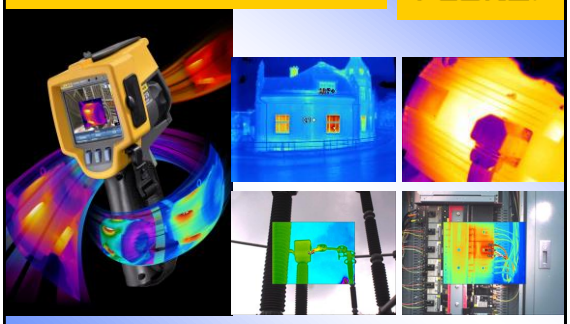
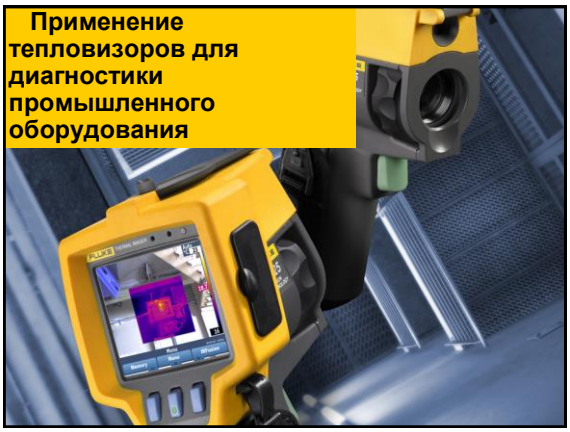
Термография Fluke

FLUKE.



1

Применение тепловизоров для диагностики промышленного оборудования



Качественное и количественное обследование

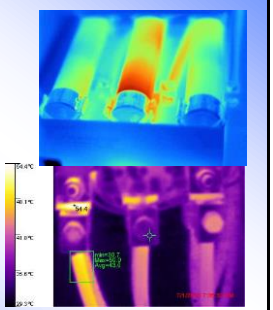
FLUKE.

Качественное обследование

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

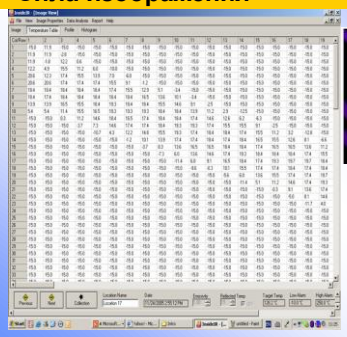
Количественное обследование

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



3

Сила изображения



- Изображение и таблица содержат одинаковые данные, но
- Изображение говорит больше, чем 1000 измерений

4

Жизненный цикл оборудования

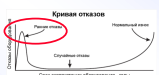
- Выявление дефектов на ранних стадиях
- Продление срока службы оборудования
- Предотвращение дорогостоящих

5

Кривая отказов - 1

Ранние отказы

- Выявите возможные неисправности, пока оборудование находится на гарантии
  - Проверьте наличие неисправностей во время установки.
  - Доставка неисправного оборудования
- Повышение качества оборудования (надежные поставщики)
  - Однако, все равно коло 30% неисправностей возникают на протяжение первых 30% жизненного цикла оборудования
- Ремонт / замену оплачивает поставщик



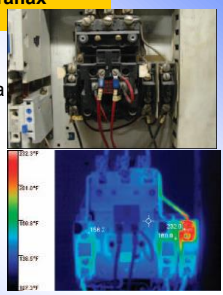
6

Кривая отказов

- Неисправности на ранних этапах -

Электрические контакты

- Проверка нового оборудования позволяет выявить будущие проблемы на ранних стадиях, и получить ремонт по гарантии.



7

Кривая отказов - 2

Главная цель: Продление срока службы

- Значительная экономия капитальных расходов
- *В идеале продление срока службы до бесконечности*

Что делать?

- Перейти от обслуживания по времени к **обслуживанию по состоянию**
- Использовать регулярные плановые остановки для ремонта/замены
- После того, как предполагаемый срок службы подойдет к концу, необходимо внимательно следить за состоянием (регулярное проведение обследований!)

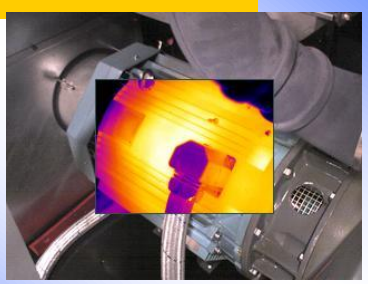
8

Кривая отказов

-Продление срока службы оборудования-

Электродвигатели

- Регулярное обслуживание с постоянным контролем состояния и анализа изменений температуры являются эффективным способом продления срока службы оборудования.



9

Кривая отказов - 3

Предотвращение отказов за счет износа

- Не бывает бесконечного срока эксплуатации
- Старое оборудование ломается чаще
- Сокращение времени простоя
- Принятие решения о ремонте / замене

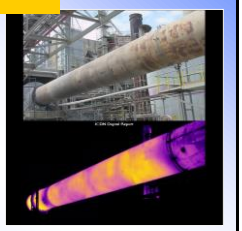
Что делать?

- Оборудование в критическом состоянии необходимо держать под наблюдением и вести контроль состояния
- Менять или ремонтировать компоненты исходя из возможности, а так же в зависимости от результатов контроля состояния

10

Кривая отказов
-износ оборудования- Температура поверхности

- Дополнительное охлаждение позволит избежать прогара печи до тех пор, пока можно будет произвести остановку для обслуживания (будут в наличии материалы и человеческие ресурсы)



11

Диагностическое обслуживание
- Обслуживание по состоянию -

- Кривая отказов – регулярный контроль состояния
- Контроль через промежутки времени, через которых возрастает частота отказов
- Отсрочка замены компонентов: продление срока службы оборудования
  - Стоимость оборудования € 100 000, срок службы 5 лет
  - Увеличение срока службы на 10% = 6 месяцев
  - Экономия: 10 000 евро
- ВЫВОД: необходимы регулярные обследования

12

Профилактическое обслуживание

- Многие компании уже перешли на регулярное периодическое обслуживание.
- Гораздо лучше, чем «работа до отказа», но :
  - Увеличивается частота капитальных ремонтов
  - Возникает опасность преждевременных отказов
  - Производится обслуживание даже оборудования в хорошем состоянии
  - Ремонт требует значительного времени
  - Для каждого капитального ремонта нужны специалисты
- Однако переход к диагностическому обслуживанию дается нелегко.

13

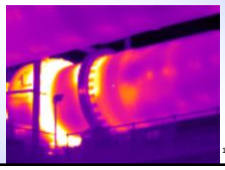
Термография и диагностическое обслуживание

14

Тепловидение и диагностическое обслуживание

- Большинство неисправностей проявляются в виде температурных аномалий. Тепловидение позволяет быстро и четко увидеть такие неоднородности температуры
- Термограммы можно получить во время работы производства – без вмешательства и нарушения производственного процесса
- Бесконтактное обследование → безопасно!
- Выполняется быстро – экономит время и можно выполнять часто
- Просто выполнить

  Изображение может получить кто угодно
- Анализ требует какого-то знания основ работы инфракрасного оборудования



15

Электрооборудование

FLUKE

Компоненты, которые чаще всего проверяют	Типичные причины перегревов и отклонений температуры
• (3 фазы) Распределение электроэнергии	• Несбалансированные нагрузки
• Щиты с предохранителями	• Гармоники (3-я гармоника тока на нейтрали)
• Кабели и контактные соединения	• Перегрузка систем/перегрузка по току
• Реле/выключатели	• Сопротивление ослабленных или поврежденных коррозией соединений в цепи повышается (обычно нагревается одна из частей компонента)
• Изоляторы	• Пробой изоляции
• Конденсаторы	• Отказ компонентов
• Подстанции	• Ошибки подключения
• Разъединители	• Компоненты с недостаточным номиналом (например, предохранители) будут нагреваться со всех сторон
• Контроллеры	
• Трансформаторы	
• Двигатели	
• Блоки аккумуляторов	

16

Термография и диагностическое обслуживание

Электрические контакты

FLUKE

- Может использоваться для обнаружения проблем с контактами самостоятельно. Великолепный инструмент для повышения эффективности ремонтов!

17

Цикл контроля состояния

FLUKE

Документирование играет важную роль для обслуживания по состоянию во время важных этапов составления отчетов о проверке!

18

Термография и диагностическое обслуживание

Электрические контакты: приоритет

FLUKE

Диагностика

Текущее значение температуры компонента не дает важной информации для инженера по обслуживанию. Важную информацию дает знание текущего и возможного будущего состояния и его влияния на оборудование!

19

Термография и диагностическое обслуживание

Электрические контакты

FLUKE

Контакты

- Когда компонент перегревается, это происходит вследствие:
  - Несбалансированной нагрузки, гармоник, I(L2)> I (L1,L3)
  - Или увеличения сопротивления R(L2)>R(L1,L3) из-за окисления, коррозии или ослабления соединения

$$T\sim P = R \times I^2$$

(P – электрическая мощность в Вт, R – сопротивление контакта в омах, I – ток в амперах, L1-L3 – фазы переменного напряжения)

Важно регистрировать условия нагрузки, а не только наличие перегревов на момент проведения обследования.

20

Термография и диагностическое обслуживание

Электрические контакты: нормативные документы

FLUKE

Контакты

- Местные стандарты определяют максимально допустимые температуры и уровень опасности (например, в Германии: DIN VDE 0100). Температуру необходимо пересчитать к стандартной величине нагрузки (например, на нагрузку 50%), чтобы определить уровень опасности:
  - A: ΔT <5 K Продолжать контролировать и произвести ремонт во время следующего планового ремонта.
  - B: ΔT 5 -30 K Выполнить ремонт как можно быстрее.
  - C: ΔT >30 K Немедленный ремонт в зависимости от ожидаемой нагрузки на систему.
- Нормы NETA (Международная ассоциация по электрическим испытаниям) указывают, что если разница температур (T) одинаковых компонентов в одинаковых условиях превышает 15 °C, то ремонт необходимо выполнить немедленно. NETA так же рекомендует делать то же самое, если разность температуры компонента и температуры окружающего воздуха превышает 40 °C.

21

Диагностическое обслуживание

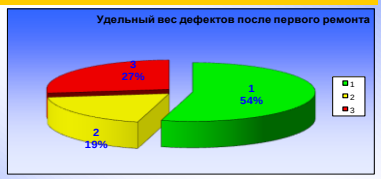
Обследование электрооборудования: Советы

- Обязательным требованием является, чтобы при проведении обследования электрооборудования нагрузка была не менее 40% от максимальной в течение минимум получаса!
- Следует избегать проведения обследований при нагрузке ниже 20%!
- Если нагрузка быстро изменяется, необходимо определить среднюю нагрузку за последние 2 часа!
- Не следует проводить обследование электрооборудования, находящегося на улице, при сильном ветре (> 8м/с)

22

Термография и диагностическое обслуживание

Электрические контакты: повышение эффективности ремонтов



Контроль

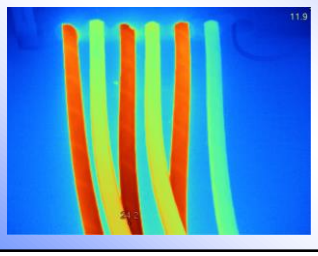
Контроль выполнения ремонта важно проводить, чтобы инженеры по эксплуатации могли видеть результаты своей работы и повысить качество ее выполнения.

23

Термография и диагностическое обслуживание

Качество электроэнергии

Помогает обнаружить перегрузки, несимметричные нагрузки и наличие гармоник, при использовании с измерительными клещами и анализаторами качества электроэнергии



24

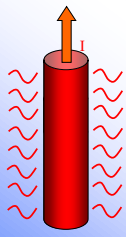
Качество электроэнергии

- Влияние низкого качества электроэнергии становится очевидным не сразу
- Низкое качество электроэнергии может быть по многим причинам
- Последствия могут быть тяжелыми (потери производительности)
- Проблемы с качеством электроэнергии являются основной причиной:
  - Неисправностей
  - Остановок
  - Чрезмерных счетов за электроэнергию
  - Сокращение срока службы оборудования

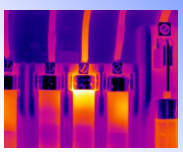
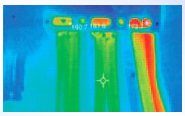
25

Гармоники

Скин-эффект

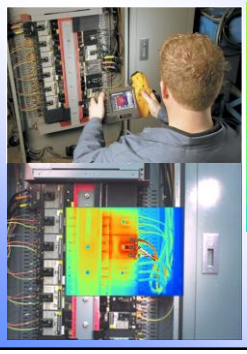


- **Переменный ток стремится протекать по наружной части проводника. Это приводит к уменьшению эффективного сечения проводника, а значит, к повышению сопротивления, что приводит к повышению температуры.**
- **1 ампер гармоник порядка n приводит к нагреву в n^2 раз больше, чем тот же ток на основной частоте**

26

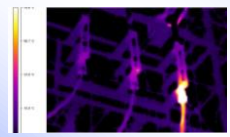
Контактные соединения

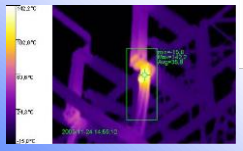


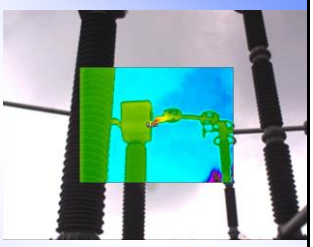
Температура данного контактного соединения насоса испарителя на фазе C имеет температуру выше 50°C.

27

Подстанции



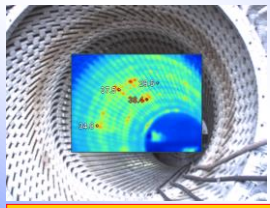


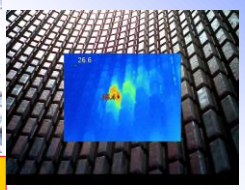


Можно пользоваться как качественной, так и количественной методикой проведения обследований

28

Статоры





Создается магнитное поле для генерирования тока и обнаружения мест перегрева

29

Предупреждение пожаров

Недавний отчет Управления пожарной безопасности США, по результатам анализа данных, начиная с 2001 г., дает оценку, что 8,7% (>20% в Европе) из всех 47785 пожаров в нежилых помещениях были вызваны электрораспределительным оборудованием.

Предотвращение пожаров

- Наиболее распространенные причины:
  - Ослабленные соединения
  - Пробой изоляции
  - Молнии
  - Гармоники
  - Неправильное подключение
  - Перегрузка
- Полезные методы проверки
  - Термография
  - Визуальный осмотр
  - Сопротивление соединения/переключателя
  - Проверка сопротивления изоляции
  - Контроль сопротивления заземления
  - Контроль коэффициента трансформации трансформатора
  - Измерение качества электроэнергии
  - Проверка автоматических выключателей

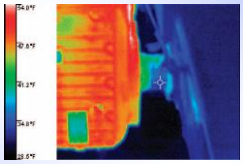
31

Механическое / электромеханическое оборудование

Компоненты, которые чаще всего проверяют	Типичные причины перегревов и отклонений температуры
• Двигатели • Насосы • Теплообменники • Подшипники • Коробки передач • Приводные ремни	• Недостаточное охлаждение – из-за сокращенной циркуляции воздуха • Проблемы с качеством электроэнергии, такие как дисбаланс, перегрузка или 5-я гармоника (напряжение) вызывают выделение тепла • Проблемы с центровкой • Проблемы изоляции обмоток двигателей • Проблемы подшипников – смазка, износ и т.п. • Трение из-за износа, нарушения центровки или недостаточной смазки

32

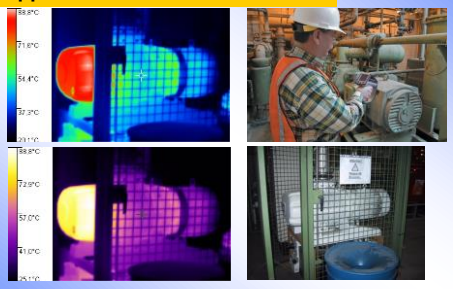
Тепловизионное обследование электродвигателей



Электродвигатели – это опора промышленности. По оценкам Министерства энергетики США, только в США в промышленности работает 40 миллионов двигателей, а то, что эти двигатели потребляют 70% электроэнергии, потребляемой в промышленности, говорит о том, насколько они важны.

33

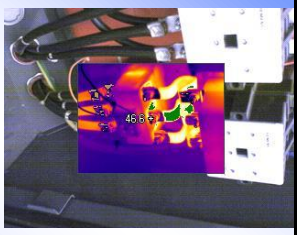
Видимость оборудования в ИК диапазоне



34

Электродвигатели: соединения

- В соединениях электродвигателей часто наблюдаются проблемы, возникающие вследствие вибрации
- Трудно обследовать
- Опасно снимать крышки под нагрузкой
- Решение: использование сетки



35

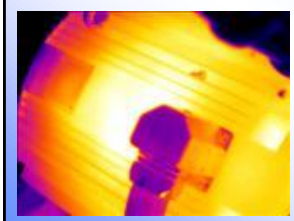
Электродвигатели

Превышение максимально допустимой температуры на:

- **+10° C**
- **+20° C**
- **+30° C**

Срок службы изоляции сокращается на:

- **50%**
- **75%**
- **88%**



Примечание: температура корпуса обычно на 10°C ниже, чем температура обмотки

Основы обследования электродвигателей:
При износе изоляции температура двигателя повышается
Перегрев приводит к отказам
ИК обследование обеспечивает быстрый контроль даже на расстоянии

36

Электродвигатели

Выявляемые проблемы:

- Износ изоляции
- Дисбаланс напряжения
- Перегрузка
- Недостаточная циркуляция воздуха
- Износ подшипников
- Нарушение соосности валов

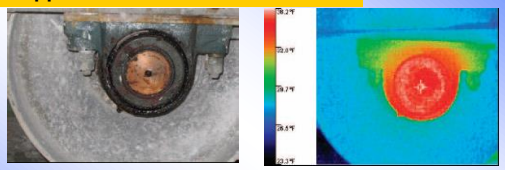
Экономия средств:

- Потери за счет простоя линии по производству бумаги могут составлять €2 000 в час
- Потери в металлургии могут достигать €600 за минуту простоя.

Первое обследование производится для того, чтобы иметь набор опорных изображений
Периодическое обследование используется для выявления аномалий по сравнению с опорными изображениями
Необходимо соблюдать ограничения по максимальной рабочей температуре, указанные производителем

37

Обследование подшипников



Следует изменить защитные ограждения и крышки конвейеров и приводных элементов, так чтобы можно было обследовать подшипники и сцепления с использованием термографии.
Можно установить маленькие откидные крышки или использовать сетки вместо цельнометаллических крышек.
При внесении данных изменений необходимо удостовериться, что они не влияют на безопасность персонала.

38

Обследование подшипников

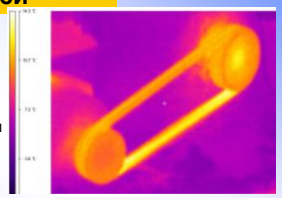
Данное изображение показывает другую проблему с подшипником, когда тепло передается внутри коробки передач справа

Данное изображение показывает нагрев самого двигателя из-за недостаточной циркуляции воздуха или нарушения соосности.

39

Обследование подшипников/ремней

- Обследование всех данных свежеустановленных роликов с помощью вибрационного анализа займет слишком много времени. Для тепловизоров это не составляет проблемы
- Возможные последствия:
  - остановка производства на несколько часов
  - Высокие расходы на произведение гарантийного ремонта подрядчиком
- Решение: Тепловизионное обследование на этапе сдачи в эксплуатацию



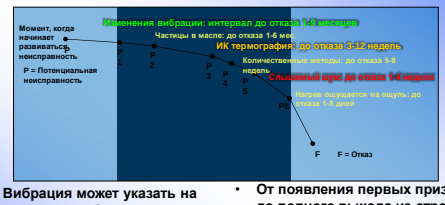
40

Проверка подшипников

- Проведите начальное обследование, чтобы получить **опорные изображения**
- Используйте **регулярные обследования** для выявления отклонений от опорных изображений
- Следуйте указаниям производителя относительно максимальной температуры
- На одном из автомобильных заводов оценка ущерба в случае отказа отдельного насоса может достигать €10,000
- Плюс потери за счет простоя производства в размере €20,000 в минуту и стоимости рабочего времени €400 в минуту.
- Поддержание данного насоса в рабочем состоянии оправдывает себя.

41

Вибрация является самым ранним индикатором состояния оборудования

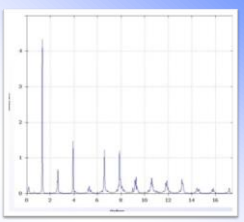


- **Вибрация может указать на наличие проблем раньше других симптомов, таких, как выделение тепла, звук, потребление энергии и примеси в смазке.**
- **Более половины незапланированных простоев связаны с отказами механического оборудования.**
- **От появления первых признаков до полного выхода из строя может пройти несколько месяцев.**
- **Проверка вибрации позволяет определить, где на кривой развития неисправности находится оборудование, и позволяет адекватно на это реагировать.**

42
42

Распространенные неисправности машин и анализ спектра

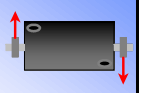
- Каждый вид неисправности порождает уникальный характерный сигнал вибрации.
- Сигналы, появляющиеся в спектре вибрации, часто формируют характеристические рисунки - сигнатуры.
- Распознавание сигнатур является ключевой частью анализа вибрации... Однако для того, чтобы распознавать сигнатуры, требуется обучение и большой опыт.
- Далее мы рассмотрим 4 различных типа неисправностей:
  - Нарушение балансировки
  - Нарушение соосности
  - Разболтанность
  - Неисправность подшипников



43

Что такое нарушение балансировки?

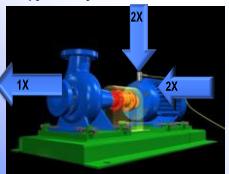
- Нарушение балансировки – это состояние вращающихся частей, когда центр масс не лежит на оси вращения. Иначе говоря, где-то на роторе имеется «тяжелый участок».



44

Причины нарушения соосности

- Нарушение соосности может быть вызвано несколькими причинами:
  - Низкое качество сборки или смещение после сборки
  - Деформация из-за растяжения трубок
  - Деформация из-за скручивания и гибкой опоры
  - Изменение размеров частей машины из-за изменения температуры
  - Низкое качество обработки сцепления
  - Нарушение условий смазки сцепления



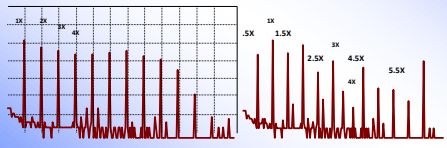
- 2X: на частоте в два раза больше скорости вращения в радиальном и тангенциальном направлениях (параллельное)
- 1X: на частоте скорости вращения в аксиальном направлении (угловое)

45

Разболтанность в спектре

Разболтанность вращающихся элементов

- **Увеличение зазоров между муфтой и подшипниками вращающихся элементов (разболтанность подшипников) будет производить гармоник на частотах кратных 1X, которые в отдельных случаях могут простираться до частот более 10X**
- **Увеличение зазоров в опорном подшипнике может привести к появлению гармоник кратных 0,5X, как показано на рис. Они называются компонентами половинных порядков или субгармониками. Они могут порождаться трением и сильными ударами.**

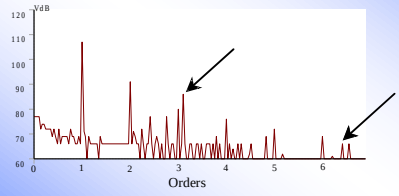


46

Тоны подшипников в спектре

Несинхронная частота:

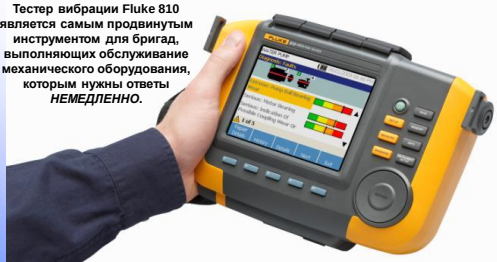
- **Самое важное, что касается тонов подшипников, состоит в том, что они являются несинхронными – т.е. их частоты не совпадают ни с одной из гармоник частоты вращения.**
- **Иллюстрация показывает тоны подшипника, приходящиеся на порядки около 3.2 и 6.4:**



47

Возьмите с собой эксперта по вибрации

Тестер вибрации Fluke 810 является самым продвинутым инструментом для бригад, выполняющих обслуживание механического оборудования, которым нужны ответы *НЕМЕДЛЕННО.*



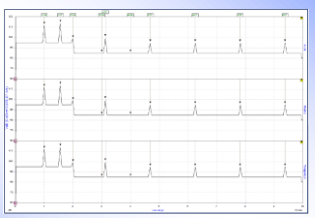
Fluke 810 поможет вам обнаружить и диагностировать самые распространенные проблемы механического оборудования и определить приоритет действий по ремонту за три простых шага.

48

Синтетическая базовая линия

- Алгоритм, который использует техническое описание оборудования для рассчета набора опорных спектров вибрации
- Имитация того, что бы получилось в результате проверки вибрации на исправном оборудовании

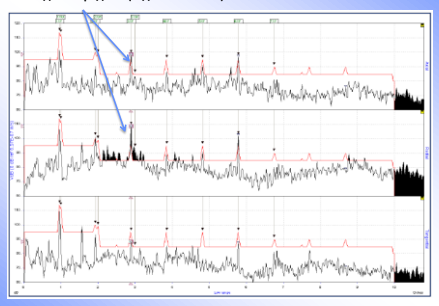
- Моделирование влияния фоновой вибрации, вибрации внутренних компонентов оборудования, а так же вибрации, порождаемой ближайшими подключенными компонентами.



КЛЮЧЕВАЯ ОСОБЕННОСТЬ - "базовая линия" формируется алгоритмом, который определяет, какой вид должен иметь спектр вибрации исправной машины!

Синтетическая базовая линия

- Результаты измерений сравниваются с синтетической базовой линией и выявляются выходы за пределы (отдельные пики).



50

Тестер вибрации 810 – обзор продукта

Общие характеристики:

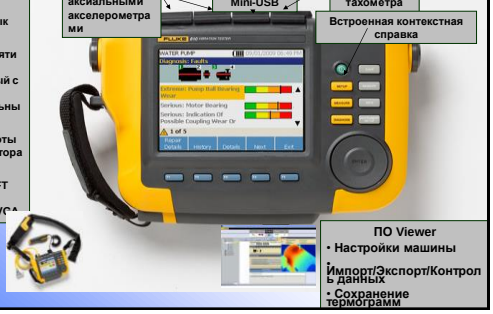
- Многоязычный интерфейс (русский язык ожидается)
- объем памяти 2ГБ, расширяемый с помощью дополнительных карт SD
- время работы от аккумулятора 8 ч
- Цветной TFT дисплей формата ¼ VGA

Входы для работы с одно- и три-аксиальными акселерометрами

Подключение к ПК с помощью Mini-USB

Вход для подключения лазерного тахометра

Встроенная контекстная справка



ПО Viewer

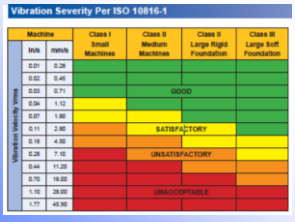
- Настройки машины
- Импорт/Экспорт/Контроль данных
- Сохранение термограмм

А что, если необходим более простой инструмент для проверки вибрации?

FLUKE

Простая проверка вибрации: измерение общего уровня вибрации/состояния подшипников

- **Использование инструментов для проверки вибрации для быстрого определения «годен» или «негоден» путем сравнения с установленными в стандартах уровнями (ISO 10816), а так же отслеживание результатов во времени.**



52

Забудьте о «ручках» … теперь ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

FLUKE

Fluke 805 самый надежный и простой для пользователя прибор для проверки для ремонтных служб.

- **СТАБИЛЬНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ вместо ложных срабатываний**
- **ПОВТОРЯЕМОСТЬ вместо случайных показаний**
- **ПРОСТОТА вместо сложных приборов**

53

ОВКВ / Промышленность

FLUKE

Компоненты, которые чаще всего проверяют

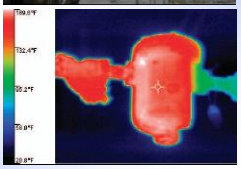
- Футеровка
- Емкости
- Паровые системы
- Трубы и задвижки
- Нагреватели/печи
- Промышленное оборудование
- Пластмассовая промышленность (формовка)
- Целлюлозно-бумажная промышленность (ролики, обрабатывающее оборудование и т.д.)
- Металлургия: литье
- Котлы и реакторы
- Исследования и разработка

Типичные причины перегревов и отклонений температуры

- Повреждение конструкций из-за износа труб и т.п.
- Ненормальные тепловые потоки/градиенты тепла
- Течи газа или пара

54

Паровые системы

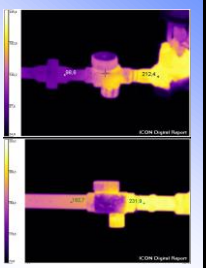


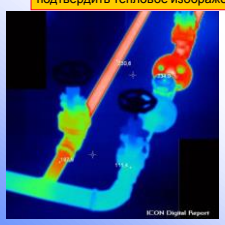
При правильной работе, как в данном примере, тепловое изображение конденсационного горшка должно показывать резкое изменение температуры.

55

Паровые системы

Конденсационный горшок на сахарном заводе.
Тепловое изображение показывает нормальную работу (вверху) и неисправное состояние (внизу).
Разности температуры даны для того, чтобы подтвердить тепловое изображение.





Паровой вентиль на сахарном заводе. Термограмма показывает, как пар проходит сквозь вентиль, в котором есть течь.

56

Паровые системы

- По информации Министерства энергетики США, более 45% топлива, сжигаемого производителями в США, расходуется на производство пара.
- Пар используется для разогрева сырья и обработки частично готовой продукции.
- Пар является источником энергии для оборудования, а так же используется для производства тепла и электроэнергии.
- На работу котлов, производящих пар, расходуется около 18 млрд. долларов (по курсу 1997 года) в год.

- Если конденсационный горшок среднего размера выходит из строя в открытом состоянии, он приводит к потерям около $3,000 в год!
- Используйте **опорное** обследование, чтобы получить информацию об элементах паровых систем вашего предприятия components
- Для выявления аномалий используйте **регулярные** тепловизионные обследования
- **С помощью регулярных обследований потери пара можно сократить на 50-75%**

57

Уровни материалов в емкостях

Обнаружение уровней жидкостей, сыпучих веществ и взвесей

58

Футеровка и теплоизоляция цементных вращающихся печей

Следует искать

- Горячие участки, связанные с истоньшением или разрушением футеровки
- Холодные участки, связанные с налипанием продукта обработки изнутри

59