



МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЕЧИ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И ТЕПЛОВИЗОРА

Значение термографии, как метода неразрушающего контроля и мониторинга состояния объектов промышленности, значительно возросло в последнее время в связи с качественным изменением тепловизионных приборов. Использувавшиеся ранее пирометры и сканирующие пирометры на их основе сыграли и играют до сих пор немаловажную роль в области контроля температуры объектов, но между ними и тепловизорами – такая же разница, как между фотодиодом и видеокамерой.

Тепловизор содержит инфракрасные (ИК) элементы, объединенные в матрицу, что позволяет видеть на экране монитора тепловое излучение объекта. ИК-матрицы уже не требуют, как несколько лет назад, охлаждения жидким азотом, что резко уменьшило габариты устройств и расширило область их применения. Одновременно в разы снизилась стоимость этих приборов. Падение цены способствовало тому, что тепловизоры заняли свою нишу на рынке услуг по измерению температуры. Они используются там, где нужно контролировать температуру одновременно в разных точках на большой поверхности, при измерении температуры на значительных расстояниях, где невозможно использовать термометры или пирометры, а также температуру поверхности вращающихся и подвижных объектов.

Использование тепловизоров для круглосуточного непрерывного контроля температуры поверхности вращающихся обжиговых печей – это качественный шаг вперед по сравнению с применяемыми сегодня ИК-сканерами и пирометрами. Отсутствие двигателя развертки и применение электронной матрицы априори делает тепловизоры более надежными в использовании, а дополнительный сервис более удобными в работе. Окно «он-лайн» представляет изображение в инфракрасном диапазоне в реальном времени (рис. 1), что позволяет оператору быстро и наглядно получать всю информацию о состоянии футеровки, длине факела и т. п. на основании данных по температуре поверхности печи и вовремя принимать решения при возникновении нестандартных ситуаций.

Весь поток информации, а это данные о тепловом потоке от более чем 100 тысяч ИК-элементов с частотой до 50 кадров в секунду, поступает в компьютер, где обрабатывается специализированной программой. Возможности программного обеспечения (ПО) по обработке и представлению информации практически не ограничены:

- мониторинг всех объектов, попадающих в объектив тепловизора;
- непосредственное измерение температуры любой точки объекта в окне «он-лайн» и на термограммах и графиках;
- построение графиков распределения температуры по поверхности;
- построение термограммы, изотермы;
- построение графика изменения температуры в различных точках по времени;
- представление изображения в различных цветовых палитрах;
- запись фотографий, видеороликов и термограмм в архив непосредственно оператором или автоматически с заданным интервалом;
- автоматическая сигнализация при превышении заданных уровней температуры в заданных областях и по экрану в целом;
- доступ к архиву данных по локальной сети;
- возможность изменения ПО под конкретные задачи.

Программное обеспечение только обрабатывает и представляет данные, но для точного измерения бесконтактным способом важны характеристики самого прибора: параметры оптики, точность и погрешность измерения, диапазон измерения температуры, удобство представления информации и сервисные функции. По всем этим пунктам

тепловизор не только не уступает, но и объединяет в себе достоинства сканирующего пирометра, пирометра и видеокамеры. Рассмотрим подробнее важнейшие параметры.

Пространственная разрешающая способность: мгновенный угол зрения, показатель визирования. Этот параметр определяется оптикой и размером ИК-элемента. Если не вдаваться в подробности (параметры приведены в сравнительной таблице), а рассмотреть в качестве примера измерение температуры объекта длиной 40 м, то тепловизор с углом зрения объектива 45° с расстояния 40 м позволяет обследовать область, не превышающую в размере 9 см, в любой точке объекта, в том числе и на краях. У лучших отечественных сканеров, в этом примере, размер обследуемой области составит по центру 25 см (при показателе визирования 80: 1), а на краях – до 50 см (при угле сканирования 90°). Этот показатель говорит о том, что тепловизор превосходит сканирующий пирометр по этому параметру, как минимум, в три раза, и им можно измерять температуру мелких дефектов или более масштабных объектов с погрешностью не хуже, чем у сканера.

Погрешность измерения – важный параметр, но надо иметь в виду, что измерение бесконтактным способом отличается от измерения термометром или другими контактными

Таблица

Технические параметры сканирующего пирометра и тепловизора

Наименование параметра	Средние значения:	
	для сканеров	для тепловизоров
Количество элементов в матрице	1	384 x 288
Мгновенный угол зрения, мрад	12	2,5
Показатель визирования	80: 1	400: 1
Спектральный диапазон, мкм	3–5	7,5–14
Динамический диапазон, бит		16
Развертка	Вращающееся двигателем зеркало	Матрица ИК-элементов
Частота развертки, строк в секунду	6	
Частота обновления кадров, кадров в секунду		9–50
Угол обзора, °	90	1 55 x 42
Диапазон измеряемых температур, °C	От 100 до 500	2 От –40 до 600
Разрешающая способность по температуре, °C		0,09
Точность измерений	4°C или ± 4%	2°C или ± 2%
Потребляемая мощность, Вт	10	55, не более (с учетом системы микроклимата)
Габаритные размеры (в термокожухе), мм		450 x 135 x 140 (без учета кронштейна)
Масса, кг		8, не более
Диапазон рабочих температур (с термокожухом), °C		От –40 до 55
Напряжение питания		50 Гц, 220 В
Класс защиты		IP54

¹ Объектив выбирается из стандартного ряда

² C поддиапазонами: от –40 до 120°C, от 0 до 300°C и от 100 до 600°C.

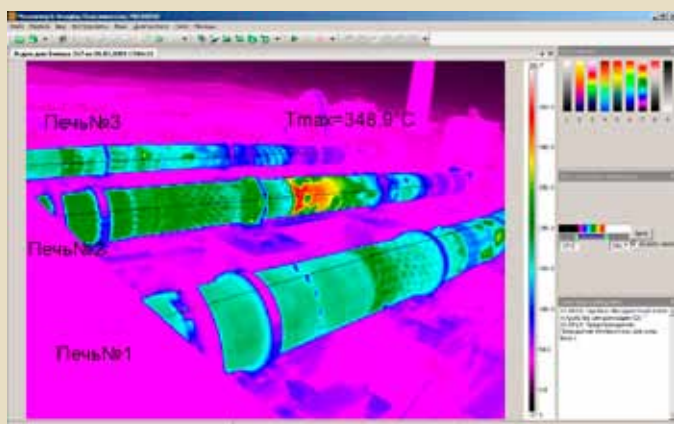


Рис. 1. Тепловые процессы на холодном участке печи

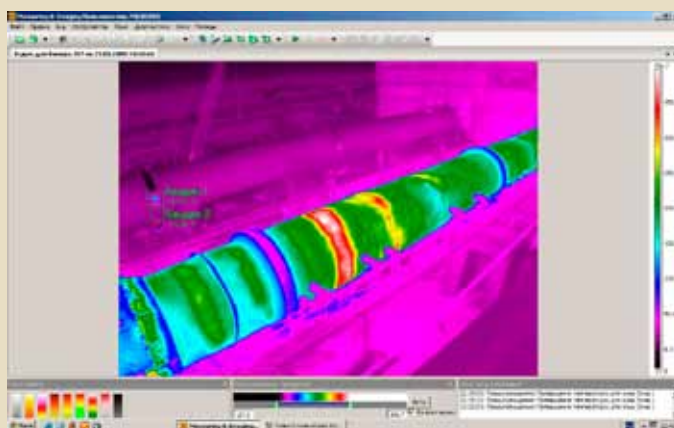


Рис. 2. Бандаж печи отражает тепловой поток от соседней нагретой печи

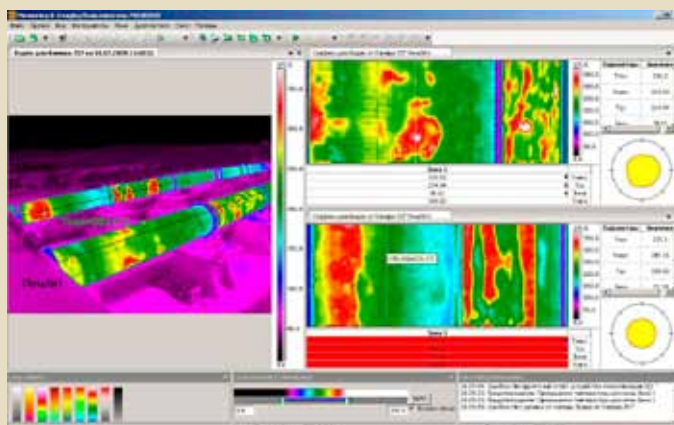


Рис. 3. Использование тепловизора для контроля двух печей

ми приборами. Поскольку и пирометры, и тепловизоры измеряют тепловой поток от нагретого объекта, в термографии для определения абсолютной температуры используются поправочные коэффициенты для поверхностей с различными коэффициентами излучения. Если коэффициенты подобраны правильно, то погрешность измерения не превысит указанных в паспорте данных. Однако существует дополнительная погрешность, возникающая при отражении от соседнего нагретого объекта, в зависимости от пропускающих свойств атмосферы, от соответствия размеров измеряемого объекта разрешающей способности тепловизора или пирометра. На рис. 2 хорошо видно, что бандаж холодной печи (печь № 1) отражает тепловой поток от соседней нагретой печи, и если бы сканирующий пирометр был случайно направлен на эту область, появилась бы постоянная погрешность, исключить которую без общей картины печи практически невозможно. Все эти погрешности можно исключить с помощью коэффициентов в

настройках тепловизора или грамотного выбора точки измерения на тепловом изображении печи. Кроме того, если рассматривать приведенный в предыдущем абзаце пример, то сканирующий пирометр не сможет произвести измерения для области меньше 25 см без дополнительной погрешности, в то время как для тепловизора в том же примере указанная область составляет 9 см.

Диапазон измеряемых температур. И тепловизоры, и пирометры достаточно легко измеряют высокие температуры, но при измерении в низких диапазонах, когда температура датчиков сопоставима с окружающей температурой, могут возникать непреодолимые проблемы, связанные с типом применяемого ИК-элемента, его рабочим спектральным диапазоном и возможностью охлаждения датчика. Сканирующие пирометры, используемые на цементном производстве, как правило, имеют температурный диапазон от 100°C, что позволяет их использовать в зоне спекания, но немаловажно знать, что происходит в цепной зоне, где тоже проходят тепловые процессы, и тепловизор с диапазоном измеряемых температур от -40°C легко определяет возможное повреждение на «холодном» участке печи.

Еще несколько полезных свойств тепловизора:

- возможность использования одного тепловизора на двух или трех печах одновременно с представлением полной информации по каждой из печи (рис. 3);
- в окне «Он-лайн» можно пометить точки измерения неподвижных частей объекта или выделить области, такие как главный привод печи или обойма подшипника, для которых будет вестись контроль температуры и сохранение данных в архиве;
- имеется система встроенного самоконтроля, калибровки, автоподстройки и автофокуса;
- можно подобрать объектив с нужным углом зрения, исходя из возможности размещения тепловизора на производстве.

Тепловизор размещается напротив печей приблизительно посередине измеряемого участка и выше уровня печей, чтобы можно было наблюдать за двумя-тремя печами одновременно. Передача данных до АРМ оператора осуществляется по проводной линии связи G Ethernet.

В таблице приведены в сравнении средние технические параметры сканирующего пирометра и тепловизора.

Обслуживание тепловизора сводится к очистке объектива от пыли по мере запыления и проведению сервисного обслуживания у производителя не реже одного раза в два года, в это же время происходит и проверка калибровки тепловизора.

Система с использованием тепловизора является эффективным средством планирования сроков технического обслуживания печи, позволяя при этом быстро, точно и безопасно локализовать возникшие проблемы до наступления фактического отказа. Технические данные, приведенные в таблице, и результаты пробных испытаний, представленные на рисунках, позволяют сделать вывод, что тепловизор с успехом можно использовать для непрерывного мониторинга температуры вращающихся печей, предоставляя дополнительные сервисные функции и новые возможности для работы операторов на этих печах. Использование тепловизоров позволяет увеличить межремонтный интервал, а значит, уменьшить эксплуатационные затраты и, как следствие, снизить себестоимость продукции.

ООО НТФ «Микроникс»

Адрес: 644007, Россия, Омск,
ул. Третьяковская, 69, оф. 505
Тел. /факс: +7 3812 25 42 87, 24 72 77
e-mail: micronix@mx-omsk.ru
www.mx-omsk.ru