Визуализация высокотемпературных процессов на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии

Б.Л. Орлов (ИПФ "Ай Си Пи")

Рассматривается вопрос о целесообразности использования систем видеонаблюдения с функциями расчетной цветовой термографии топочного пространства промышленных печей. Приводятся принципиальная схема подобной системы, экономическое обоснование целесообразности ее применения, а также примеры промышленного использования в России и за рубежом.

Ключевые слова: нефте- и газопереработка и нефтехимия, печь, змеевик, радиантная камера, визуализация процессов горения, термография, эффективность, снижение затрат.

В последнее время в отраслях нефте- и газопереработки и нефтехимии принят устойчивый курс на модернизацию производственных мощностей и освоение новых технологий. Однако в основном это касается лишь главных, "магистральных" направлений производства: новые установки, процессы, технологические линии. Это глобальные проекты, которые значительно интенсифицируют производство в целом, однако большую часть действующих процессов, не подлежащих замене, они не затрагивают. Зачастую создается парадоксальная ситуация: на одном и том же предприятии не просто последовательно, а чуть ли не на одной и той же установке реализуются ТП разных поколений, разного инструментального и аналитического оформления, с управлением, основанным не просто на разной автоматике, а даже и на разных принципах.

В частности, это касается процессов горения на всех печах и высокотемпературных реакторах. Практически ни на одном из отечественных предприятий не предусмотрен мониторинг и тонкое управление процессом сгорания топлива. И это не смотря на то, что в смежной области – энергетике такое управление горением уже прочно вошло в жизнь и является одним из основных методов повышения производительности и снижения расходов.

В качестве примера можно рассмотреть применение системы видеонаблюдения с функцией термографии на котлах ГРЭС в Италии. В табл. 1 приведены данные по замене труб поверхностей нагрева на котлах до и после установки системы. Из таблицы видно, что система, стоимость которой несоизмеримо мала по сравнению со стоимостью новых установок или новых технологий, должна окупаться достаточно быстро (в описанном случае – за 6 мес.). Визуальный контроль процесса горения и наличие карты распределения температур, доступной в режиме on-line, дает возможность оптимально распределить температурную нагрузку по поверхностям нагрева радиантной камеры и тем самым предотвратить прогары труб из-за термического износа. При этом необходимо учесть тот факт, что на котлах ТЭС возможно отглушение прогоревшей секции без остановки самого котла, в отличие от ситуации на печах НПЗ – НХК.

Разумеется, ситуация, при которой на работающей печи прогорает змеевик радиантной камеры – это чрезвычайное происшествие, приводящее к аварии, и такие ситуации достаточно редки. Но, если обратиться к статистике, то выясняется следующее: на большинстве печей предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей замена труб радиантной камеры печи во время плановых ремонтов производится в непозволительно больших объемах. На некоторых предприятиях число заменяемых труб змеевика может достигать 30%. И это при условии, что зачастую в процессе планового ремонта часть труб змеевика радиантной камеры достаточно просто повернуть на 180° вокруг продольной оси, что позволит эксплуатировать ее еще как минимум половину срока.

Достаточно распространенным явлением при эксплуатации печей является самопроизвольное изменение геометрии факела горелки в виде отклонения от продольной оси и недопустимого приближения факела к поверхностям нагрева. В этом случае используется термин "наброс факела". Обычно это связано с повреждением горелки (внутренних деталей или огнеупорной амбразуры). Иногда измене-

Таблица 1

№ котла	Число секций, заменяемых во время 1-/2-/3-го плановых ремонтов	
	До установки видеосистемы с функцией термографии	После установки видеосистемы с функцией термографии
1	17 / 19 / 16	14 / 11 / 8,5
2	21 /19 / 19	16 / 10 / 12
3	18 / 18 / 17	11 / 11 / 4,5
4	24 / 21 / 23	12 / 9 / 6

Http://www.avtprom.ru

ние геометрии факела может быть вызвано повреждением самой камеры сгорания, например, при разрушении футеровки пода или при потере герметичности люков и заглушек технологических отверстий печи и т.п. В любом случае нарушение геометрии факела ведет к неравномерности нагрева труб змеевика, а часто к возникновению значительных локальных перегревов.

Если факел имеет неправильную форму постоянно, то рано или поздно это будет обнаружено во время обхода печи и визуальной проверки горения через смотровые отверстия. Однако существует опасность не заметить искривленный факел, особенно, если горелка достаточно мощная и отклонение факела от продольной оси горелки не превышает 20°. Между тем даже небольшое отклонение факела у мощной горелки может вызвать значительную термическую коррозию в радиантной части змеевика. Периодическое же нарушение геометрии факела может быть не замечено вовсе. . В этом случае причина повышенного термического износа труб останется невыясненной, что в свою очередь чревато внезапным аварийным выходом из строя труб змеевика радиантной камеры печи, высокотемпературного реактора или испарителя. Но, даже если этого не случится, местный перегрев приводит к нестабильности и разрыву сплошности потока внутри змеевика, что в свою очередь также увеличивает нагрузку на трубы.

Рис. 1. Визуализация работы горелок

Рис. 2. Установка системы видеонаблюдения топочного пространства с функцией термографии на одном из предприятий отечественного ТЭК

Необходимо также отметить, что расчет нагрузок на змеевик ведется с большим числом допущений и приближений. Введение в уравнения Навье-Стокса, используемых при расчете большинства гидродинамических систем, различных критериев (Фруда, Эйлера и пр.) для удовлетворения принципам подобия, не дает возможности получить истинную картину на стадии теоретического расчета, из чего следует возможность наличия неучтенных нагрузок как внутри самих труб, так и на их поверхности.

Таким образом, визуализация, предоставляющая возможность непрерывного наблюдения за процессом горения и термография, дающая карту распределения температур в объеме камеры сгорания, позволяет избежать большей части проблем, связанных с термическими нагрузками прерывистого или ступенчатого типа.

Здесь, кстати, нелишне будет упомянуть, что "устранение" последствий от касающегося змеевика факела за счет повышения теплосъема с внутренней стороны трубы с помощью увеличения скорости продукта, прокачиваемого по трубам, не может являться решением проблемы. Этот метод приводит к нестабильности температуры нагреваемого продукта на выходе из печи (особенно в случае периодического набрасывания факела), повышения нагрузки на перекачивающее оборудование и, как следствие, перерасходу энергии и увеличению затрат на дальнейшую переработку.

Вторым моментом, на который и визуализация, и термография процесса оказывают благотворное влияние, является снижение содержания в дымовых газах окислов азота, при образовании которых наличие перегретых участков змеевика играет роль катализатора. Устранение участков локальных перегревов значительно снижает наличие NOx, покидающих топочное пространство.

На рис. 1, 2 видна неровная работа горелок, легко определяемая по размерам факела. Соответственно легко сделать вывод о возможных неисправностях и неполадках в работе самой горелки, топливо- или воздухоподво-дящей системе и т.д. По выявлению эти недостатки легко устранить в процессе планового ремонта.

Еще одним важным свойством систем видеонаблюдения и термографии топочного пространства является возможность избежать наличия на трубах радиантной камеры печи или высокотемпературного реактора локальных перегревов змеевика, связанных с закоксовыванием или осмолением поверхностей.

Наблюдая процесс розжига печи или запуска высокотемпературного реактора, легко видеть, что поверхность труб змеевика нагревается неравномерно. За счет неравномерностей в топливо- и воздухоподающих системах происходит неполное сгорание топлива, что в свою очередь приводит к накапливанию продуктов неполного сгорания топлива на поверхности труб. А так как закоксовывание и осмоление – процессы, идущие на активных центрах ("пиках"), то скорость нарастания слоя высокомолекулярного продукта на разных участках трубы будет значительно различаться, и накопление слоя смол или кокса на трубах будет неравномерным.

В связи с тем, что продукты неполного сгорания углеводородного топлива имеют теплопроводность, отличную от металла, теплосъем на этих участках носит непостоянный характер даже при условии того, что объемная скорость нагреваемого продукта будет постоянной.

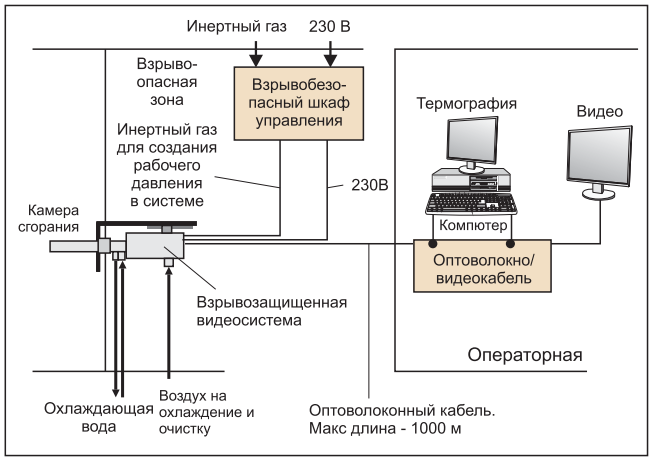

Рис. 3. Принципиальная схема системы видеонаблюдения с функцией термографии производства компании DURAG (Германия) на печи установки крекинга

С другой стороны, кокс и смолы горючи и при достижении максимальных температур в камере сгорания самовоспламеняются. При этом скачкообразно меняется перепад температур внутри стенок труб, что приводит не только к экстремальным термическим нагрузкам, но и к физическим (за счет разницы в удлинении нагретых частей змеевика). Это может отрицательно сказаться на змеевиках как с соединением труб на ретурбендах, так и с цельносварными змеевиками на подвесах.

Подобные локальные скачки температур даже опаснее, чем последствия наброса факела, так как отличаются длительностью воздействия, с одной стороны, а с другой – практической невозможностью точно определить их место возникновения в следующий раз. Но при визуализации, а тем более при использовании термографии топочного пространства такие участки будут хорошо заметны. Наблюдая визуально и на термокарте топочного пространства перегретые участки трубопровода, легко определить расположение закоксованных участков, что позволит при плановом ремонте печи заменить именно эту часть змеевика и даже перейти к ремонту по состоянию оборудования.

Нужно помнить, что материалом для труб змеевиков служат в основном следующие марки сталей: Ст20, 10Г2, 15ХМ, 15Х5М, 15Х5МУ, 13Х9М, 08Х18Н10Т, ХН32Т, 12Х18Н10Т, 20Х23Н18, а также соответствующие импортные аналоги. Все это (кроме Ст20) достаточно дорогие стали, а так как трубы для печей, котлов-пароперегревателей и испарителей зачастую еще и оребренные, то соответственно они еще дороже.

Система видеонаблюдения топочного пространства с функцией термографии представляет собой видеокамеру с видеоскопом/бороскопом, используемым в качестве объектива, помещенную в специальный многослойный кожух – охлаждающую рубашку. Охлаждение ведется водой и воздухом, а там, где требуется взрывозащищенность – инертным газом. Пневматический или гидравлический механизм обеспечивает ввод видеоскопа/бороскопа в камеру

Таблица 2

Год	НПЗ в Европейской части России		НПЗ в Сибири	
	Затраты		Затраты	
	Тыс.руб.	Чел.-час	Тыс.руб.	Чел.-час
2008	8 200	305	14 567	450
2009	7 600	360	10 860	400
2010	8 500	340	11 623	450

сгорания, а также автоматический вывод в случае прекращения подачи охлаждающего агента.

Видеосигнал с камеры подается одновременно на монитор для простой визуализации процесса горения топлива и на промышленный компьютер, где обрабатывается с целью получения псевдоцветного термографического изображения. В принципе вся система представляет собой простую комбинацию оборудования, чем и объясняется ее практически безотказная работа. Установка и запуск в эксплуатацию также не представляют собой сложности и возможны практически на любом действующем оборудовании в период планового останова. При условии предварительного осуществления предварительных работ: подводки охлаждающих агентов, подготовки монтажных фланцев, проведения оптоволоконного кабеля установка системы занимает не более 2...3 рабочих дней и требует не более 50 человеко-часов.

Относительно высокая стоимость подобных систем объясняется лишь стоимостью материалов, идущих на изготовление жаропрочных кожухов-рубашек охлаждения, и автоматических устройств, обеспечивающих бесперебойную и безотказную работу систем видеонаблюдения с функцией термографии.

На рис.3 показана принципиальная схема установки системы визуализации и термографии процесса в камере сгорания на одном из нефтеперерабатывающих заводов Германии. Для него же была проведена следующая оценка эффективности на возврат инвестиций при внедрении системы видеонаблюдения топочного пространства с функцией термографии на установке крекинга тяжелого нефтяного сырья:

- на установке имеется 11 прямоугольных печей крекинга;
- из-за локальных перегревов на печах происходит 6...7 разрывов труб в год;
- каждый разрыв трубы соответствует 6...7 дням простоя установки на ремонте;
- каждый час простоя установки – 10 тыс. долл. США;
- общие потери из-за разрыва труб – 1440...1680 тыс. долл. США/год;
- общая сумма убытков – 8640...11760 тыс. долл. США/год;
- общий объем инвестиций для видеосистем на всех печах – 2300 тыс. долл. США.

Таким образом, полный возврат инвестиций будет достигнут в течение первого же года, если удастся избежать разрыва хотя бы двух труб. То есть окупае-

мость всего проекта займет не более полугода при работе установки в номинальном режиме.

В табл. 2 приводятся общие данные по двум нефтеперерабатывающим предприятиям РФ в части затрат на замену труб на печах и испарителях. В эти данные не вошли потери по прибыли, недополученной за время вынужденного простоя, но цифры и так достаточно впечатляющие. Конечно, нельзя утверждать, что применение инновационных систем визуализации и термографии процессов горения полностью устранит эти потери, однако они помогут существенно сократить время планового ремонта, снизить затраты на замену труб и деталей подвески, а в дальнейшем позволят, там где это возможно, перейти на схему ремонта по состоянию оборудования.

Таким образом, применение систем видеонаблюдения с возможностью термографии на предприятиях нефте- и газопереработки и нефтехимии России является экономически целесообразным. Использование таких систем значительно поднимет уровень безаварийности производства, продлит срок службы оборудования, позволит снизить затраты на замену частей змеевиков и топливный газ. Кроме того, применение подобных систем значительно упростит и сделает интуитивно понятным процесс управления горением топлива, устранит необходимость в утомительных обходах операторами печей на установках, снижая тем самым опасность производственного травматизма и повышая трудовую отдачу персонала.

Орлов Борис Львович *— инженер инженерно-производственной фирмы "Ай Си Пи".*
Контактный телефон (495) 956-85-53.
E-mail: info@icpgroup.ru http://www.icpgroup.ru

РТСофт внедрила систему управления инженерными сооружениями Центрального хранилища Банка России

Компания "РТСофт" сдала в эксплуатацию автоматизированную систему управления инженерными системами объектов Центрального хранилища Банка России (АСУ ИС). Работы проходили в сотрудничестве с ЗАО "Фирма "АйТи". Информационные технологии". В ходе реализации проекта в комплексную систему мониторинга и управления инженерными системами жизнеобеспечения были объединены девять строений Центрального хранилища Банка.

АСУ ИС обеспечивает дистанционный контроль и управление работой оборудования инженерных систем электроснабжения, освещения, пожарной автоматики, теплового пункта, вентиляции и кондиционирования, очистных сооружений, лифтового хозяйства и холодильной станции.

В состав АСУ ИС входят следующие компоненты:

- система диспетчеризации, предназначенная для принятия, обработки и отображения информации, поступающей от инженерных систем зданий;
- серверный узел системы с установленным системным и специализированным прикладным ПО;
- АРМ диспетчеров АСУ ИС;
- аппаратно-программные средства поддержания гарантированного электропитания, обеспечивающие штатное функционирование комплекса при временном (до 4 ч) отключении сетевого электропитания и перевод комплекса в безопасное состояние при более длительных отключениях;
- сеть передачи технологических данных с соответствующим коммутационным оборудованием;
- контроллеры, удаленные модули ввода/вывода, датчики;
- техническая и эксплуатационная документация.

Система позволяет получать оперативную информацию о состоянии и параметрах функционирования оборудования инженерных систем на единый диспетчерский пульт, оборудованный тремя АРМ и сервером с кластерной структурой резервирования. Помимо этого, работа системы обеспечивает оперативное взаимодействие эксплуатационных служб, а также документирование и регистрацию действий диспетчеров служб и параметров ТП, аварийных событий в инженерных системах.

АСУ ИС представляет собой современную систему мониторинга 13 инженерных систем с общей информационной емкостью около 3 тыс. контролируемых параметров и территориально распределенный комплекс, включающий более 90 шкафов приема и обработки информации. Для обеспечения удобной работы операторов специалистами ЗАО "РТСофт" создано около 120 экранных форм, отображающих основные ТП, происходящие в инженерных системах.

Проект реализован на базе аппаратно-программных средств Schneider Electric серии Premium. Применяемое оборудование полностью соответствует климатическим условиям помещений, в которых оно установлено. Причем оборудование, размещенное в неотапливаемом помещении, может работать в температурном диапазоне - 25... 60 °С.

В качестве средства разработки прикладного ПО АСУ ИС использована SCADA-система компании Wonderware. ПО системы диспетчеризации функционирует под управлением ОС MS Windows XP PRO и отвечает всем требованиям, предъявляемым к современным SCADA-системам.

Благодаря применению технологии синхронизации модификаций переменных в единой БД на уровне контроллеров Premium и SCADA-системы InTouch удалось существенно снизить себестоимость и сроки проведения работ по программированию.

Во время опытной эксплуатации системы компания РТСофт провела обучение сотрудников службы эксплуатации Центрального хранилища Банка России. Сотрудники хранилища изучили технические и программные средства, на базе которых построена система, что позволило им совместно со специалистами РТСофт сопровождать ее на этапе опытной эксплуатации.

Внедрение АСУ ИС позволяет значительно повысить надежность, безопасность и качество эксплуатации оборудования инженерных систем Центрального хранилища Банка России, вывести на более высокий уровень оперативное взаимодействие эксплуатационных служб и сократить тем самым затраты на обслуживание дорогостоящего оборудования.

Http://www.rtsoft.ru