

# ТЕПЛОВИЗОРЫ – МОНИТОРИНГ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ ПРОКАЛКИ НЕФТЯНОГО КОКСА

ВЛАДИМИР ЛАТУШКИН  
 ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»,  
 СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВ, АЛЕКСЕЙ ТРУШНИКОВ, АЛЕКСЕЙ ФИЛИМОНОВ  
 ООО НТФ «Микроникс»



Контролируемая печь

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 на их основе сканирующие пирометры сыграли и играют до сих пор немаловажную роль в области контроля температуры объектов, но между ними и тепловизорами такое же различие, 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 занятию тепловизорами своей ниши на рынке измерения 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 температуры поверхности вращающихся и подвижных объектов.

Использование тепловизоров для круглосуточного непрерывного контроля температуры поверхности вращающихся печей прокали нефти кокса — 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 удобным в работе.

Окно «он-лайн» представляет изображение в инфракрасном диапазоне в реальном времени (см. «Контролируемая печь» и «Тепловые процессы на холодном участке печи»), что позволяет оператору быстро и наглядно получать всю информацию о состоянии футеровки, длине факела и т.п. по температуре поверхности печи и вовремя принимать решения при возникновении нестандартных ситуаций.

Весь поток информации — а это данные о силе теплового потока от

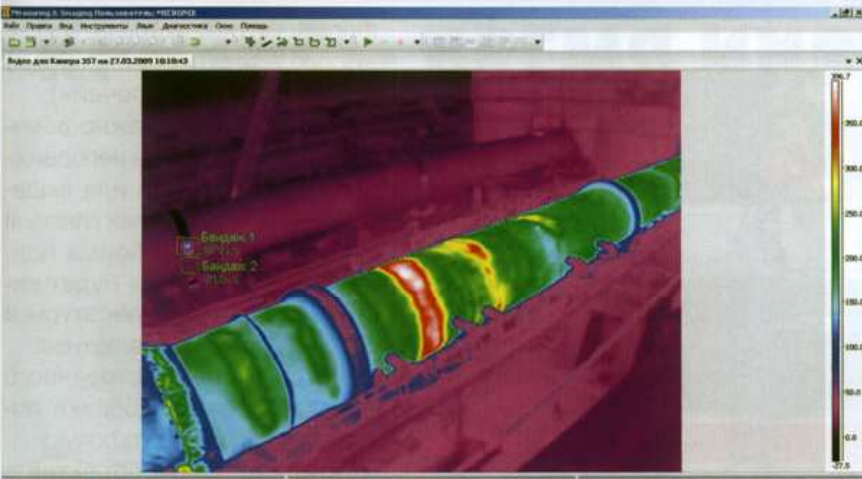
более чем 100 тыс. ИК-элементов с частотой до 50 кадров в секунду — поступает в компьютер, где обрабатывается специализированной программой. Возможности программного обеспечения (ПО) по обработке и представлению информации практически не ограничены:

- 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 уров-



Тепловые процессы на холодном участке печи





**Бандаж печи отражает тепловой поток от соседней нагретой печи**

- ней 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.

### Пространственная разрешающая способность

Этот параметр (мгновенный угол зрения, показатель визирования) определяется оптикой и размером ИК-элемента. Если не вдаваться в подробности (параметры приведены в сравнительной таблице), а привести все к измерению температуры объекта длиной 40 метров, то тепловизор с углом зрения объектива 45° с расстояния 40 метров позволяет измерить область, не превышающую в размере 9 см в любой точке объекта, в том числе и на краях. У лучших отечественных сканеров, для этого примера, размер измеряемой без погрешности 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, с погрешностью не хуже, чем у сканера, температуру более масштабных объектов.

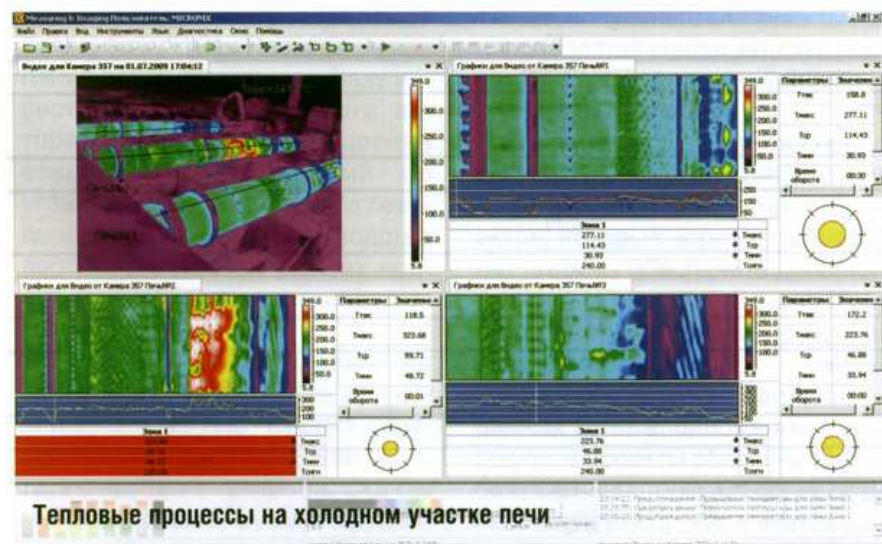
### Погрешность измерения

Это важный параметр, но надо иметь в виду, что измерение бесконтактным способом отличается от измерения термопарой или другими контактными 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 коэффици-

енты подобраны правильно, то погрешность измерения не превысит указанных в паспорте данных. Однако существует дополнительная погрешность, возникающая при отражении теплового потока от соседнего нагретого объекта и зависящая от пропускающих свойств атмосферы, от соответствия размеров измеряемого объекта разрешающей способности тепловизора или пирометра. На фото (см. «Бандаж печи отражает тепловой поток от соседней нагретой печи») хорошо видно, что бандаж холодной печи (печь №1) отражает тепловой поток от соседней нагретой печи, и если сканирующий пирометр был бы случайно направлен на эту область, появилась бы постоянная погрешность, исключить которую без общей картины печи практически невозможно. Все эти погрешности можно исключить коэффициентами в настройках тепловизора или грамотным выбором точки измерения на тепловом изображении печи. Кроме того, если рассматривать приведенный в предыдущем абзаце пример, то сканирующий пирометр не сможет измерить область меньше 25 см без дополнительной погрешности, в то время как для тепловизора, в том же примере, эта область составляет 9 см.

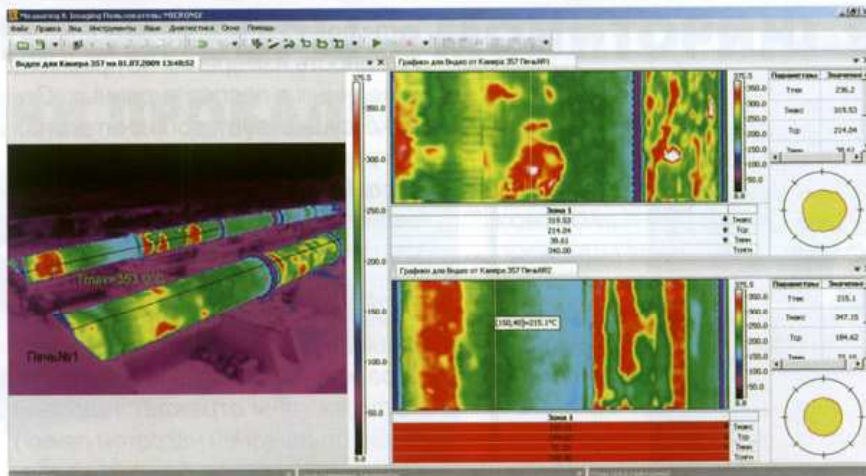
### Диапазон измеряемых температур

И тепловизоры, и пирометры достаточно легко измеряют высокие температуры, но измерение на низких диапазонах, когда температура датчиков сопоставима с



**Тепловые процессы на холодном участке печи**





Использование тепловизора для контроля двух печей

окружающей температурой, могут возникнуть непреодолимые проблемы, связанные с типом применяемого ИК-элемента, его рабочим спектральным диапазоном и возможностью охлаждения датчика. Сканирующие пирометры, как правило, имеют температурный диапазон от 100°C, что позволяет использовать их в зоне спекания, но немаловажно знать, что происходит на «холодном» конце, где тоже проходят тепло-

вые процессы, и как видно на фото (см. «Тепловые процессы на холодном участке печи»), тепловизор, с диапазоном измеряемых температур от минус 40°C, легко определил возможное повреждение на «холодном» участке печи.

Еще несколько полезных свойств тепловизора:

- возможность использования одного тепловизора на двух или трех печах одновременно с представлением полной ин-

формации по каждой печи (см. «Использование тепловизора для контроля двух печей»);

- в окне «он-лайн» можно поместить точки измерения неподвижных частей объекта или выделить такие области, как главный привод печи или обойма подшипника, в которых будет вестись контроль температуры и сохранение данных в архиве;
- имеется система встроенного самоконтроля, калибровки, автоподстройки и автофокус;
- можно подобрать объектив с нужным углом зрения, исходя из возможности размещения тепловизора на производстве.

Тепловизор размещается напротив печей приблизительно по середине измеряемого участка и выше уровня печей, чтобы иметь возможность наблюдать за двумя-тремя печами одновременно. Передача данных до АРМ оператора осуществляется по проводной линии связи GEthernet.

## Обслуживание

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, позволяющим при этом быстро, точно и безопасно локализовать возникшие проблемы до наступления фактического отказа. Технические данные, приведенные в таблице, и результаты пробных испытаний, представленные на фотографиях, дают возможность сделать вывод, что тепловизор с успехом можно использовать для непрерывного мониторинга температуры вращающихся печей, представляя дополнительные сервисные функции и новые возможности для работы операторов на печах прокаливания кокса. Использование тепловизоров позволяет увеличить межремонтный интервал, а значит, уменьшить эксплуатационные затраты и, как следствие, снизить себестоимость продукции.

Средние сравнительные технические параметры сканирующего пирометра и тепловизора

Наименование параметра	Средние значения для сканеров	Средние значения для тепловизоров
Количество элементов в матрице	1	384x288
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/сек	6	
Частота обновления кадров, кадров/сек		9-50
Угол обзора, °	90	55x42*
Диапазон измеряемых температур, °C	100-500	минус 40-600**
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		450x135x140 (без учета кронштейна)
Масса, кг		8, не более
Диапазон рабочих температур (с термокожухом), °C		минус 40-55
Напряжение питания		50 Гц, 220 В
Класс защиты		IP54

\* Объектив выбирается из стандартного ряда

\*\* С поддиапазонами: минус 40-120°C, 0-300°C и 100-600°C.