



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕПЛОВИДЕНИЯ В ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

Справочное руководство по применению тепловизионных камер
в промышленности



www.tulor.com

Содержание

Стр.

Введение

4

1. Тепловизионная камера и принципы ее работы

6

2. Для чего используется тепловидение?

8

3. Применение технологий тепловидения в профилактическом техническом обслуживании

12

4. Выбор поставщика тепловизионной камеры

24

5. Теплофизика в профилактическом техническом обслуживании

26

6. Выбор оптимального решения

30

7. Порядок проведения тепловизионной диагностики

42

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

СПЕЦИФИКАЦИИ МОГУТ БЫТЬ ИЗМЕНЕНЫ БЕЗ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ.

© FLIR Systems AB, 2011. Все остальные наименования торговых марок и изделий являются собственностью соответствующих владельцев.

Введение

В 1965 году компания, которая позже стала называться FLIR Systems, продала первую коммерческую тепловизионную камеру для диагностики высоковольтных линий электропередач. С этого времени производство тепловизионных камер для профилактического технического обслуживания в промышленности стало важным направлением работы для FLIR.

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

Тепловизионные камеры стали одним из самых ценных диагностических инструментов для профилактического технического обслуживания.

Технология тепловидения помогает обнаружить аномалии, которые не видны невооруженным глазом, и принять корректирующие меры еще до возникновения системных отказов, которые несут существенный ущерб.

Тепловизионные камеры — это уникальный инструмент, который позволяет определить участок системы, требующий обслуживания, и время, когда оно понадобится. Электрические и механические установки, как правило, нагреваются перед выходом из строя, поэтому их легко увидеть с помощью технологий тепловидения. Обнаружение потенциально проблемных точек позволяет принять профилактические меры. Это, в свою очередь, помогает избежать затратных простоев и даже пожаров, возникающих из-за перегрева систем.

Тепловизионная камера — это надежный бесконтактный инструмент, способный быстро и точно сканировать температуру на поверхности



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

установок и электрооборудования, а также визуализировать полученные сведения. Термографические программы позволяют нашим клиентам по всему миру экономить средства.

Многие отрасли промышленности открыли для себя преимущества тепловизионных камер и используют их в рамках программ профилактического технического обслуживания.

В этой брошюре содержатся подробные инструкции по проведению осмотров в ходе профилактического технического обслуживания. При выполнении таких осмотров следует обращать внимание на многие детали. Важно не только уметь работать с тепловизионной камерой и получать изображения, но и знать физические принципы действия обследуемых электрических и механических установок, а также их устройство. Это особенности необходимо учитывать для правильного понимания, толкования и оценки ИК-изображений.

Однако в одном руководстве невозможно рассмотреть все принципы и варианты применения систем для анализа в ходе профилактического технического обслуживания. Поэтому при организации учебных курсов, посвященных вопросам профилактического технического обслуживания, мы сотрудничаем с Центром обучения ИК-технологиям (ITC).

В этом руководстве рассмотрены перечисленные ниже темы:

- Тепловидение в профилактическом техническом обслуживании
- Принципы работы тепловизионных камер и факторы, которые следует учитывать при их приобретении
- Факторы, которые следует учитывать при создании снимков ИК-изображений



Современные тепловизионные камеры компактны, легки и просты в использовании

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

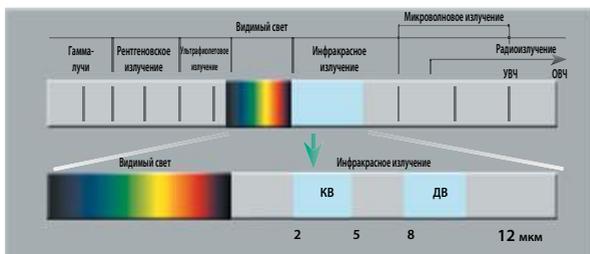
Что такое инфракрасное излучение?

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.

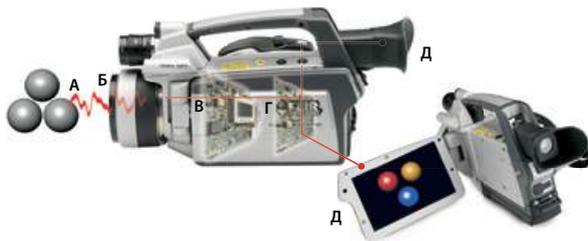
Инфракрасный свет находится между видимой и микроволновой частями электромагнитного спектра. Основным источником инфракрасного излучения — тепловое излучение. Любой объект с температурой выше абсолютного нуля (-273,15 °С или 0 °К) излучает тепло в инфракрасном диапазоне. Даже объекты, которые кажутся 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 видеоскателя, 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. Чтобы получить такие значения, в тепловизионной камере используются сложные алгоритмы, что делает ее идеальным инструментом для профилактического технического обслуживания.

2

Для чего используется тепловидение?

Как работать быстрее и эффективнее при меньших затратах? Чтобы достичь этой цели, промышленные предприятия должны работать 24 часа в сутки 365 дней в году.

При этом необходимо исключить любые простои.

Если вы отвечаете за профилактическое техническое обслуживание предприятия, на вас лежит большая ответственность.

Если бы существовала возможность предвидеть выход компонентов из строя, это позволило бы точно спланировать корректирующие меры. К сожалению, большинство проблем остаются скрытыми до тех пор, пока не проявятся в полном объеме.

Тепловизионные камеры — это идеальный инструмент для прогнозирования отказов, позволяющий видеть то, что не видно невооруженным глазом. ИК-изображение дает возможность заранее получать сведения о проблемных участках.

Чтобы поддерживать непрерывную работу, многие предприятия используют в рамках профилактического технического обслуживания тепловизионные камеры.

Будь то контроль за работой высоковольтного оборудования, низковольтных щитовых, двигателей, насосов, высокотемпературного



Неверно закрепленное соединение



Проверка высоковольтных линий электропередач



Возможная неисправность ролика



Перегрев двигателя



Ненадежные соединения и внутренние повреждения



Внутренние повреждения предохранителей



Повреждение изоляции



Конденсационный горшок

оборудования или поиск дефектов изоляции — тепловизионные камеры позволяют увидеть проблемные места при любом виде проверки.

Но что, если обследования выполняются нерегулярно? Важной ли проблемой является выход из строя низковольтного соединения?

Помимо эксплуатационных потерь, существует более серьезная опасность.

Пожар

Незначительная неисправность электропроводки может привести к серьезным последствиям. Эффективность работы электросети снижается, а энергия расходуется на выработку тепла. Без проверок температура может повыситься до уровня, при котором оплавляются контакты. Кроме того, возможно образование искр, которые могут вызвать пожар.

Последствия пожара часто недооцениваются: помимо уничтожения товара и оборудования, это — значительные потери рабочего времени, повреждения из-за воздействия воды и даже гибель людей.

Около 35% пожаров в промышленности возникает из-за неисправности электропроводки, приводя к убыткам в 300 000 000 000 евро в год.

Большинства из этих проблем можно избежать с помощью тепловизионной камеры. Она позволяет обнаружить неисправности, которые не видны невооруженным глазом, и устранить проблемы до того, как остановится производство или возникнет пожар. Это лишь одна из причин, по которой стоит приобретать тепловизионные камеры FLIR Systems: они чрезвычайно быстро окупаются.



Незначительная неисправность электропроводки может привести к серьезным последствиям

Для чего используется тепловизионная камера?

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

Инфракрасные термометры — 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 и компонентов можно не заметить важных деталей, которые требуют срочного ремонта.

Тепловизионная камера FLIR способна сканировать двигатели, компоненты и панели, не пропуская перегретых участков, как бы малы они ни были.



ИК-термометр: измерение температуры в одной точке



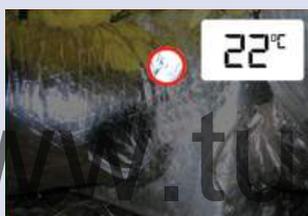
FLIR i3: измерение температуры в 3 600 точках

Более быстрое и легкое обнаружение проблем с высочайшей точностью

При использовании инфракрасного точечного термометра легко не заметить серьезную неисправность. Тепловизионная камера FLIR сканирует компоненты целиком, создавая полную диагностическую картину неполадок.

Использовать ее так же эффективно, как тысячи инфракрасных термометров одновременно

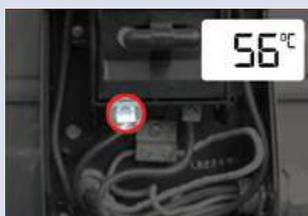
Инфракрасный термометр позволяет измерить температуру в одной точке. Тепловизионные камеры могут измерять температуру всей системы или компонента. Камера FLIR i3 создает изображение с разрешением 60 x 60 пикселей. Этого же результата можно достичь при одновременном использовании 3 600 ИК-термометров. 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, используемых одновременно.



Изображение с ИК-термометра



Изображение с тепловизионной камерой



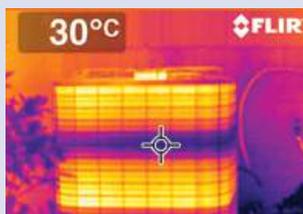
Изображение с ИК-термометра



Изображение с тепловизионной камерой



Изображение с ИК-термометра



Изображение с тепловизионной камерой

В

Применение технологий тепловидения в профилактическом техническом обслуживании

Тепловизионные камеры для профилактического технического обслуживания — это функциональный инструмент для неразрушающего контроля и диагностики состояния электрических и механических установок и компонентов. 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.
- Позволяют проводить проверки в системах под нагрузкой.
- 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.

Компания FLIR Systems предлагает широкий ассортимент тепловизионных камер. В ассортименте FLIR найдется подходящая тепловизионная камера для проверки как крупных промышленных установок, так и блоков предохранителей в жилых помещениях.

ИК-изображение с точными данными о температуре дает специалисту по техническому обслуживанию важную информацию о состоянии проверяемого оборудования. Такие проверки можно выполнять без остановки производства, а во многих случаях использование тепловизионной камеры позволяет оптимизировать этот процесс.

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 профилактическом техническом обслуживании.

Электрические системы

Тепловизионные камеры широко используются для проверки электрических систем и компонентов любых размеров и форм.

Тепловизионные камеры для проверки электрических систем можно разделить на две категории: для высоковольтных и низковольтных установок.

Высоковольтные установки

Тепло — это важный фактор работы высоковольтных установок. Оно вырабатывается при прохождении электрического тока через резистивный элемент. Повышенное сопротивление приводит к повышенному образованию тепла.

С течением времени сопротивление электрических соединений повышается (например, из-за ослабления соединения или его коррозии). Вследствие этого повышается температура, что может стать причиной отказа компонентов и привести к незапланированным простоям и даже травмированию персонала. Кроме того, повышенный расход энергии на образование тепла ведет к ненужным потерям. Если не проводить соответствующих проверок, температура может повыситься до уровня, при котором контакты оплавляются и выходят из строя, что может стать причиной пожара.

Примеры неисправностей высоковольтных установок, которые можно обнаружить с помощью тепловизионной камеры:

- окисление высоковольтных реле и переключателей;
- перегрев соединений;
- неверное закрепление соединения;
- дефекты изоляции.

Тепловизионная камера позволяет обнаружить эти и другие проблемы на ранних стадиях. Она поможет точно установить местоположение неисправности, определить серьезность проблемы и сроки ремонта оборудования.



Полный осмотр подстанции позволит быстро выявить участки со слишком высоким сопротивлением в соединениях. Ни одна другая технология для профилактического технического обслуживания не может сравниться с тепловидением по эффективности при проверке электрических установок.

Одно из преимуществ технологии тепловидения — возможность проверять электрические системы под нагрузкой. Поскольку это бесконтактный метод диагностики, термографист может быстро просканировать определенный блок оборудования с безопасного расстояния, покинуть опасную зону, вернуться на рабочее место и проанализировать данные.

Благодаря тому, что все тепловизионные камеры FLIR портативны и работают от аккумуляторов, их можно использовать и для проверок вне помещений: они позволяют инспектировать высоковольтные подстанции, распределители, трансформаторы и установленные вне помещений выключатели.



Тепловизионные камеры позволяют проверять высоковольтное оборудование с безопасного расстояния, обеспечивая безопасность персонала

www.tuion24.ru

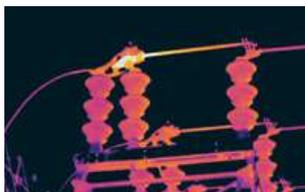
Целостность цепей крайне важна для предприятий электроснабжения, поскольку они предоставляют услуги множеству людей. Именно поэтому тепловизионные проверки стали основной частью программ профилактического технического обслуживания предприятий электроснабжения по всему миру.

Компания FLIR предлагает передовые решения в области тепловидения для круглосуточного контроля с целью обеспечения исправности и работоспособности электросетей.

Обычное изображение



ИК-изображение



Thermal Fusion (объединение визуального и ИК-изображений)



Обследование подстанций выявляет перегрев компонентов

Низковольтные установки

Тепловизионные камеры используются для проверки электрических систем и компонентов любых размеров и форм, и сфера их применения не ограничивается высоковольтным оборудованием.

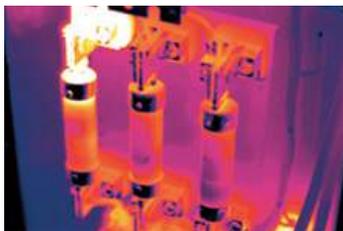
Тепловизионные камеры регулярно сканируют электрошкафы и блоки управления электродвигателями. Если не выполнять таких проверок, температура может повыситься до уровня, при котором контакты оплавляются и выходят из строя, что может стать причиной пожара.

Электрическим системам вредит не только недостаточная плотность соединений, но и неравномерная нагрузка, коррозия и скачки импеданса и тока. Тепловизионные проверки могут быстро обнаружить проблемные точки и оценить серьезность неисправностей, а также установить сроки, в течение которых оборудование необходимо отремонтировать.

Примеры неисправностей низковольтных установок, которые можно обнаружить с помощью тепловизионной камеры:

- высокое сопротивление в соединениях;
- ржавление соединений;
- внутренние повреждения предохранителей;
- внутренние неисправности выключателей;
- ненадежные соединения и внутренние повреждения.

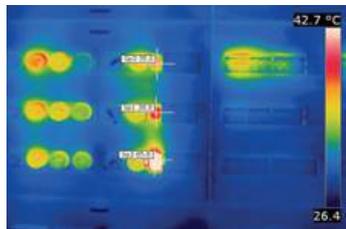
Тепловизионная камера позволяет обнаружить эти и другие проблемы на ранних стадиях. Это помогает предотвратить повреждения и избежать опасных ситуаций.



Перегрев соединения

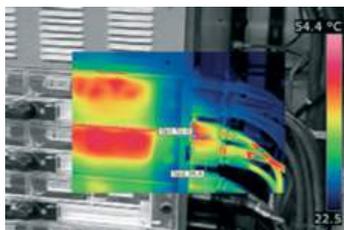


Перегрев соединения

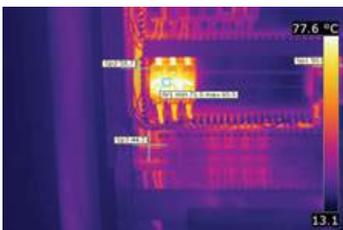


Нагрузка в блоках предохранителей распределяется неравномерно

В ассортименте FLIR представлены тепловизионные камеры для проверки низковольтного оборудования на производственных предприятиях, в офисных зданиях, больницах и жилых помещениях.



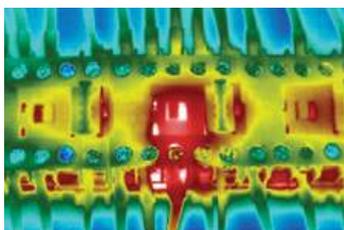
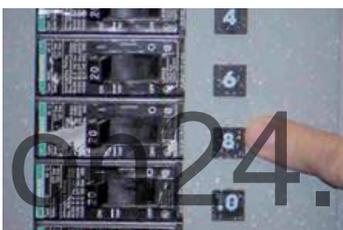
Перегревающийся разъем



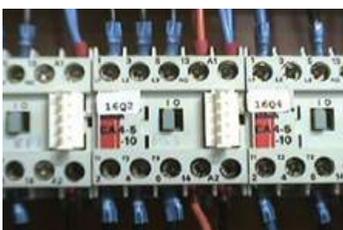
Предохранители, которые видны на ИК-изображении, перегружены и требуют замены



Горячая точка указывает на короткое замыкание, которое может стать причиной пожара



Горячая точка указывает на короткое замыкание, которое может стать причиной пожара



Механические установки

Во многих отраслях промышленности механические системы составляют основу производства.

Термографические данные, полученные с помощью тепловизионной камеры, могут стать бесценным источником дополнительной информации при исследовании вибрации в ходе контроля механического оборудования.

Механические системы нагреваются, если в каких-либо точках присутствует несоосность.

Яркий пример — конвейерные ленты. Если ролик изношен, это будет хорошо видно на ИК-изображении, что позволит вовремя заменить его.

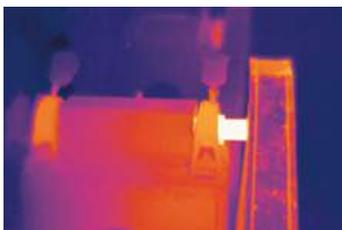
Как правило, по мере износа механических компонентов рассеивание тепла усиливается, следовательно, перед выходом из строя компонента или системы их температура резко повышается.

Периодическое сравнение показаний тепловизионной камеры со значением температуры машины в нормальных условиях эксплуатации позволяет обнаружить множество неисправностей.

www.kamion24.ru



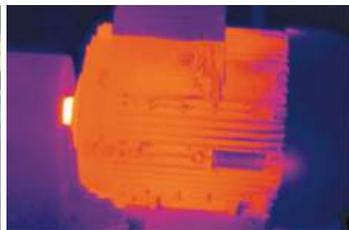
Возможная неисправность ролика



Перегрев подшипника



Электродвигатель в нормальном режиме работы



Тепловизионные камеры могут использоваться и для проверки двигателей. Обычно перед выходом из строя компоненты двигателя – такие как щеточные контакты и якорь, выделяют избыточное тепло. Однако при этом износ контактов или замыкание якоря невозможно обнаружить в ходе анализа вибрации, поскольку такие дефекты часто не вызывают ее. Тепловидение позволяет оценить общее рабочее состояние и сравнить температуру различных двигателей.

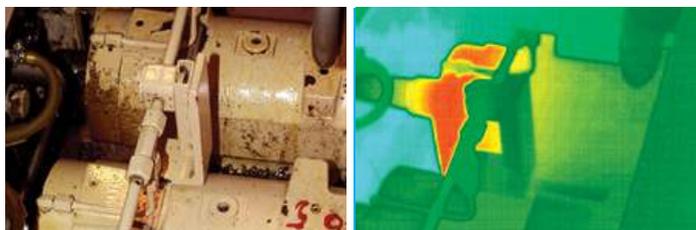
К механическим системам, контролируемым с помощью тепловизионных камер, также относятся муфты, редукторы, подшипники, насосы, компрессоры, ремни, вентиляторы и системы конвейеров.

Примеры неисправностей механического оборудования, которые можно обнаружить с помощью тепловидения:

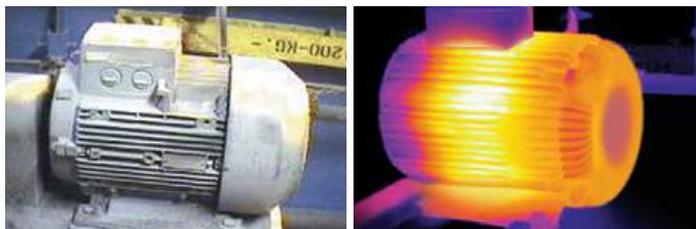
- проблемы смазки;
- несоосность;
- перегрев двигателей;
- ненадежность роликов;
- перегрузка насосов;
- перегрев валов двигателей;
- нагревание подшипников.

www.tulon24.ru

Тепловизионная камера позволяет обнаружить эти и другие проблемы на ранних стадиях. Это помогает предотвратить повреждения и обеспечить непрерывное производство.



Двигатель: неисправность подшипника



Двигатель: неисправность внутренней обмотки

Трубопроводы

Тепловидение позволяет получить ценную информацию о состоянии изоляции труб, патрубков и клапанов.

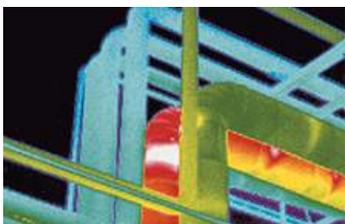
Проверка состояния изоляционного материала трубопроводов иногда является критически важной задачей. Потери тепла из-за неисправной изоляции будут отчетливо видны на ИК-изображении, что позволит быстро восстановить изоляцию и предотвратить значительные потери энергии и другие повреждения.

Прямоточные клапаны — еще один пример связанного с трубопроводами оборудования, которое следует проверять с помощью тепловизионных камер. Тепловизионные камеры позволяют не только обнаруживать утечки, но и определять открытое и закрытое положения клапана даже на расстоянии.

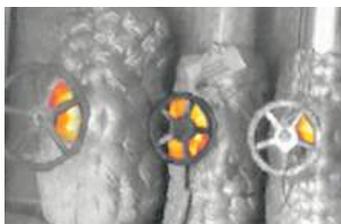
Примеры неисправностей трубопроводов, которые можно обнаружить с помощью тепловидения:

- утечки в насосах, трубах и клапанах;
- нарушения изоляции;
- засорение трубопровода.

Все типы утечек, засорения труб и неисправностей изоляции будут отчетливо видны на ИК-изображении. С помощью тепловизионной камеры можно быстро получить представление об общем состоянии системы, поэтому нет необходимости проверять каждую трубу.



Повреждение изоляции



Потери тепла в паровой установке из-за недостаточной изоляции



Проверка изоляции



Огнеупорные покрытия и нефтехимические установки

Во многих отраслях производственные процессы основаны на применении топочных камер и котлов. Однако огнеупорное покрытие на топочных камерах, котлах, печах для обжига и сжигания отходов, установках крекинга и реакторах подвержено разрушению, следовательно, может терять эффективность. С помощью тепловизионной камеры можно легко обнаружить повреждение огнеупорного материала и потери тепла.

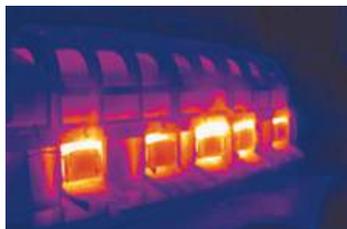
Тепловизионные камеры FLIR обеспечивают быструю и точную диагностику при техническом обслуживании всех типов установок, облицованных огнеупорным материалом.

Тепловизионные камеры широко применяются и в нефтехимическом секторе промышленности. Это прекрасное средство для быстрой и точной диагностики при техническом обслуживании печей, устранении дефектов огнеупорности и проверке ребер конденсаторов. Обследование теплообменников позволяет обнаруживать засоры в трубах.

Тепловизионные камеры FLIR Systems используются и для осмотра установок крекинга. Многие трубы в них изолированы огнеупорным камнем. Тепловизионные технологии позволяют легко проверить целостность изоляции.



Проверка огнеупорной изоляции на нефтехимическом реакторе



Дефект огнеупорной изоляции



Нарушение огнеупорной футеровки вращающейся печи для обжига цемента



Проверка огнеупорного материала в дымовой трубе топочной установки

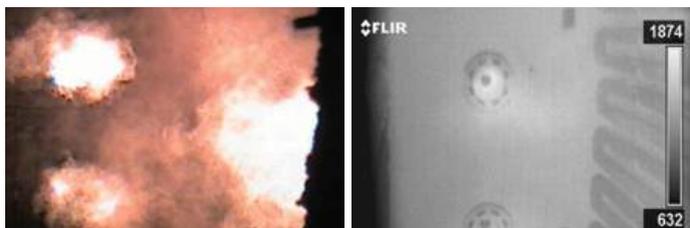
Однако топочное и котельное оборудование может стать неисправным под влиянием множества других факторов. К ним относятся образование наслоений кокса внутри труб, препятствующее потоку продукта, отложение шлака на наружной поверхности труб, недостаточное прогревание и перегрев, наброс факела на трубы из-за неверной ориентации горелок, а также утечки продукта, который воспламеняется и наносит серьезные повреждения оборудованию.

Взгляд сквозь пламя

Чтобы обеспечить высокое качество огнеупорного покрытия котельных и топочных установок, недостаточно простых внешних осмотров. Необходимо также проверять огнеупорное покрытие с внутренней стороны котла или топки. При использовании традиционных методик приходится отключать установку для осмотра внутренней поверхности, что очень затратно для производства. Однако этих потерь можно избежать, поскольку в ассортименте FLIR Systems представлены тепловизионные камеры для проверки внутренней поверхности установок во время работы.

Такие обследования стали возможными благодаря фильтру для пламени, которым специалисты компании FLIR оснастили тепловизионные камеры. Пламя излучает инфракрасный свет различной интенсивности с разной длиной волны, а волны некоторой длины почти не имеют теплового излучения в инфракрасном спектре. Работа фильтра для пламени основана на этой закономерности и обеспечивает возможность «видеть» сквозь пламя для тепловизионной камеры.

Способность тепловизионных камер FLIR «видеть» сквозь пламя позволяет обследовать котел или топку во время эксплуатации. Это не только избавляет от необходимости простоев на время осмотра: полученная с помощью тепловизионной камеры информация может оказаться крайне важным инструментом контроля, позволяющим добиться безопасного роста объемов производства и, следовательно, существенного повышения производительности установки.



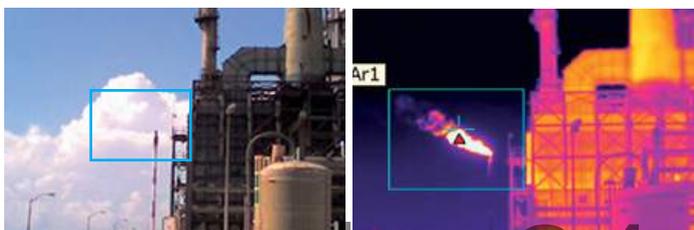
Некоторые тепловизионные камеры FLIR способны измерять температуру за пламенем

Другие сферы применения

Помимо уже упоминавшихся областей применения, существует множество других сфер использования технологии тепловидения.

Обнаружение факела

Во время некоторых производственных процессов образуются газы, сжигаемые в факелах. При этом пламя может быть невидимым для человеческого глаза. Важно быть уверенным в том, что факел действительно горит. В противном случае вредные газы могут попасть в атмосферу. Тепловизионные камеры позволяют легко проверить это.

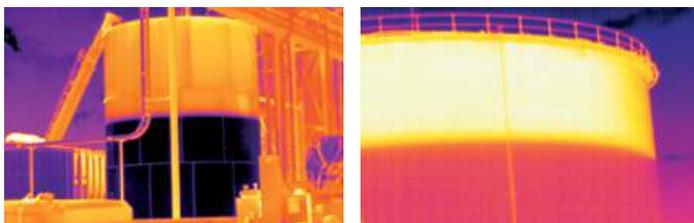


Тепловизионная камера может контролировать пламя, которое не видно невооруженным глазом. Обратите внимание: на левом изображении пламени не видно

www.tuion24.ru

Определение уровня жидкости в емкости

Тепловидение также позволяет определять уровень жидкости в емкости. Благодаря эффекту излучения или перепаду температур он четко виден на ИК-изображении.



На этих термических изображениях отчетливо виден уровень жидкости в емкости для хранения

Другие примеры использования:

- выявление проблемных участков при сварочных работах;
- проверка материалов в аэрокосмической промышленности;
- проверка пресс-форм;
- проверка распределения температуры в асфальтовом покрытии;
- проверки на целлюлозно-бумажных заводах.



Проблемные участки при сварочных работах



ИК-изображение с целлюлозно-бумажного завода



ИК-изображение пресс-формы



Асфальтовое покрытие

Когда необходимо проверить электрические установки, механическое оборудование, уровень жидкости в емкостях, огнеупорный материал установок, трубопроводов, факельных горелок и многое другое, тепловизионная камера станет идеальным инструментом.

FLIR Systems предлагает идеальные решения для любых видов профилактического технического обслуживания. Компания FLIR Systems предлагает широкий спектр продукции: от недорогих моделей до полнофункциональных камер. В ее ассортименте найдется подходящее решение для любой цели.

4

Выбор поставщика тепловизионной камеры

Приобретение тепловизионной камеры — это долгосрочная инвестиция. От камеры может зависеть безопасность установок и персонала. 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 потребителю полный спектр тепловизионных камер: от недорогих вариантов до передовых моделей высшего класса.

- **Программное обеспечение**

Независимо от области применения пользователю потребуется программное обеспечение для анализа термических изображений и формирования отчетов. Выбирайте тепловизионную камеру, совместимую с необходимым в вашей сфере программным обеспечением.

- **Принадлежности**

После того, как вы начнете использовать тепловизионную камеру и откроете 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 для профилактического технического обслуживания, сами не требуют такого обслуживания, поблизости 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**

Возможности использования технологий тепловидения не ограничиваются умением обращаться с камерой. Выбирайте поставщика, который может обеспечить качественное обучение и поддержку.



www.tulon24.ru

Теплофизика в профилактическом техническом обслуживании

Чтобы правильно истолковать ИК-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. Например, материал изоляции нагревается медленно, в то время как металлы нагреваются быстро. Свойство материалов переносить тепло называется теплопроводностью. Различие в теплопроводности двух 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 °C). При получении правого ИК-изображения была указана неверная излучающая способность (0,15), что привело к неверным показаниям температуры (98,3 °C)

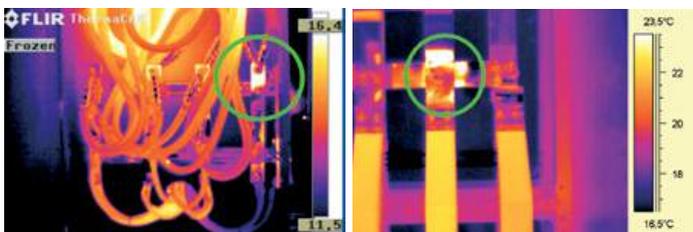
3. Отражение

Некоторые материалы отражают тепловое излучение подобно тому, как зеркало отражает видимый свет. К таким материалам относятся, например, неокисленный металл, в особенности, полированный. Отражение может стать причиной неправильного толкования ИК-изображения. Например, отражение собственного теплового излучения может привести к появлению ложной горячей точки. Поэтому оператор должен тщательно выбирать угол, под которым тепловизионная камера направляется на объект, чтобы избежать эффекта отражения.

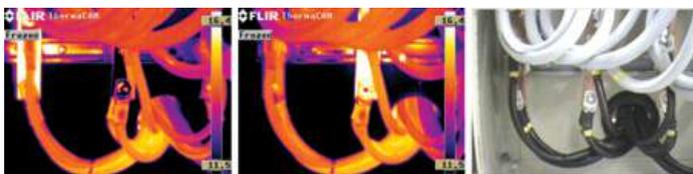


Окно отражает тепловое излучение, поэтому для тепловизионной камеры оно действует как зеркало

Если материал поверхности объекта обладает низкой излучающей способностью (это может быть, например, неокисленный металл) и температура объекта и окружающей среды значительно различается, отражение температуры окружающей среды будет влиять на показания температуры, полученные с помощью тепловизионной камеры. Чтобы решить эту проблему, компания FLIR в своих тепловизионных камерах



Эти две горячие точки могут показаться нагретыми участками, однако такое значение температуры вызвано отражением неокисленных металлических поверхностей. Действительно горячие точки, в отличие от отражений, имеют равномерную окраску



Тот факт, что горячая точка на центральной иллюстрации исчезает при незначительном изменении положения тепловизионной камеры, подтверждает, что эта точка является результатом отражения

www.tulon24.ru

предусмотрела возможность устанавливать температуру окружающей среды и компенсировать отраженную эффективную температуру.

Обеспечить правильность настроек излучающей способности и отражения позволяет использование ленты с известной излучающей способностью (как правило, близкой к 1), называемой также калибровочной лентой. Отрезок такой ленты крепится к поверхности объекта на несколько минут, чтобы лента приобрела температуру поверхности объекта. Исходя из известной излучающей способности определяется точная температура ленты. Поскольку эта температура равна температуре поверхности материала, оператор может изменить настройки излучающей способности (и при необходимости отражающей способности), чтобы температура поверхности материала была равна температуре калибровочной ленты мгновение назад.

4. Погодные условия

Температура окружающей среды может оказывать значительное влияние на показания температуры. Высокая температура окружающей среды может маскировать горячие точки, нагревая весь объект, в то время как низкая температура может охлаждать такие точки до температуры ниже определенного порога.



Это ИК-изображение выглядит достаточно странно, если не учитывать обстоятельства, при которых оно было сделано. Нагрузка на кабели отсутствует. Они расположены в теплом помещении, и неокисленные металлические поверхности отражают высокую температуру окружающей среды

Прямой солнечный свет также может оказывать сильное влияние, но такой свет и тени могут влиять на термический рисунок поверхности даже много часов после прекращения воздействия. Возникшие под влиянием солнечного света рисунки не следует путать с рисунками, возникшими под влиянием теплопередачи. Еще один погодный фактор, который следует учитывать, — это ветер. Поток воздуха охлаждает материал поверхности, уменьшая разницу температур между горячими и холодными участками.

Еще один фактор, который может привести к неточности результатов проверки, — это дождь, охлаждающий материал поверхности. Даже после того, как дождь прекратился, испарение воды охлаждает поверхность. Это может привести к возникновению неверного ИК-рисунка.

5. Системы отопления и вентиляции

Внешнее воздействие на температуру поверхности материала может происходить и в помещениях. Температура окружающей среды может влиять на температуру поверхности объекта, также она может изменяться из-за управления микроклиматом. Системы отопления создают разницу температур, которая может привести к получению неверного ИК-рисунка. Поток холодного воздуха от вентилятора или системы кондиционирования может охлаждать поверхность, в то время как внутренние компоненты нагреты. Это может привести к тому, что потенциальные проблемные участки останутся незамеченными.

6

Выбор оптимального решения

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

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

1. Разрешение камеры

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 измерения). Эта разница означает не только более высокую точность измерения, но и значительные различия в качестве изображения.

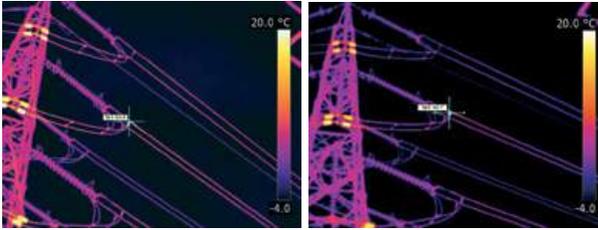
Высокое разрешение помогает более точно увидеть, измерить и понять происходящие явления.



ИК-изображение: 640 x 480 пикселей

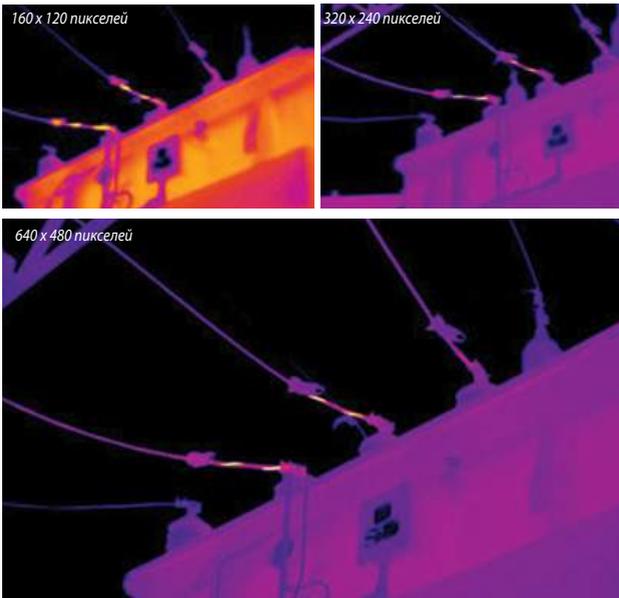


ИК-изображение: 320 x 240 пикселей



Более высокое разрешение также означает более высокую точность измерений. ИК-изображение с разрешением 640 x 480 пикселей (слева) показывает температуру 63,9 °С, в то время как изображение с разрешением 320 x 240 пикселей отображает температуру 42,7 °С

С помощью камеры с более высоким разрешением можно получить исчерпывающие сведения о крупном объекте, сделав и проанализировав всего одно изображение. При более низком разрешении потребуются больше изображений для сканирования той же площади с аналогичным уровнем детализации. 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.



2. Температурная чувствительность

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



Способность распознавать такой незначительный перепад температур необходима в большинстве сфер, где применяется тепловидение. Высокая чувствительность камеры особенно важна для профилактического технического обслуживания в условиях, когда перепады температур невелики. Они могут быть критически важными как для диагностики неисправностей, так и для планирования дальнейших действий.

3. Точность

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

В таблицах спецификаций тепловидения 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 $\pm 2^\circ\text{C}$. Лучшие тепловизионные камеры от FLIR Systems обладают еще более высокой точностью: погрешность в них составляет $\pm 1\%$ или $\pm 1^\circ\text{C}$.

www.tulon24.ru

4. Функции камеры

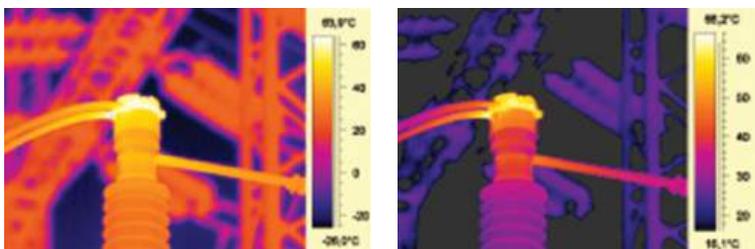
Излучающая способность и отражение

Как говорилось в предыдущей главе, излучающая способность объекта — это важный параметр, который следует учитывать. В настройках всех тепловизионных камер FLIR для профилактического технического обслуживания можно устанавливать значения излучающей способности и отражения. Возможность задавать параметры излучающей способности и отражения очень важна. При покупке тепловизионной камеры убедитесь в том, что в ней предусмотрены эти функции.

Ручная корректировка диапазона и уровня

Еще одна важная функция камеры — это возможность ручной настройки диапазона температур и уровня детализации ИК-изображения. Без этой функции камера будет автоматически распознавать максимальную и минимальную температуру всего объекта и отображать все температуры в этом диапазоне. Однако в некоторых случаях оператора интересует лишь небольшой участок этой температурной шкалы. Например, при обследовании линии электропередач вдоль линейной опоры в холодную погоду.

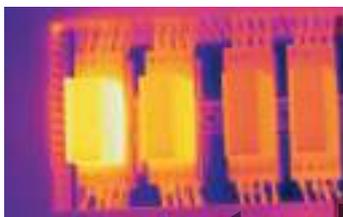
Если камера работает в автоматическом режиме, она будет отображать все температуры: от температуры холодного воздуха (например, 8 °С) до самой высокой температуры линии электропередач (например, 51 °С). На этом изображении вся опора будет выглядеть как монохромный теплый участок. Однако если увеличить значение минимальной температуры с 8 до 24 °С, то на ИК-изображении будут видны все перепады температур между разными компонентами, что позволит определить перегревающийся соединитель.



Два варианта изображения: с автоматической настройкой (слева) и с настройкой на компонент (справа). Уровень детализации на изображении, полученном с камеры с автоматической настройкой, слишком низок

Цифровая камера

Иногда бывает непросто различить компоненты на ИК-изображении, особенно в ситуациях, когда на одном изображении находится большое количество компонентов, или при съемке с небольшим расстояния. В таких случаях полезно снять объект в видимом свете, чтобы было легче найти соответствующие компоненты на ИК-изображении. Для этого в большинство тепловизионных камер FLIR встроены цифровые камеры. Обычно специалисты по профилактическому техническому обслуживанию, использующие тепловизионные камеры, делают и обычные снимки, чтобы точно знать, что показано на ИК-изображении.



ИК-изображение



Обычное изображение

www.tulon24.ru

Светодиодные лампы

Несмотря на то, что для получения четкого ИК-изображения тепловизионной камере не требуется освещение, рекомендуется выбирать камеру со встроенным светодиодом.

Встроенный светодиод гарантирует, что встроенная цифровая камера будет делать четкие снимки, необходимые для работы функций «Картинка в картинке» и Thermal Fusion, независимо от уровня освещенности.



Оба эти изображения сделаны с помощью видеокамеры, встроенной в тепловизионную камеру FLIR. Правое фото сделано с включенным встроенным светодиодом.

Картинка в картинке

Функция «Картинка в картинке» 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.



Функция «Картинка в картинке» позволяет получить четкий снимок этих высоковольтных установок.

Thermal Fusion

Данная функция позволяет комбинировать два изображения, задавая диапазон температур, в котором отображаются тепловые данные, а за пределами которого — цифровые сведения. Это помогает выделить проблемы, точно распознать компоненты, требующие замены, и более эффективно выполнить ремонт.



ИК-изображение



Thermal Fusion



Обычное изображение



ИК-изображение



Thermal Fusion



Обычное изображение

Лазерный указатель

Некоторые тепловизионные камеры оснащены лазерным указателем.

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

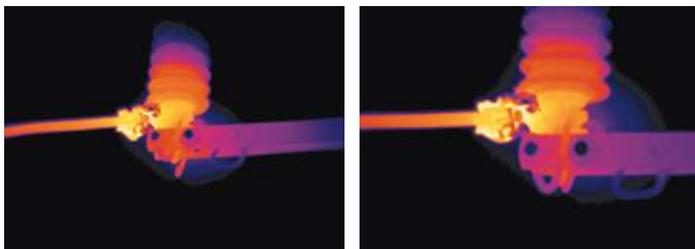
Кроме того, лазерный указатель обеспечивает безопасность. Он избавляет от необходимости прикасаться к предметам, которые могут быть опасны в производственных условиях.



Сменные объективы

После того как вы начнете использовать тепловизионную камеру и откроете все ее возможности, ваши потребности могут измениться. Сменные объективы помогут адаптировать камеру к любой ситуации. Для большинства сфер применения стандартные объективы — это оптимальное решение, но иногда требуется расширенное поле обзора.

Иногда бывает недостаточно места, чтобы отступить и увидеть объект полностью. В такой ситуации широкоугольный объектив станет оптимальным решением. Это — идеальный вариант для исследования широких и высоких объектов, например, электрических пультов или оборудования для производства бумаги. Для удаленных объектов может оказаться полезен телеобъектив. Он идеально подходит для мелких объектов, находящихся на расстоянии от оператора, например, воздушных линий электропередач.



Телеобъектив обеспечивает детальный снимок объекта и точность измерения

Эргономичная конструкция и простота использования

Любой инструмент удобнее использовать, если он легкий, компактный и простой в использовании. Поскольку большинство специалистов по профилактическому техническому обслуживанию 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.

При разработке каждой тепловизионной камеры компания FLIR Systems стремится сделать ее легкой, функциональной и простой в применении, поэтому несколько камер уже были отмечены наградами.

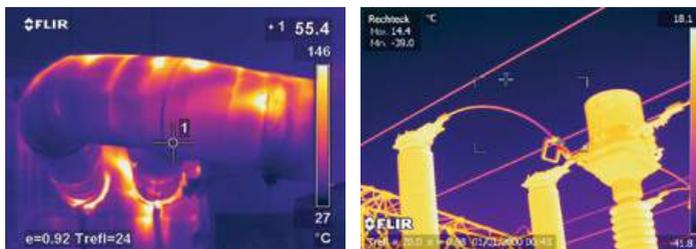


www.tulon24.ru

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.

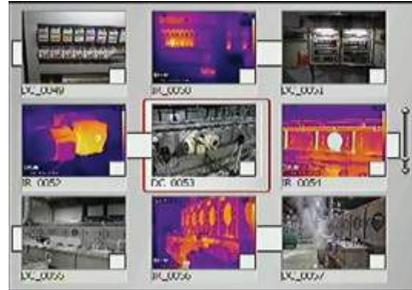
Камера FLIR создает полностью радиометрические JPEG-файлы. Это означает, что все данные температуры содержатся непосредственно на изображении и изображения легко интегрируются в стандартное программное обеспечение.



Все тепловизионные камеры сохраняют изображения в формате JPEG

Галерея миниатюрных изображений

При создании ИК-изображений иногда необходимо сравнить сделанные ранее изображения. Во всех тепловизионных камерах FLIR есть удобные галереи миниатюрных изображений, помогающие быстро просматривать сохраненные изображения 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.



www.tulon24.ru

GPS-навигация

Возможно, вам приходилось забывать, где именно сделано то или иное ИК-изображение, и не удавалось найти никаких заметок, которые напомнили бы вам об этом. 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 датчиками

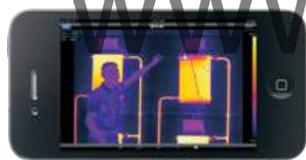
Иногда измерения температуры дают недостаточно информации об оборудовании. Чтобы получить полные сведения, многие специалисты по профилактическому техническому обслуживанию используют внешние датчики, такие, как токоизмерительные клещи. Специалист записывает данные, полученные с помощью таких клещей, а затем копирует их в отчет. Однако этот метод неэффективен, так как операторы могут ошибаться.

Для надежных проверок компания FLIR Systems предлагает тепловизионные камеры, которые могут автоматически сохранять данные, полученные с токоизмерительных клещей, на ИК-изображении с помощью канала передачи данных Bluetooth MeterLink. Бумажные заметки уходят в прошлое, поскольку показания токоизмерительных клещей автоматически передаются в камеру по беспроводному каналу связи и сохраняются на соответствующем ИК-изображении.



Беспроводная связь

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



www.tulon24.ru



5. Программное обеспечение

После проверки может потребоваться представить ее результаты руководству или клиентам. Анализ ИК-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 — анализ и создание 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 «Картинка в картинке» с тройным наложением (перемещаемое, изменяемое 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) — независимой организацией, обладающей сертификатом ISO и располагающей отделениями по всему миру. ITC предлагает любые курсы: от кратких вводных до сертификационных. С более подробными сведениями можно ознакомиться на сайте www.infraredtraining.com.



7

Порядок проведения тепловизионной 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

Составьте список оборудования, которое подлежит контролю. Во многих компаниях такие списки уже существуют. Необходимо только исключить из списка элементы, непригодные для тепловизионной диагностики.

Следующий шаг — расстановка приоритетов в списке. Большинство компаний ведут журналы технического обслуживания и производства. Такие журналы помогут определить, какое оборудование более всего подвержено поломкам и требует пристального внимания. Учитывайте также прямые последствия аварии. Критически важное оборудование следует проверять чаще и тщательнее, чем оборудование, временная неисправность которого не останавливает производственный процесс.

Исходя из этой информации можно составлять графики тепловизионной диагностики. Однако приступать к работе еще рано, необходимо выполнить еще несколько важных действий.

2. Выполните предварительное обследование

Прежде чем приступать к диагностике проблем оборудования, необходимо получить справочный материал. Рекомендуется создать ИК-изображения всего оборудования, подлежащего обследованию. Это следует сделать во время его эксплуатации в нормальном режиме. Иногда может потребоваться создать несколько ИК-изображений одной установки, в особенности, если ее ключевые компоненты или подсистемы подвержены сбоям.



Эти изображения послужат базовым справочным материалом, поэтому важно тщательно задокументировать предварительное обследование. Чтобы добиться точности температурных измерений, учтите все факторы, описанные в разделе 3 настоящего руководства. В отчет о предварительном обследовании следует включить описание используемых методов (например, параметры излучающей способности и отражения для каждой части установки), а также точное описание расположения каждого компонента, присутствующего на ИК-изображении.



www.tulon24.ru

Создав базу данных предварительных изображений, можно определить, какая температура приемлема для каждого компонента установки, и задать порог перегрева. В результате камера будет подавать сигнал, когда температура в какой-либо части ИК-изображения превысит допустимое значение. Это поможет ускорить дальнейшую проверку. Запишите эти сигналы для использования в будущем.

Эта информация поможет определить неисправности оборудования при последующих проверках.

3. Начало проверки

Если предварительные измерения выполнены и их результаты тщательно задокументированы, можно приступить к обследованию оборудования. Необходим список аппаратных компонентов, подлежащих проверке, и график обследования, учитывающий частоту возникновения неисправностей в оборудовании и влияние возможной аварии на производственный процесс.

Если аппаратный компонент готов к тепловизионной проверке, просто задайте порог перегрева и начните обследование. Если появится сигнал, это означает, что данный компонент требует дальнейшей проверки.

Однако наличие сигнала о превышении температуры не означает, что исследовать ИК-изображения не требуется. Оператор тепловизионной камеры должен понимать физические основы как технологии тепловидения, так и работы обследуемого оборудования. Для примера рассмотрите перегоревшие предохранители и систему охлаждения с ограниченным потоком охлаждающей жидкости. В этих системах неисправности приводят к возникновению не горячих, а холодных точек. Поэтому рекомендуется ознакомиться со всеми тепловыми сигнатурами, связанными с неисправностями оборудования.



www.tulon24.ru

4. Анализ и создание отчетов

Завершив обследование оборудования, вернитесь на рабочее место для анализа изображений и включения обнаруженных неисправностей в отчет. Но это еще не все. Программный пакет FLIR Reporter позволяет анализировать тепловые характеристики оборудования во времени с помощью простых диаграмм и графиков. Эта информация поможет спрогнозировать, когда именно оборудование потребует технического обслуживания, и запланировать его.

FLIR SYSTEMS Inspection Report

Report Date: 2007-01-20

Company: A-LAN Systems Ltd
Address: Box 3
Thermographer: Max Atkinson

Customer: [blank]
Site Address: Colchester St, London, UK
Contact Person: [blank]

Image and Output Parameters

| | | |
|-----------------------|------------------|---------------|
| Camera Model | A-3200-AP000 | File Comments |
| Image Date | 2007-01-20 10:30 | |
| Image Name | IR_2007.jpg | |
| Resolution | 320x240 | |
| Reference Temperature | 18.0°C | |
| Image Distance | 20m | |

Description

A warning on a wall and hole size outside of the wall construction. Note: area approx 1 degree Celsius colder than the wall.

Thermal image showing a hot spot with a temperature scale from 0.0 to 275.0 °C.

| | |
|---------------------|-------------|
| Date | 1/1/2007 |
| Filename | IR_2007.jpg |
| Emissivity | 0.35 |
| Max Temperature | 221.7 °C |
| Image Camera Type | ThermoCAM |
| Image Serial Number | 306000115 |

Line graph showing temperature (°C) over time (min). The temperature starts at approximately 80°C at 0 minutes and rises to about 220°C by 100 minutes.



FLIR i3 / i5 / i7



FLIR E-Series



FLIR T-Series



FLIR T640 / T620



FLIR P-Series



* После регистрации изделия на www.flir.com