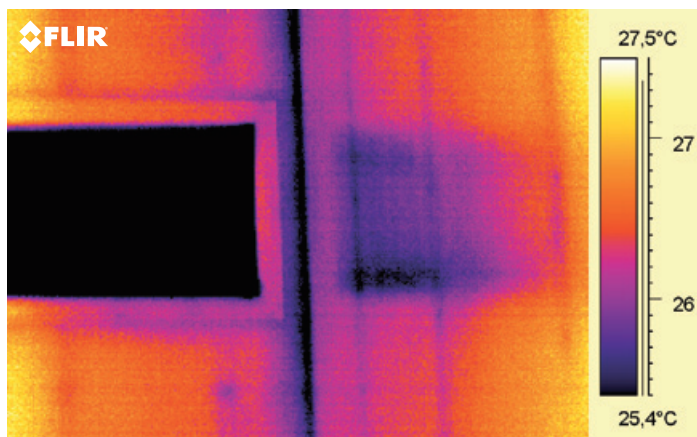
Книжная полка, шкаф или висящая на стене картина также могут изменить термический рисунок. Все эти предметы оказывают изолирующее воздействие. Если убрать их, соответствующие участки на термическом рисунке окажутся более холодными. Такой эффект можно перепутать с отсутствием изоляции. В связи с этим рекомендуется убирать со стены любые предметы как минимум за шесть часов до проверки.



*Это термические изображения одной стены. Температура снаружи ниже температуры внутри. На изображении справа видно, что происходит, если снять со стены картину. Поскольку холодная зона под картиной имеет тот же размер, что и участок между стойками в стене, создается впечатление отсутствующей изоляции.*

## 8. Отражение от окружающих предметов.

При сканировании отражающих объектов следует изменить угол съемки таким образом, чтобы на изображении не было отражений. Источником отражения может быть как ваше тело, так и другой источник тепла поблизости: оборудование, лампочка или трансформатор. Отражение приводит к некорректным данным на термическом изображении и — в случае неправильного толкования — к ошибкам в данных.



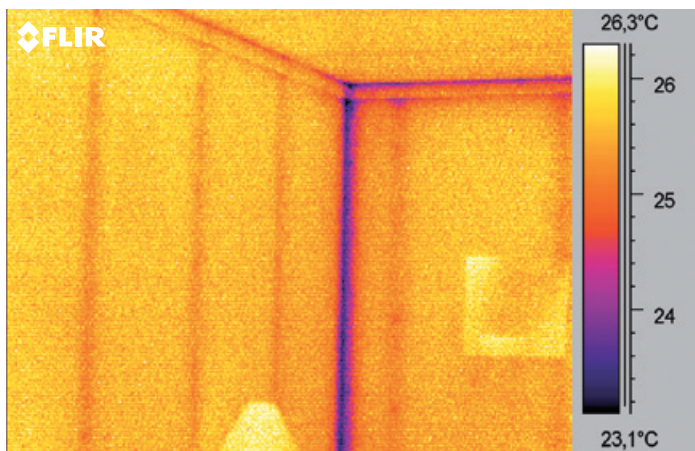
*На изображении видно отражение на внутренней стене (справа), возникшее из-за присутствия окна (слева).*

## 9. Тип материалов, использованных в конструкции

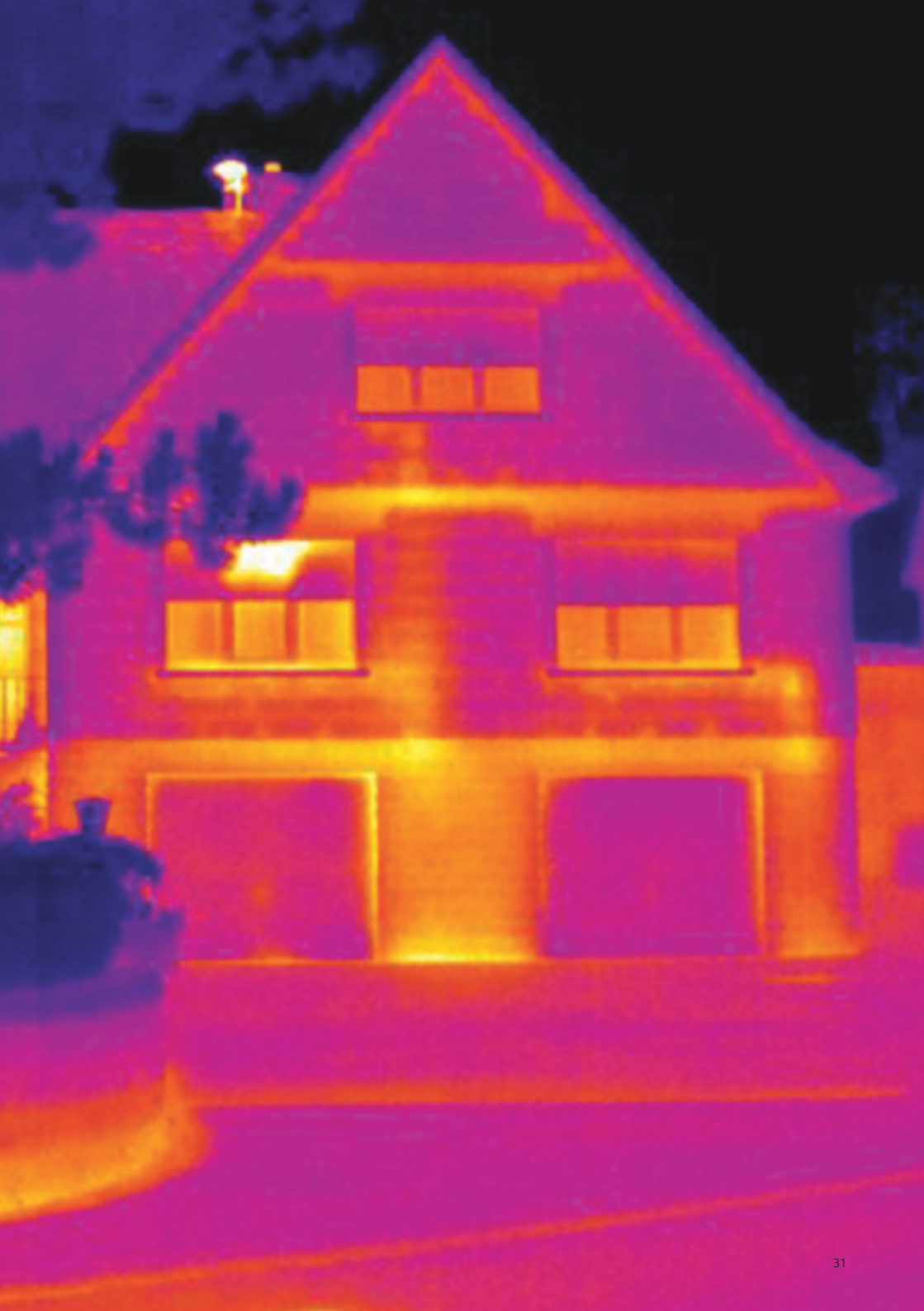
Некоторые материалы, например бетон, термически инертны, что означает, что их температура изменяется очень медленно. Температура других материалов, например большинства металлов, меняется быстро. Для правильного толкования результатов термографист должен знать, наблюдались ли существенные изменения температуры внутри здания или за его пределами перед осмотром, поскольку это может повлиять на показания температуры.

## 10. Принципы постройки сооружения

Наружная стена может быть построена с воздушным зазором между наружной оболочкой и остальной частью конструкции. В таких конструкциях нет смысла проводить наружный контроль. Любые элементы каркаса внутри стены выглядят холоднее при осмотре изнутри (при условии, что внутри теплее). С холодной стороны ситуация обратная. Эти характерные рисунки носят естественный характер и не указывают на проблему.



*ИК-изображение, сделанное изнутри. Виден каркас, а также винты, крепящие панели, которые закрывают каркас. Угол заметно холоднее из-за углового эффекта, но это не является признаком проблемы.*



## Использование тепловизионных камер для осмотра солнечных панелей

### Возобновляемые источники энергии

Из-за дефицита традиционных источников энергии, таких как уголь, газ и нефть, цены на них постоянно растут. Кроме того, мы приходим к пониманию того, что больше нельзя загрязнять планету, сжигая эти виды топлива.

Солнечные панели на крыше дома преобразуют солнечную энергию в электрическую, которая стоит денег. Солнечная энергия может быть прибыльным вложением. Однако, чтобы получать максимальный доход и высокую выходную мощность на протяжении десятилетий, необходимо качественное оборудование. Солнечный модуль — самая важная часть солнечной установки — должен быть способен непрерывно производить электричество в течение долгих лет. Тепловизионные камеры помогают добиться его надежной работы в течение всего срока службы.

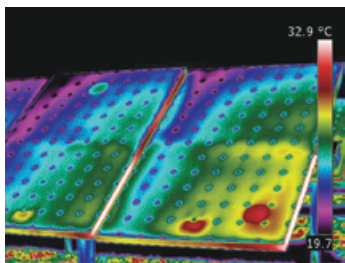
По мере того как запасы ископаемых видов топлива уменьшаются, цены на уголь и газ покоряют новые высоты. Многие начинают использовать энергию Солнца, которая никогда не иссякнет. Однако солнечные панели подвержены износу. В связи с этим специалисты в области строительства со всего мира используют тепловизионные камеры для осмотра солнечных панелей, установленных на крышах зданий.

### Осмотр солнечных панелей

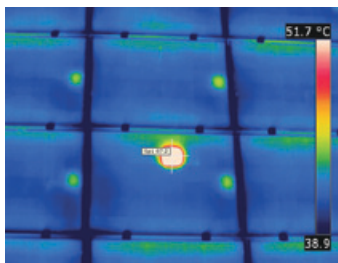
Проверка солнечных панелей с применением тепловизионных камер имеет ряд преимуществ. Аномалии хорошо видны на четких термических изображениях, а тепловизионные камеры, в отличие от других средств анализа, можно использовать для осмотра солнечных панелей даже во время их работы. Наконец, тепловизионные камеры позволяют быстро проверять обширные участки.



С их помощью проблемный участок можно обнаружить и отремонтировать еще до возникновения неисправностей и сбоев. Однако не каждая тепловизионная камера подходит для осмотра солнечных фотоэлементов. Кроме того, существуют определенные правила и рекомендации в отношении проведения проверок и толкования их результатов.



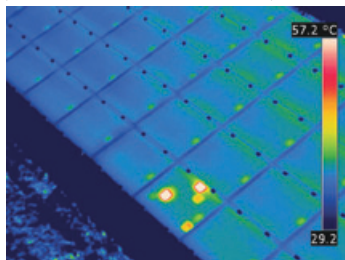
Эти красные точки обозначают элементы, которые значительно теплее остальных, что указывает на дефекты в соединениях.



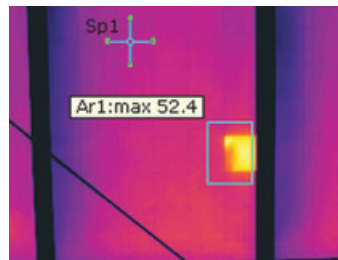
Эта горячая точка в солнечном фотоэлементе говорит о его повреждении.

### Процедуры осмотра солнечных панелей с помощью тепловизионных камер

Чтобы получить достаточный тепловой контраст при осмотре солнечных фотоэлементов в условиях эксплуатации, необходимо солнечное излучение интенсивностью не ниже  $700 \text{ Вт/м}^2$ . Рекомендуемая интенсивность излучения, при которой можно получить максимально точные результаты, составляет  $700 \text{ Вт/м}^2$ . Интенсивность солнечного излучения характеризует мгновенное значение энергетического воздействия на поверхность и измеряется в  $\text{кВт/м}^2$ . Эту величину можно определить с помощью пиранометра (для полного солнечного излучения) или пиргелиометра (для прямого излучения). Интенсивность излучения зависит от погоды и местоположения объекта. Тепловой контраст также может увеличиться в условиях низкой температуры.



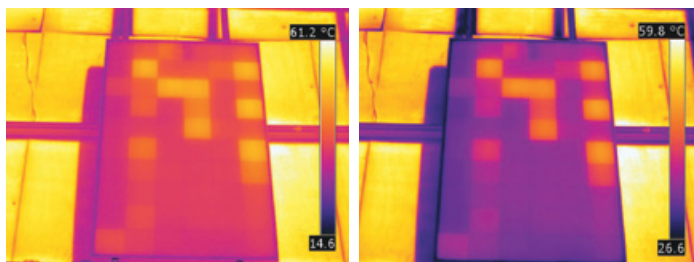
На этом термическом изображении виден так называемый лоскутный рисунок, который говорит о наличии в панели дефектного шунтирующего диода.



На этом термическом изображении показан горячий участок, возникший вследствие разрушения фотоэлемента в стандартном модуле на 60 элементов.

## Выбор камеры подходящего типа

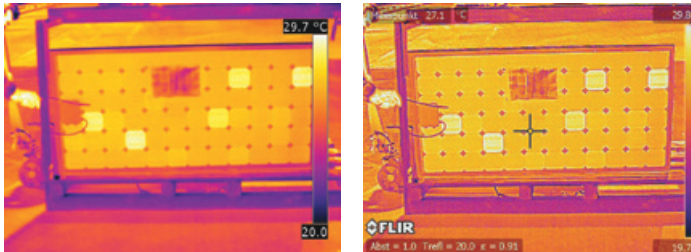
Портативные тепловизионные камеры для осмотра зданий обычно оснащены неохлаждаемым детектором (микроболометром), который работает в волновом диапазоне от 8 до 14 мкм. В этом диапазоне стекло непрозрачно. При осмотре солнечных фотоэлементов с лицевой стороны тепловизионная камера видит только распределение тепла на поверхности стекла: его распределение по элементам под стеклом можно определить лишь косвенно. Таким образом, перепады температур, которые можно измерить на стеклянной поверхности солнечной панели, весьма невелики. Чтобы лучше видеть такие изменения температуры, необходима тепловизионная камера с тепловой чувствительностью менее 0,08 °С. Чтобы зафиксировать незначительные температурные перепады на термическом изображении, камера должна поддерживать возможность ручной настройки уровня и диапазона.



*ИК-изображение с автоматической (слева) и ручной (справа) настройкой уровня и диапазона.*

Фотоэлектрические модули обычно устанавливаются на алюминиевой конструкции с высокой отражающей способностью. На термическом изображении ей соответствуют холодные участки, поскольку она отражает тепловое излучение Солнца. При толковании изображений это означает, что, согласно показаниям тепловизионной камеры, температура такого алюминиевого каркаса значительно ниже нуля. Поскольку алгоритм формирования термического рисунка камеры автоматически адаптируется к максимальному и минимальному уровням измеряемых температур, многие незначительные тепловые аномалии не удастся увидеть сразу. Чтобы получить высококонтрастные термические изображения, необходима постоянная ручная коррекция значений уровня и диапазона.

Одно из решений этой проблемы — функция так называемого цифрового выделения деталей (Digital Detail Enhancement, или DDE). Она автоматически оптимизирует контрастность изображения при съемке в местах с высоким динамическим диапазоном, благодаря чему потребность в ручной регулировке отпадает. В связи с этим тепловизионная камера с поддержкой функции DDE хорошо подходит для быстрого и точного осмотра солнечных панелей.



ИК-изображение с функцией DDE (слева) и без нее (справа).

### Правильное расположение камеры с учетом возможности отражения и излучающей способности

Несмотря на то что стекло обладает излучающей способностью на уровне 0,85—0,90 в волновом диапазоне 8—14 мкм, тепловизионные измерения на стеклянных поверхностях не самая простая процедура. Предметы отражаются в стекле, как в зеркале, из-за чего на термическом изображении становятся хорошо видны окружающие объекты с различной температурой. В худшем случае это приводит к неправильному толкованию (выделению ложных горячих участков) и ошибкам в измерениях.



Угловая зависимость излучающей способности стекла

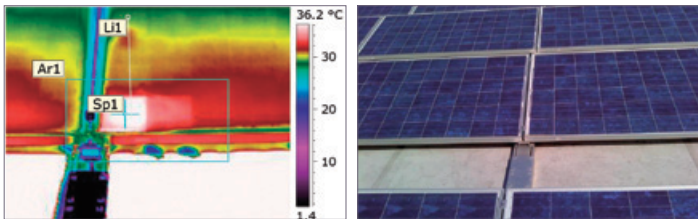


Рекомендуемый (зеленый) и нерекомендуемый (красный) углы съемки во время термографических осмотров.

Чтобы на стекле не отобразилась тепловизионная камера и оператор, не рекомендуется проводить осмотр под прямым углом. Однако при этом излучающая способность выше всего именно под таким углом и уменьшается по мере его увеличения. Компромиссным вариантом является угол съемки в диапазоне от 5 до 60° (где 0° соответствует перпендикуляру).

### Наблюдение с большого расстояния

При измерениях не всегда бывает легко подойти к объекту так, чтобы смотреть на него сквозь камеру под подходящим углом. В большинстве случаев эту проблему может решить штатив. В более сложных ситуациях возникает необходимость в передвижных платформах или даже съемке солнечных фотоэлементов с вертолета. В эти случаях иногда бывает полезно увеличить расстояние, с которого производится съемка, поскольку это позволяет охватить большую область. Для создания качественных термических изображений с больших расстояний необходимы тепловизионные камеры с разрешением не менее 320 × 240 пикселей (рекомендуемый вариант: 640 × 480 пикселей).

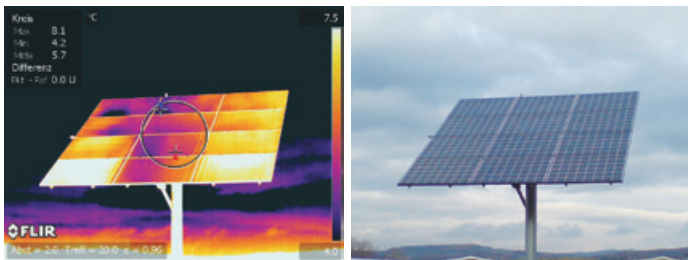


Неисправные солнечные элементы вырабатывают лишнее тепло, что позволяет легко обнаружить их с помощью технологии тепловидения.

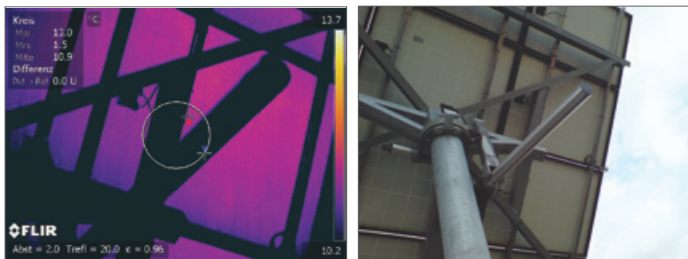
Рекомендуется также использовать устройства со съемными объективами, чтобы при съемке с большого расстояния (например, с вертолета) оператор мог установить телеобъектив. Такие объективы следует применять только с тепловизионными камерами высокого разрешения. Если съемка ведется с большого расстояния и используется камера с телеобъективом, камеры с низким разрешением не смогут обнаружить небольшие тепловые аномалии, указывающие на дефекты в солнечных панелях.

### Осмотр из разных положений

В большинстве случаев фотоэлектрические модули можно обследовать с помощью тепловизионной камеры, размещенной с обратной стороны элементов. Это позволяет избавиться от помех в виде отражений Солнца и облаков. Кроме того, температура с обратной стороны может оказаться выше, поскольку фотоэлемент не скрыт стеклянной поверхностью.



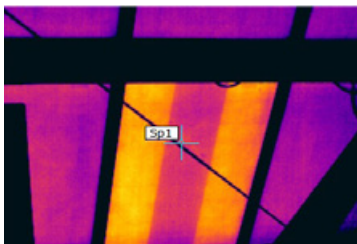
Горячие участки с лицевой стороны солнечной панели, которые видны на термическом изображении, могут создавать впечатление, что массив фотоэлементов работает недостаточно эффективно.



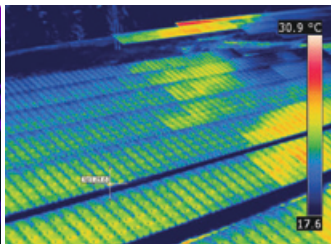
При осмотре с обратной стороны горячих участков не видно, поскольку на предыдущем изображении, сделанном с лицевой стороны, они были вызваны отражением облаков.

## Природные условия и тепловизионные измерения

При проведении термографической проверки небо должно быть ясным, поскольку облака уменьшают поток солнечного излучения и создают помехи в виде отражений. Однако информативные изображения можно получить и в условиях облачности, если тепловизионная камера достаточно чувствительна. Рекомендуется проводить проверки при безветренной погоде, поскольку поток воздуха на поверхности солнечного модуля может вызывать его конвекционное охлаждение и тем самым уменьшать температурный перепад. Чем ниже температура воздуха, тем больше возможная тепловая контрастность. В связи с этим термографические проверки можно проводить ранним утром.



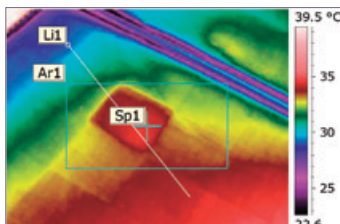
Две секции фотоэлементов отображаются на термическом рисунке как горячие участки, что указывает на разрушение шунтирующих диодов.



На этом термическом изображении видны обширные участки с повышенной температурой. Без дополнительной информации сложно сказать, являются ли они тепловыми аномалиями либо вызваны тенью или отражением.

Еще один способ повысить тепловую контрастность — отключить фотоэлементы от нагрузки. В результате пропадает ток и нагревание происходит только за счет солнечного излучения. После этого можно снова подключить нагрузку и понаблюдать за фотоэлементами в фазе нагревания.

Однако в большинстве случаев рекомендуется осматривать системы в обычных рабочих условиях, то есть под нагрузкой. В зависимости от разновидности элемента и типа сбоя или неисправности, дополнительную информацию можно получить с помощью измерений без нагрузки или во время короткого замыкания.



С помощью тепловизионной камеры можно быстро определить место возникновения неисправности, такой как повреждение фотоэлемента, и устранить ее.

## Ошибки измерения

Ошибки измерения главным образом связаны с неправильным расположением камеры, а также неоптимальными условиями исследования и условиями окружающей среды. Ошибки измерения обычно вызваны:

- слишком острым углом съемки;
- изменением интенсивности солнечного излучения с течением времени (например, из-за изменений в облачности);
- отражениями (например, от Солнца, облаков, более высоких зданий или измерительных приборов);
- частичной затененностью (например, из-за окружающих зданий и других сооружений).

## Что можно увидеть на термическом изображении

Если отдельные элементы солнечной панели теплее других, соответствующие им горячие области будут хорошо видны на термическом изображении. Такие горячие участки могут указывать на различные неисправности, в зависимости от своей формы и расположения. Если весь модуль теплее, чем должен быть, это может свидетельствовать о проблемах в электрической разводке. Если в качестве горячих участков или лоскутных рисунков отображаются отдельные элементы или их ряды, это может быть вызвано дефектными шунтирующими диодами, внутренним коротким замыканием или тем, что элементы не совмещены.



*Проверка солнечной панели показывает, что горячие точки хорошо видны на термическом изображении, сделанном даже с лицевой стороны.*

Затенения и трещины в элементах отображаются на термических изображениях как горячие участки или рисунки неправильной формы. Повышенная температура элемента или его части указывают на затенение или дефект. Рекомендуется сравнить термические изображения, полученные под нагрузкой, без нагрузки и во время короткого замыкания. Кроме того, ценную информацию может дать сопоставление изображений, сделанных с лицевой и обратной стороны модуля. Разумеется, для правильного определения сбоя необходимо также провести электрическую и визуальную проверку модулей, в которых были обнаружены аномалии.

## Выводы

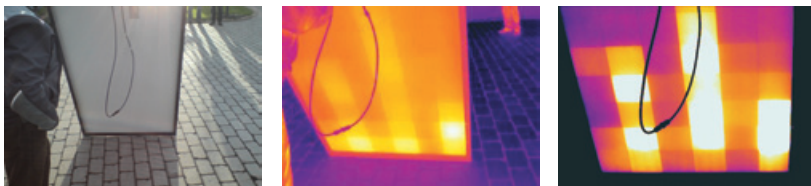
Термографический осмотр фотоэлектрических систем позволяет быстро выявить место локализации дефектов на уровне отдельных элементов и целых модулей, а также обнаружить возможные проблемы в электрической разводке. Проверка проводится в рабочих условиях и не требует отключения системы.

Для получения правильных и информативных термических изображений необходимо соблюдать определенные условия:

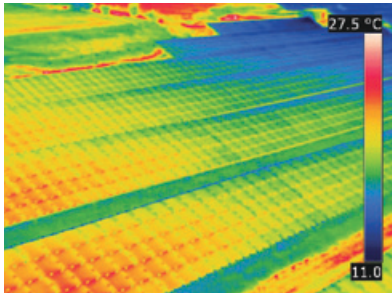
- следует использовать подходящую тепловизионную камеру с необходимыми принадлежностями;
- необходимо солнечное излучение достаточной интенсивности (не менее  $500 \text{ Вт/м}^2$ ; рекомендуется более  $700 \text{ Вт/м}^2$ );
- угол съемки должен находиться в допустимом диапазоне (от  $5^\circ$  до  $60^\circ$ );
- необходимо исключить затенение и отражения.

Тепловизионные камеры используются главным образом для поиска дефектов. Для классификации и оценки обнаруженных аномалий необходимо понимать гелиотехнологии, а также обладать знаниями в области обследуемых систем и уметь проводить дополнительные электрические замеры. При этом требуется соответствующая документация, в которой должны быть указаны все условия проведения проверок, дополнительные измерения и другая важная информация.

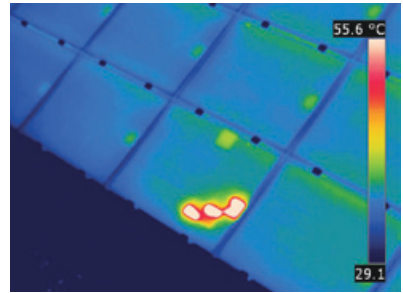
Осмотр с помощью тепловизионных камер (начиная с контроля качества на этапе установки и заканчивая последующими регулярными проверками) упрощает мониторинг состояния системы. Это помогает обеспечить надлежащую работу солнечных панелей и продлить срок их службы. Таким образом, применение тепловизионных камер для осмотра солнечных панелей существенно повышает рентабельность инвестиций.



На этих изображениях, сделанных с обратной стороны той же солнечной панели, гораздо меньше отражений, чем на изображениях с лицевой стороны, благодаря чему показания температуры гораздо более точные.



Чтобы избежать неправильных результатов, при осмотре солнечных панелей необходимо держать тепловизионную камеру под правильным углом.

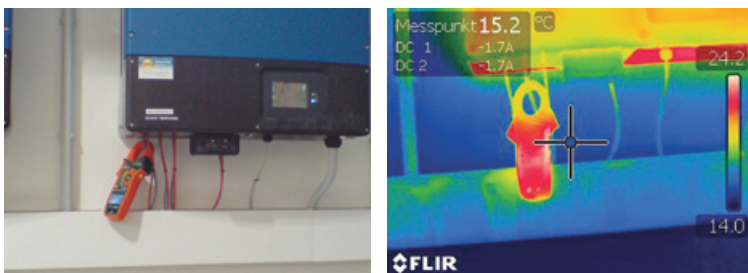


ИК-изображение солнечной электростанции, сделанное камерой FLIR P660 в полете (владелец термограммы — Эви Мюллер (Evi Müller), IMM).

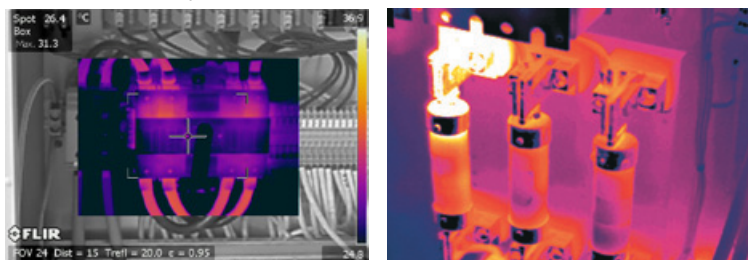
Тип ошибки	Пример	Вид на термическом изображении
Дефект изготовления	Примеси и воздушные полости	Горячий или холодный участок
	Трещины в элементах	Нагревание элемента, обычно продолговатой формы
Повреждение	Трещины	Нагревание элемента, обычно продолговатой формы
	Трещины в элементах	Часть элемента отображается более горячей
Временное затенение	Загрязнение	Горячие участки
	Птичий помет	
	Влажность	
Дефектный шунтирующий диод (вызывает короткие замыкания и снижает защищенность цепи)	Отсутствует	Лоскутный рисунок
Дефекты в электрической разводке	Не подсоединен модуль или ряд модулей	Модуль или ряд модулей заметно горячее

Таблица 1. Перечень типичных неполадок в модулях (источник: ZAE Bayern e.V, Überprüfung der Qualität von Photovoltaik-Modulen mittels Infrarot-Aufnahmen («Контроль качества фотоэлектрических модулей с помощью инфракрасных изображений»), 2007)

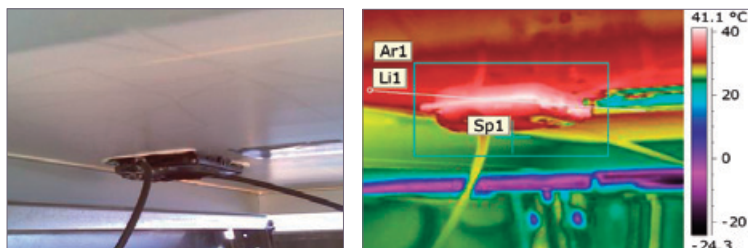
Однако тепловизионные камеры способны на большее, чем просто осмотр солнечных панелей. Они очень полезны при обслуживании электрических цепей и их элементов, таких как соединения, провода, инверторы и т. д.



Этот инвертор преобразует постоянный ток, получаемый от солнечных панелей, в переменный. Для его исследования можно использовать тепловизионные камеры. Дополнительную информацию можно получить с помощью внешнего токоизмерительного зажима Extech.



Тепловизионные камеры FLIR используются для проверки солнечной установки, включая провода, разъемы, коробки предохранителей и инверторы, то есть они могут контролировать всю систему.



Тепловизионные камеры FLIR также можно использовать для проверки различных компонентов солнечной установки. На изображении показан неисправный разъем.



# 6

## Проверка ветровых турбин с использованием тепловизионных камер

Энергия, вырабатываемая ветром и собираемая с помощью ветровых турбин, — это одна из форм возобновляемой энергии. Именно поэтому во всей Европе и странах других континентов каждый год устанавливаются новые ветровые турбины. Все они нуждаются в мониторинге и техническом обслуживании. Тепловизионные камеры могут играть важную роль в программах профилактического технического обслуживания ветровых турбин.



Тепловизионные камеры компании FLIR Systems используются для проверки электрических и механических установок по всему миру. Собранные данные помогают предотвратить возникновение аварийных ситуаций и избежать дорогостоящих простоев. Тепловизионные камеры компании FLIR Systems помогают контролировать все критически важные компоненты ветровой турбины.

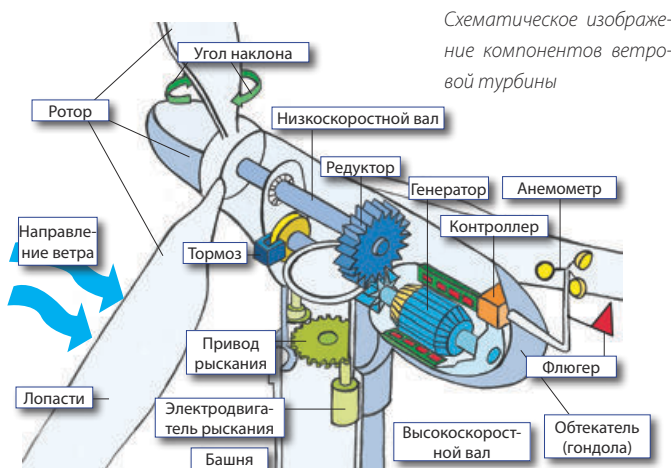


*ИК-изображение ветровой турбины, полученное с земли*

## Аварийные ситуации

Ветровые турбины состоят из множества электрических и механических компонентов. Как любое оборудование, эти компоненты подвержены износу и разрушению. Это может привести не только к дорогостоящим простоям, но и к аварийным ситуациям.

Самая распространенная причина возникновения таких ситуаций — неисправность в тормозном механизме либо редукторе. Редуктор и тормоза не дают лопастям вращаться слишком быстро. Если происходит отказ одного из этих компонентов, турбина получает возможность вращаться со скоростью, во много раз превышающей нормальную, что перегружает лопасти.



## Угроза для жизни

В этом случае концы лопастей ротора могут перемещаться со скоростью несколько сотен километров в час. Если лопасть или ее часть внезапно отсоединится от ротора, она будет обладать кинетическими энергией и моментом огромной величины. Это может привести к возникновению опасных для жизни ситуаций. Существует множество примеров, когда большие части лопастей находили на расстоянии десятков километров от турбины, от которой они откололись.

Проверки с помощью тепловизионных камер помогают предотвратить подобные ситуации. Существует общее правило для электрических и механических компонентов: перед отказом они нагреваются. Тепловизионные камеры позволяют увидеть такое повышение температуры до возникновения неисправности. На термическом изображении хорошо видны такие горячие участки.

### **Тепловизионные камеры помогают увидеть проблему.**

В то время как другие технологии позволяют определить, имеется ли неполадка в машине в целом, тепловизионные камеры точно указывают, какой именно компонент выходит из строя. Надежность, быстрота и эффективность: тепловидение можно использовать для выявления признаков износа в подшипниках, зубчатых передачах и тормозах, что позволяет произвести ремонт или замену компонента до возникновения неисправности.

### **Общая проверка системы**

Тепловизионные камеры можно использовать для проверки электрических компонентов, таких как трансформаторы, разъемы, контроллеры, электродвигатели рыскания и т. п. Тепловидение — это единственная технология, позволяющая проверять все электрические и механические компоненты ветровой турбины и соответствующей электрической системы.

### **Тепловизионная камера FLIR — идеальный инструмент**

Бригады технического обслуживания ветровых турбин по всему миру полагаются на тепловизионные камеры. Конструкция камеры — это важный фактор пригодности в условиях эксплуатации.

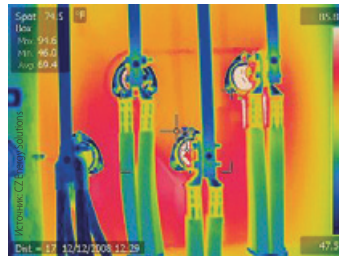
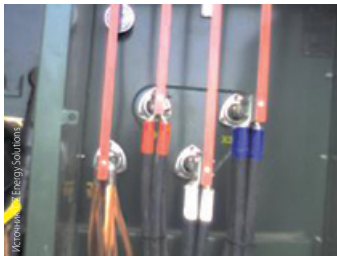


Источник: Пол Андерсон (Paul Anderson) (CC SA 2.0)

*Этот гигантский 12-тонный узел, состоящий из редуктора и дискового тормоза, поднят краном на высоту 60 метров для установки в обтекатель ветровой турбины.*



*Исследование трансмиссии ветровой турбины с использованием термических изображений. Проверка проводилась на высоте около 50 метров.*



*Тепловизионные камеры также можно использовать для полной проверки системы, частью которой являются ветровые турбины. Один из этих трехфазных разъемов (крайний правый) значительно теплее остальных. Этот дефект был локализован и исправлен до того, как возникла неисправность.*

Все камеры FLIR максимально компактны, обладают эргономичной конструкцией и удобны в эксплуатации. Это чрезвычайно важно, когда приходится взбираться на десятки метров, чтобы добраться до нужной ветровой турбины.

Другой важный фактор — объектив. FLIR Systems предлагает широкоугольные объективы с углом обзора 45 и 90°, которые поставляются на заказ. Это позволяет исследовать большие компоненты за один подход даже при сильном приближении. Такая возможность очень важна, особенно с учетом того, что при проверке на большой высоте не получится отойти назад.

Компания FLIR Systems предлагает полный ассортимент тепловизионных камер для проведения проверок в строительной отрасли. От компактной модели i3 начального уровня до практических моделей серий Ebx и B и многофункциональной модели B660 — FLIR Systems предлагает камеры для каждой сферы применения.



## Выбор поставщика тепловизионной камеры

Приобретение тепловизионной камеры — это долгосрочная инвестиция. Поэтому следует выбирать не только тепловизионную камеру, отвечающую конкретным потребностям, но и надежного поставщика, который способен оказывать поддержку в течение продолжительного времени.

Производитель должен предлагать перечисленные ниже продукты и услуги.

- **Аппаратное обеспечение**  
Пользователи предъявляют к продуктам различные требования, поэтому очень важно, чтобы поставщик мог предложить полный спектр тепловизионных камер: от недорогих вариантов до передовых моделей высшего класса.
- **Программное обеспечение**  
Независимо от области применения, пользователям необходимо программное обеспечение для анализа термических изображений и формирования отчетов. Выбирайте тепловизионную камеру, совместимую с программным обеспечением, которым вы пользуетесь при работе.
- **Принадлежности**  
После того как вы начнете использовать тепловизионную камеру и откроете для себя все ее преимущества, вам может понадобиться более широкий спектр возможностей. Убедитесь в том, что приобретенная вами система способна удовлетворить растущие потребности. Производитель должен предлагать различные типы объективов, дисплеев и т. п.
- **Обслуживание**  
Несмотря на то что большинство тепловизионных камер, используемых в строительстве, не требует обслуживания, рядом с местом эксплуатации должен быть сервисный центр. Кроме того, тепловизионные камеры периодически требуют повторной калибровки. При необходимости камера должна отправляться не в другую часть света, а в местный сервисный центр, чтобы вернуться к вам максимально быстро.
- **Обучение**  
Использование технологий тепловидения не ограничивается умением обращаться с камерой. Выбирайте поставщика, который может обеспечить качественное обучение и поддержку.



# 8

## Выбор оптимального решения

При выборе тепловизионной камеры, программного обеспечения и учебных материалов важно оценить перечисленные ниже ключевые показатели.

1. Качество изображения
2. Тепловая чувствительность.
3. Точность
4. Функции камеры
5. Программное обеспечение
6. Требования к обучению.

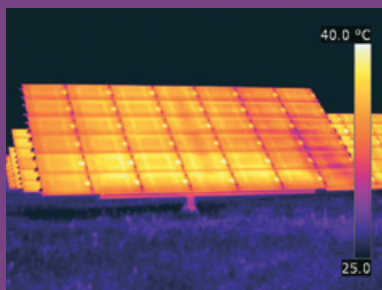
### 1. Качество изображения

Качество изображения, или разрешение камеры, является важным фактором. Самые дешевые модели имеют разрешение 60 x 60 пикселей, в то время как дорогие модели высшего класса обладают разрешением 640 x 480 пикселей.

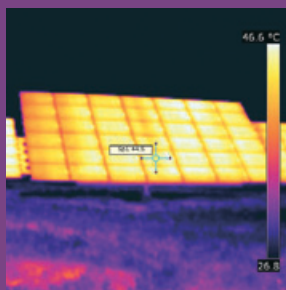
Тепловизионные камеры с разрешением 320 x 240 или 640 x 480 пикселей создают изображение высочайшего качества. Для более сложных проверок разрешение 640 x 480 считается стандартным среди профессиональных термографистов.

Камера с разрешением 640 x 480 пикселей создает изображение с 307 200 точками измерения, что в четыре раза больше, чем у камеры с разрешением 320 x 240 пикселей (76 800 точек). Эта разница означает не только более высокую точность измерения, но и значительные различия в качестве изображения.

Высокое разрешение помогает более точно увидеть, измерить и понять происходящие явления.



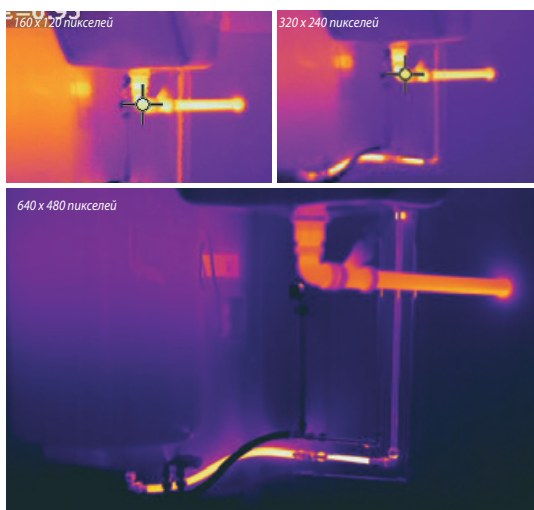
ИК-изображение: 640 x 480 пикселей



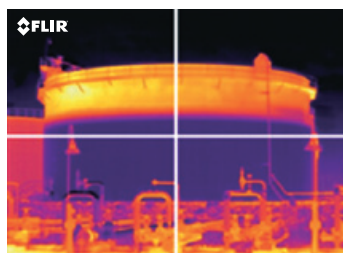
ИК-изображение: 180 x 180 пикселей

Камеры с высоким разрешением позволяют увидеть мелкие детали на большом расстоянии от объекта. В отличие от камер с низким разрешением, они позволяют охватить большой участок без потери информации на термическом рисунке.

Камера с разрешением 640 x 480 пикселей, оборудованная объективом с углом наклона 45°, позволяет просканировать участок размером приблизительно 4 x 3 м с расстояния 5 м всего одним снимком. Чтобы проверить ту же установку с помощью камеры с разрешением 320 x 240 пикселей и объективом с углом наклона 45°, потребуется сделать четыре изображения с вдвое меньшего расстояния. Использование камер с высоким разрешением не только повышает эффективность при полевых проверках: меньшее количество изображений экономит время на этапе документирования.



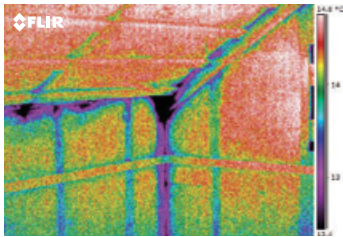
640 x 480 пикселей  
Требуются одно ИК-изображение



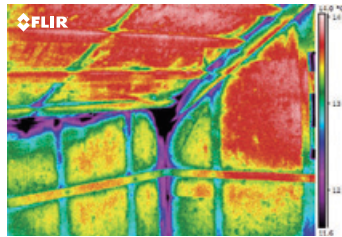
320 x 240 пикселей  
Требуются четыре ИК-изображения, снятых  
с вдвое меньшего расстояния

## 2. Тепловая чувствительность.

Тепловая чувствительность определяет, насколько малые перепады температур может распознавать камера. Чем выше тепловая чувствительность, тем меньше минимальная разница температур, которую тепловизионная камера способна определить и визуализировать. Как правило, тепловая чувствительность измеряется в градусах Цельсия или милликельвинах. Лучшие тепловизионные камеры для профилактического технического обслуживания обладают тепловой чувствительностью 0,03 °C (30 мК).



Чувствительность 65 мК



Чувствительность 45 мК

Способность распознавать такой незначительный перепад температур необходима в большинстве сфер, где применяется тепловидение. Высокая чувствительность камеры особенно важна для диагностики зданий в условиях, когда перепады температур невелики. Более высокая чувствительность необходима для создания детальных снимков, обеспечивающих более высокое качество диагностики для принятия соответствующих мер. Чем выше чувствительность, тем лучше камера распознает мельчайшие детали изображения даже при небольших перепадах температур.

## 3. Точность

Все измерения могут иметь погрешности, и тепловидение не исключение, поэтому в этой сфере точность играет важную роль.

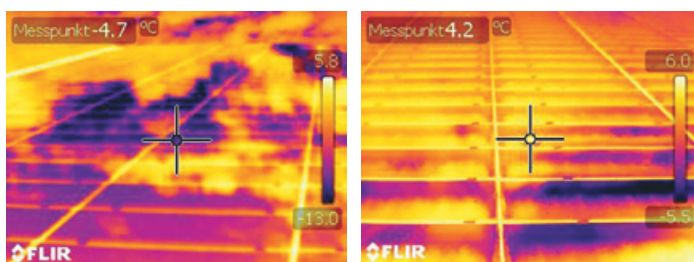
В таблицах спецификаций тепловизионных камер точность выражается как в процентах, так и в градусах Цельсия. Это предел погрешности, с которой работает камера. Измеренная температура может отличаться от фактической либо на указанный процент, либо на абсолютную величину температуры (в зависимости от того, какая величина больше).

На сегодня отраслевой стандарт составляет  $\pm 2\%$  или  $\pm 2\text{ °C}$ . Лучшие тепловизионные камеры от FLIR Systems обладают еще более высокой точностью: погрешность в них составляет  $\pm 1\%$  или  $\pm 1\text{ °C}$ .

## 4. Функции камеры

### *Излучающая способность и отраженная эффективная температура*

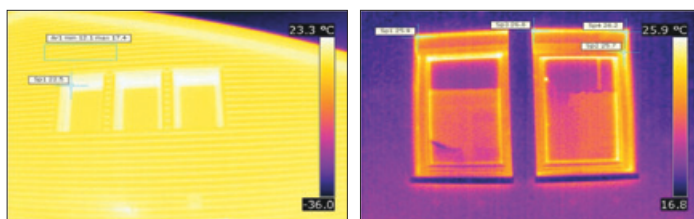
Излучающая способность объекта — это важный параметр, который следует учитывать. В настройках всех тепловизионных камер FLIR для строительной отрасли можно устанавливать значения излучающей способности и отраженной эффективной температуры, что очень важно. При покупке тепловизионной камеры убедитесь в том, что в ней присутствуют эти функции.



На этом термическом изображении хорошо видна проблема, связанная с отражением. На фотографии с тепловизионной камеры видны отражения облаков. Значение температуры на отражении — это сумма температуры панели и отраженной эффективной температуры облака.

### *Ручная корректировка уровня и диапазона*

Еще одна важная функция камеры — это возможность ручной настройки диапазона температур и уровня детализации термического изображения. Без этой функции камера будет автоматически отображать все температуры в диапазоне между максимальной и минимальной температурой объекта. Однако в некоторых случаях оператора интересует лишь небольшой участок этой температурной шкалы.



Диапазон температур на изображении слева, полученном с камеры с автоматической настройкой, слишком широк. Изображение справа, выполненное в режиме ручной настройки, показывает утечку тепла, которая была практически незаметна на изображении с автоматической настройкой.

## *Сигнализация точки росы, относительной влажности и состояния изоляции*

### *— Сигнализация точки росы*

Точка росы — это температура, при которой влага в определенном объеме воздуха конденсируется и превращается в воду. В этой точке относительная влажность составляет 100 %. На основании ряда параметров, настраиваемых в камере, сигнализация точки росы автоматически обнаруживает области, в которых этот эффект может возникнуть из-за дефектов в конструкции здания.

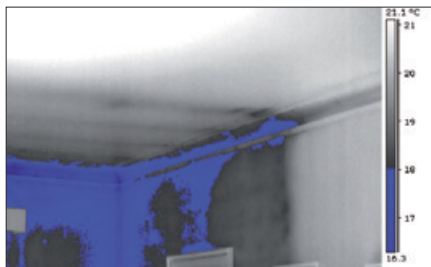
### *— Сигнализация относительной влажности*

Иногда плесень образуется и в зонах, где относительная влажность ниже 100 %. Для поиска таких областей сигнализация точки росы не подходит, поскольку она обнаруживает только участки с относительной влажностью 100 %.

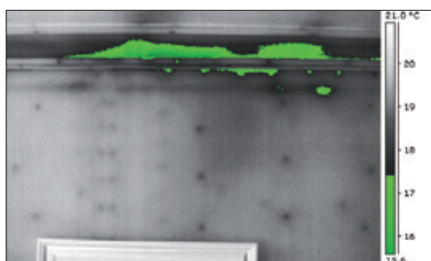
Чтобы обнаружить зоны с относительной влажностью ниже 100 %, можно использовать сигнализацию относительной влажности. Эта функция позволяет задать значение относительной влажности, при превышении которого будет срабатывать сигнализация.

### *— Сигнализация состояния изоляции*

Сигнализация состояния изоляции обнаруживает участки здания с возможным повреждением изоляции. Она срабатывает, когда уровень изоляции падает ниже заданного значения утечки энергии через стену.



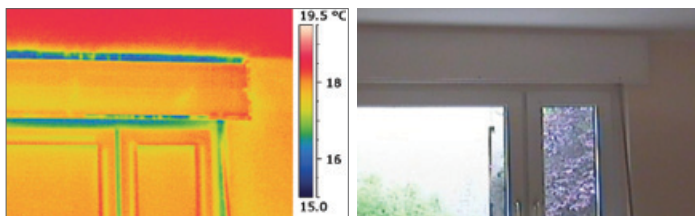
*Сигнализация относительной влажности показывает участки с повышенным риском конденсации. На изображении ниже поврежденные риску участки обозначены синим цветом.*



*Функция сигнализации состояния изоляции показывает участки с температурой выше или ниже заданной, выделяя их другим цветом.*

### Цифровая камера

Иногда бывает сложно понять, какие именно компоненты показаны на термическом изображении. В таких случаях полезно снять объект в видимом свете. В большинстве тепловизионных камер FLIR встроены цифровые камеры. Как правило, специалисты в области строительства, использующие тепловизионные камеры, делают и обычные снимки, чтобы точно знать, что показано на термическом изображении.



ИК-изображение

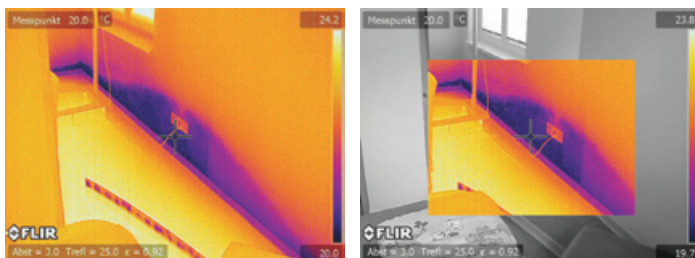
Обычное изображение

### Светодиодные лампы

Встроенная лампа гарантирует, что цифровая камера будет делать четкие снимки, необходимые для работы функций «Изображение в изображении» и «Тепловое наложение», независимо от уровня освещенности.

### «Изображение в изображении»

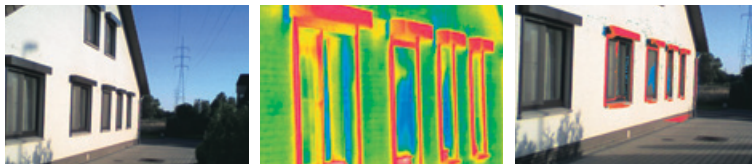
Функция «Изображение в изображении» позволяет комбинировать изображения, полученные с помощью обычной цифровой и тепловизионной камер. Комбинированное изображение располагается в рамке в верхней части цифрового фото, в которой можно перемещать ИК-изображение и изменять его размер. Это помогает точнее распознавать неисправности.



На этой фотографии, которая демонстрирует повреждения из-за воздействия воды, хорошо видны преимущества функции «Изображение в изображении». Клиент может легко увидеть, где именно был сделан снимок (на обычном термическом изображении понять это было бы сложнее).

### *Тепловое наложение*

Эта функция позволяет комбинировать два изображения, задавая диапазон температур, в котором отображаются тепловые данные, а за пределами которого — цифровые сведения. Это помогает выявить точное местоположение проблемы и повысить эффективность ремонта.



*Обычное изображение*

*Инфракрасное изображение*

*Изображение с тепловым наложением*

### *Лазерный указатель*

Некоторые тепловизионные камеры оснащены лазерным указателем, который очень полезен.

Он позволяет точно увидеть, на чем сфокусирован объектив тепловизионной камеры. Всего одно нажатие кнопки, и лазерный указатель покажет, куда направлена тепловизионная камера.

Кроме того, лазерный указатель обеспечивает безопасность. Он избавляет от необходимости прикасаться к предметам, которые иногда могут быть опасны.

### *Сменные объективы*

После того как вы начнете использовать тепловизионную камеру и открываете все ее возможности, ваши потребности могут измениться. Сменные объективы помогут адаптировать камеру к любой ситуации. В большинстве случаев стандартные объективы — это хорошее решение, но иногда требуется поле обзора, которое они не в состоянии обеспечить.

В некоторых ситуациях бывает недостаточно места, чтобы отступить и увидеть объект полностью. В такой ситуации широкоугольный объектив станет оптимальным решением. Он дает оператору возможность осмотреть целый дом с расстояния всего в пару метров.

Такие объективы позволяют строительным инспекторам обследовать целые здания и при этом не отходить далеко от них. Для удаленных объектов может оказаться полезен телеобъектив. Он идеально подходит для осмотра мелких предметов и предметов, расположенных на расстоянии.

### *Эргономичная конструкция и простота использования*

Любой инструмент удобнее использовать, если он легкий, компактный и простой в применении. Поскольку большинство специалистов в области строительства используют тепловизионные камеры часто и в течение продолжительного времени, их конструкция должна быть эргономичной. Меню должно быть интуитивно понятным, а кнопки — удобными, чтобы обеспечить эффективное использование оборудования.

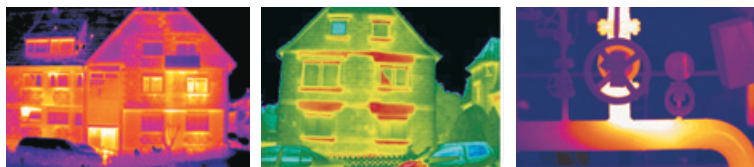


Компания FLIR Systems стремится реализовать в каждой камере небольшой вес, функциональность и простоту использования, поэтому несколько ее продуктов уже были отмечены наградами.

### *Формат изображения*

Одним из факторов, влияющих на быстроту создания отчетов, является формат, в котором тепловизионная камера сохраняет термические изображения. Некоторые камеры сохраняют данные и изображения в собственном формате, поэтому при работе с ними требуется дополнительное программное обеспечение для преобразования файлов в стандартный формат JPEG.

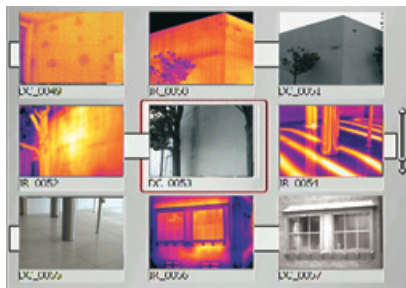
Камера FLIR создает полностью радиометрические JPEG-файлы. Это означает, что все данные температуры содержатся непосредственно на изображении и изображения легко интегрируются в стандартное программное обеспечение.



*Все тепловизионные камеры сохраняют изображения в формате JPEG.*

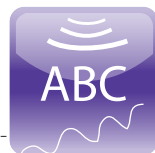
### *Галерея миниатюрных изображений*

Иногда термические изображения необходимо сравнить с фотографиями, которые были сделаны ранее и хранятся в памяти камеры. Во всех тепловизионных камерах FLIR есть удобные галереи миниатюрных изображений, помогающие быстро просматривать сохраненные фотографии и экономить время.



### *Голосовые и текстовые комментарии*

Чтобы ускорить формирование отчетов как на этапе проверки, так и на этапе документирования, в некоторых тепловизионных камерах предусмотрена возможность добавлять текстовые комментарии с помощью клавиатуры на встроенном сенсорном экране. Некоторые тепловизионные камеры могут записывать голосовые комментарии во время работы, что позволяет не тратить время на заметки во время тепловизионных проверок.



### *GPS-навигация*

Возможно, вам приходилось забывать, где именно сделано то или иное ИК-изображение, и не удавалось найти никаких заметок, которые напомнили бы вам о соответствующем местоположении. Некоторые из лучших моделей камер обладают функцией GPS, позволяющей связать ИК-изображение с его местоположением. GPS-технология поможет сохранить данные о месте, где было сделано каждое изображение.



### *Совместимость с внешними инструментами для тестирования и измерения*

Иногда измерения температуры дают недостаточно информации об оборудовании. Чтобы получить полное представление о состоянии здания, многие специалисты в области строительства используют внешние датчики, такие как влагомеры. Данные с влагомера записываются, а затем копируются в отчет. Однако этот метод неэффективен, так как операторы могут ошибаться.

Компания FLIR Systems предлагает тепловизионные камеры, которые могут автоматически сохранять на термическом изображении данные, полученные с влагомеров по каналу Bluetooth MeterLink. Бумажные заметки уходят в прошлое, поскольку показания многофункциональных влагомеров Extech автоматически передаются в камеру по беспроводному каналу связи и сохраняются на соответствующем термическом изображении.



*Функция MeterLink позволяет подключить к тепловизионной камере FLIR влагомер Extech по беспроводному каналу.*

### *Беспроводная связь*

Технология Wi-Fi обеспечивает возможность беспроводной связи с камерой (например, для отправки изображений с камеры на смартфон или планшетный ПК).



## 5. Программное обеспечение

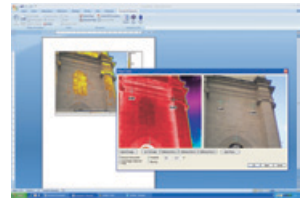
Иногда результаты осмотра необходимо предоставить коллегами или клиенту для оценки. Анализ термических изображений и формирование отчетов о проверке — важные задачи. Убедитесь в том, что тепловизионная камера поставляется с программным обеспечением, позволяющим их выполнить.



Большинство программных пакетов, поставляемых с тепловизионными камерами, позволяют выполнять базовый анализ и создавать отчеты. Они содержат функции измерения температуры в одной точке и другие базовые средства измерения.

Если необходимы дополнительные функции анализа и создания отчетов, производитель тепловизионной камеры должен предложить расширенный программный пакет. В него должны быть включены следующие функции:

- гибкое оформление и разметка страниц для формирования отчетов по индивидуальным требованиям;
- функциональные средства для анализа температуры: множество точек, участки, измерение перепада температур;
- функция «Изображение в изображении» с тройным наложением (перемещаемое, изменяемого размера, масштабируемое);
- анализ тенденций;
- создание формул с использованием результатов тепловизионных измерений;
- создание радиометрических последовательностей непосредственно в отчете;
- быстрый поиск изображений для отчета;
- создание панорам для объединения нескольких изображений в одно большое.



Располагая качественным аналитическим и тепловизионным отчетом, вы сможете показать руководству или клиенту места потенциальных проблем и убедить их в необходимости профилактических мер.

## 6. Требования к обучению

Компания FLIR сотрудничает с Центром обучения ИК-технологиям (ITC) — глобальной учебной организацией, которая проводит подготовку слушателей в соответствии с мировыми стандартами. ITC предлагает любые курсы: от кратких вводных до сертификационных. С более подробными сведениями можно ознакомиться на сайте

[www.infraredtraining.com](http://www.infraredtraining.com) или [www.irtraining.eu](http://www.irtraining.eu).



# 9

## Порядок проведения термической диагностики

Итак, тепловизионная камера доставлена. Можно начинать проверку. Но с чего начинать? В этом разделе руководства описаны методики тепловизионного обследования, которые упростят начало работы.

### 1. Определите задачи

Прежде чем выполнять задание, можно расспросить клиента о состоянии здания. Например, не наблюдалось ли в последнее время повышенное энергопотребление? Холодно ли внутри? Ощущаются ли сквозняки? После этого определите температуру внутри помещения и за его пределами и убедитесь в том, что перепад достаточен для осмотра (рекомендуемая величина — не менее 10 °C).

### 2. Начните снаружи

Начните термографический осмотр снаружи. Отсюда можно быстро обнаружить отсутствие изоляции или тепловые мосты. Важно сделать несколько термических снимков на участках, где состояние изоляции кажется нормальным. Это позволит сравнить результаты с изображениями, на которых видны дефекты, чтобы оценить степень серьезности обнаруженных проблем.

### 3. Продолжите осмотр изнутри

Далее необходимо оценить ситуацию изнутри, что требует отдельной подготовки. При подготовке к сканированию внутреннего пространства проверяющий должен принять определенные меры для достижения точных результатов. К их числу может относиться удаление мебели от внешних стен и снятие портьер. Это рекомендуется делать как минимум за шесть часов до осмотра, чтобы изолирующие свойства мебели не оказывали влияния на термические показания тепловизионной камеры. Как уже говорилось, наиболее точные термографические изображения получаются при большой разнице между внутренней и наружной температурой (не менее 10 °C).

Если все условия соблюдены, можно приступать к сканированию каждой комнаты с помощью тепловизионной камеры. При этом инспектор должен тщательно фиксировать местоположение каждого термического снимка (например, с помощью стрелок на плане здания, которые точно указывают угол, под которым было сделано изображение).

#### 4. Проверка на герметичность

Небольшие трещины и щели могут быть причиной сквозняка. Это не только раздражает, но и ведет к большим энергопотерям. Утечка воздуха может вдвое повысить расход энергии, затрачиваемой на отопление. Обнаружить даже самые небольшие трещины можно с помощью пневматического теста BlowerDoor для определения герметичности.

Проверка BlowerDoor помогает усилить утечки воздуха через щели и трещины в корпусе здания.

В систему BlowerDoor входит три компонента: откалиброванный вентилятор, дверное полотно и устройство измерения потока вентилятора и давления в здании. Вентилятор BlowerDoor временно устанавливается в наружном дверном проеме с помощью дверного полотна. Он подает воздух внутрь здания или за его пределы, что создает небольшую разницу между внутренним и наружным давлением.



*Оборудование BlowerDoor обычно устанавливается в проеме входной двери.*

Вентилятор системы BlowerDoor вытягивает воздух из комнаты или вдувает его внутрь, вызывая перепад давления. Если температура за пределами здания ниже, чем внутри него, то воздух обычно выдувается из помещения. В результате давление внутри комнаты становится ниже, чем за ее пределами, и перепад составляет около 50 Па.

Из-за этого воздух будет проникать внутрь комнаты через имеющиеся трещины, охлаждая места их расположения. Этот перепад температуры будет отображаться на термическом изображении как холодный участок, благодаря чему оператор может выявить место проникновения воздуха и отметить его на плане.

## 5. Анализ и создание отчетов

Завершив обследование всех комнат, вернитесь на рабочее место для анализа изображений и включения обнаруженных неисправностей в отчет.

С помощью разработанных компанией FLIR программ QuickReport, QuickPlot, BuildIR и Reporter можно быстро составить полный отчет по результатам осмотра здания, а затем предоставить его коллегам или клиенту для оценки.



## FLIR BuildIR

Программное обеспечение FLIR BuildIR позволяет проанализировать термические изображения и дать количественную оценку таким проблемам здания, как проникновение воздуха, дефекты изоляции, тепловые мосты и влажность. Его новые уникальные функции также позволяют провести количественную оценку стоимости потерь энергии.

В программный пакет входит редактор изображений для расширенного анализа термических снимков, а также различные инструменты, такие как средство панорамирования и датчик для построения графиков состояния во время осмотра. Функция панорамирования позволяет объединить несколько изображений в одно большое, а также выполнить обрезку и коррекцию перспективы. Среди других функций — функция сетки и расчета площади, калькулятор оценки стоимости энергии и редактируемые шаблоны отчетов.

## FLIR Reporter

Использование стандартных средств Microsoft Office Word для работы с текстом делает программу FLIR Reporter интуитивно понятной и удобной. Поскольку большинство пользователей знакомы с редактором Word, создание профессиональных отчетов с применением известных функций этой программы, таких как автоматическая проверка правописания, требует минимальной подготовки.

Программа FLIR Reporter также поддерживает множество расширенных функций, таких как «Изображение в изображении», «Тепловое наложение», функции GPS, цифровое увеличение, настройка цветовой палитры, воспроизведение голосовых комментариев, записанных на полевых работах, и автоматическое преобразование отчетов в формат Adobe PDF.

**FLIR** Inspection Report

Report Date: 2007-07-22

Company: FLIR Systems AG  
Address: Rue 3  
Thermographer: Marc Anagnost

Customer: Unifac  
Site Address: Chesham St, London, UK  
Contact Person: Stuart Mann

**Image and Object Parameters**

Parameter	Value
Camera Model	FLIR A310
Image Size	1600 (12.8) x 1216 (9.6)
Image Name	01_0104.jpg
Resolution	300
Ambient Temperature	23.1 °C
Object Distance	2.0 m

**Description**

Painting on a wall and seal gaps and holes in the wall construction. Note: see option 7. Repeat where closer than the wall.





FLIR i3/i5/i7



Серия FLIR Ebx



Серия FLIR B



FLIR T640bx



FLIR B620/B660



\* После регистрации изделия на [www.flir.com](http://www.flir.com)