

## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ THERMOX

Измерение состава дымовых газов, в частности, концентрации кислорода и горючих компонентов, является необходимым условием оптимизации процессов горения в мощных энергетических печах, на установках нефтепереработки и на предприятиях коммунального хозяйства. В современных проектах реконструкции или модернизации печей такое измерение осуществляется с помощью анализаторов дымовых газов. Сигнал анализатора используется в автоматизированных системах управления, обеспечивающих максимальную эффективность работы установки и достижение проектных параметров процесса.

Принято считать, что измерение только концентрации кислорода в дымовом газе недостаточно: оптимальный режим работы печи определяется одновременными измерениями как кислорода, так и остаточного количества горючих компонентов (рис. 1). Под горючими компонентами обычно подразумевают монооксид углерода  $\text{CO}$  и водород  $\text{H}_2$ , являющиеся продуктами частичного окисления углеводородов. В зависимости от вида топлива (от угля до природного газа) относительное содержание  $\text{H}_2$  может меняться от 0% до 30%. Таким образом, основную долю горючих компонентов составляет  $\text{CO}$ . В связи с этим при оптимизации режимов горения часто говорят об измерении «кислорода и  $\text{CO}$ » в дымовом газе. На установках, использующих в качестве топлива природный газ, для обеспечения безопасного пуска или останова необходимо также измерять концентрацию метана, чтобы контролировать возможность возникновения взрывоопасной смеси.

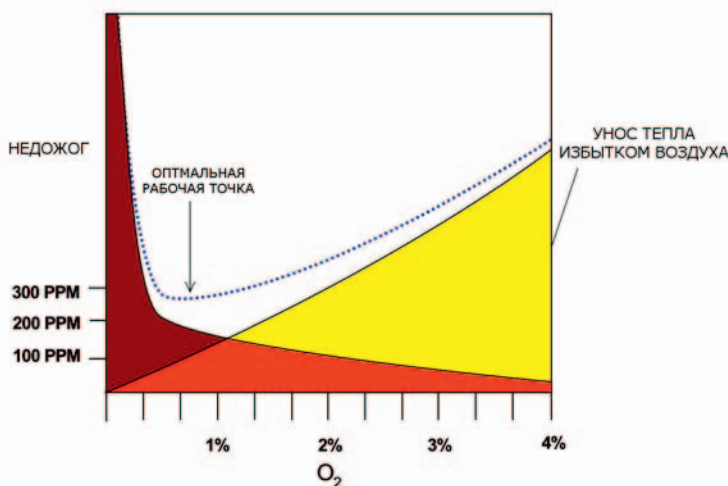


Рис. 1. Диаграмма эффективности процесса горения

Как следует из рис. 1, оптимальная рабочая точка соответствует небольшому избытку кислорода и, что менее очевидно, содержанию горючих компонентов ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ) примерно в 200...300 ppm. В этой точке сохранение небольшого количества несгоревших компонентов существенно уменьшает возможность образования окислов азота  $\text{NO}_x$ , снижая, тем самым, общую токсичность дымового газа, пусть и при не самом эффективном использовании топлива. Следует отметить, что приведенная выше диаграмма относится скорее к энергетическим установкам, для которых важна эффективность горения и, следовательно, использования топлива. На нефтехимических предприятиях существуют и другие процессы, в которых необходимо поддерживать заметный избыток кислорода, не очень заботясь при этом об эффективности горения. В качестве примера можно упомянуть печи дожига установок получения элементарной серы, в которых необходимо гарантированно окислить вредные соединения типа  $\text{H}_2\text{S}$ . Для таких установок обычно ограничиваются измерением кислорода.

Задача измерения компонентов дымовых газов решается с помощью поточных анализаторов, в которых содержание кислорода измеряется датчиком на основе оксида циркония, а  $\text{CO}+\text{H}_2$  — каталитическим датчиком. Такая схема измерения реализована в анализаторах ThermoX. Ее главное преимущество состоит в том, что она позволяет выполнить измерение при реальной высокой температуре дымового газа с учетом содержащихся в нем паров воды. Альтернативные схемы, обычно использующие низкотемпературные электрохимические датчики и широко распространенные для контроля промышленных выбросов, требуют охлаждения дымового газа. При этом происходит конденсация паров воды, которые необходимо удалять. Подчеркнем, что важны даже не техни-

ческие сложности, связанные с удалением конденсата, а то, что измеряемые после удаления неизвестного количества конденсата концентрации кислорода и СО не вполне соответствуют истинной концентрации этих компонентов в самом дымовом газе. По этой причине результаты измерений содержания кислорода и горючих компонентов в охлажденном газе сложно использовать для определения рабочей точки и оптимизации процесса горения.

Анализаторы дымовых газов Thermoх конструктивно представляют собой единый полевой блок, устанавливаемый на фланце на дымовой трубе или дымоходе без какой-либо дополнительной системы отбора пробы (рис. 2). Температура внутри корпуса анализатора поддерживается на уровне 230°C, что выше, чем возможная температура точки росы кислого газа. В связи с этим измеряемые концентрации кислорода и СО+Н<sub>2</sub> соответствуют истинной концентрации этих компонентов в дымовом газе, а результаты измерений могут напрямую использоваться для автоматического регулирования соотношения топлива и воздуха, а также поиска оптимальной рабочей точки. Следует отметить, что соотношение упомянутых компонентов может заметно меняться как при изменении теплотворной способности топлива, так и влажности воздуха.

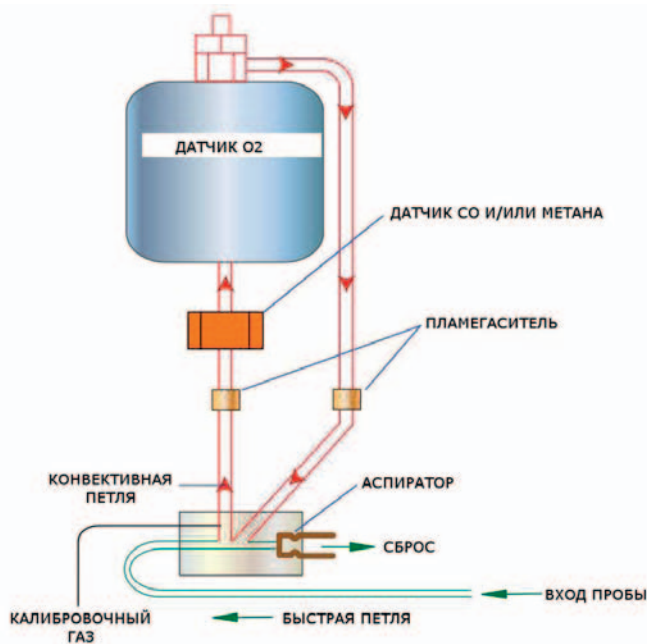


Рис. 2. Стандартная схема отбора пробы анализаторов Thermoх

Анализаторы Thermoх и аналогичные им модели других изготовителей получили широкое распространение в России для оптимизации процессов горения. Появление на промышленном рынке лазерных многокомпонентных газоанализаторов несколько изменило картину.

Лазерные анализаторы используют совершенно иной, но одинаковый для различных компонентов принцип измерения, что весьма привлекательно. Развитие оптоволоконной техники и создание на ее основе коммутационных устройств значительно упростило конструкцию лазерных анализаторов, первоначально разработанных исключительно для применения в лабораторных условиях и отличавшихся большими габаритами. Что касается анализа дымовых газов, то решение технических проблем, связанных с его высокой температурой, обеспечило возможность измерения с помощью лазерных анализаторов при температуре выше температуры точки росы.

Практика эксплуатации лазерных анализаторов в реальных условиях, выявила, однако, некоторые «слабые места». Обычно детектор и приемник лазерного анализатора устанавливается поперек дымохода или дымовой трубы. Такая схема установки приводит к увеличению затрат на обслуживание. Это связано с «уходом» частоты излучения лазера с необходимой узкой линии анализируемого вещества. Частота излучения весьма чувствительна к температуре лазера, которая должна поддерживаться с высокой точностью. А это не совсем просто обеспечить при измерении газа с высокой температурой. Демонтаж элементов анализатора дымохода или трубы для настройки частоты лазера и их установка на место требуют времени и достаточно высокой квалификации персонала. Такие же операции необходимо выполнять при калибровке или проверке таких анализаторов. Эти проблемы становятся особенно критичными, когда необходимо эксплуатировать анализаторы дымовых газов в автоматическом режиме без остановок для подстройки частоты излучения или калибровки.

Все эти проблемы отсутствуют при использовании проверенных временем систем на основе циркониевых датчиков и каталитических детекторов. Однако для работы на современном уровне такие анализаторы должны быть модернизированы. Среди главных требований можно указать повышение надежности работы анализатора, в том числе и в системах противоаварийной защиты, расширение возможностей самодиагностики и прогнозирования срока службы основных элементов анализатора, а также интегрирование в системы управления и сети анализаторов. Новое поколение анализаторов дымовых газов Thermoх V отвечает всем этим вызовам.

Следует отметить, что технологический прорыв, связанный с возможностью поставки на рынок США большого количества сланцевого газа, привел к тому, что многие установки вновь переориентировали на газообразное топливо. По этой причине серия анализаторов Thermoх V идеологически предназначена для оптимизации горения на мощных печах, работающих на газообразном, близком к природному газу, топливе. Дымовые газы таких установок отличаются относительной «чистотой», что позволяет использовать принудительный отбор пробы через встроенную в анализатор быструю петлю (рис. 2). Такой отбор обеспечивает быстрое время оклика (несколько секунд), что и необходимо для управления подобными установками.

С помощью эжектора проба отбирается из потока газа, обычно находящегося под небольшим разрежением, и движется по внутренней петле полевого блока. Поступление пробы в датчик кислорода обеспечивается конвективной петлей, работающей за счет перепада температур в полевом блоке (примерно 250°C) и термостате датчика (примерно 700°C). В этой же конвективной петле размещены датчики CO+H<sub>2</sub> и метана. Такая схема традиционно использовалась в анализаторах Thermoх и оказалась чрезвычайно удобной для обслуживания в полевых условиях. Для удовлетворения современным требованиям схема отбора пробы анализатора Thermoх V была модифицирована.

Одним из таких требований является повышение надежности работы анализатора. Сами по себе дымовые газы не являются взрывоопасными в условиях нормальной работы. Тем не менее, существуют режимы, при которых в печи или дымоходе могут образовываться взрывоопасные смеси, и высокая температура датчика кислорода может привести к их воспламенению. В связи с этим в конвективной петле устанавливаются пламегасители, которые ухудшают условия движения в ней анализируемого газа, что сказывается на погрешности измерения датчиков CO+H<sub>2</sub> и метана. Для устранения этого недостатка газовая схема анализатора Thermoх V принципиально улучшена (рис. 3).

Наибольшие изменения внесены в конструкцию блока эжектора. Если в предыдущих моделях задачей эжектора был исключительно ввод и вывод пробы в быструю петлю анализатора, то в новой конструкции он обеспечивает также и конвективно– принудительное движение пробы через систему датчиков.

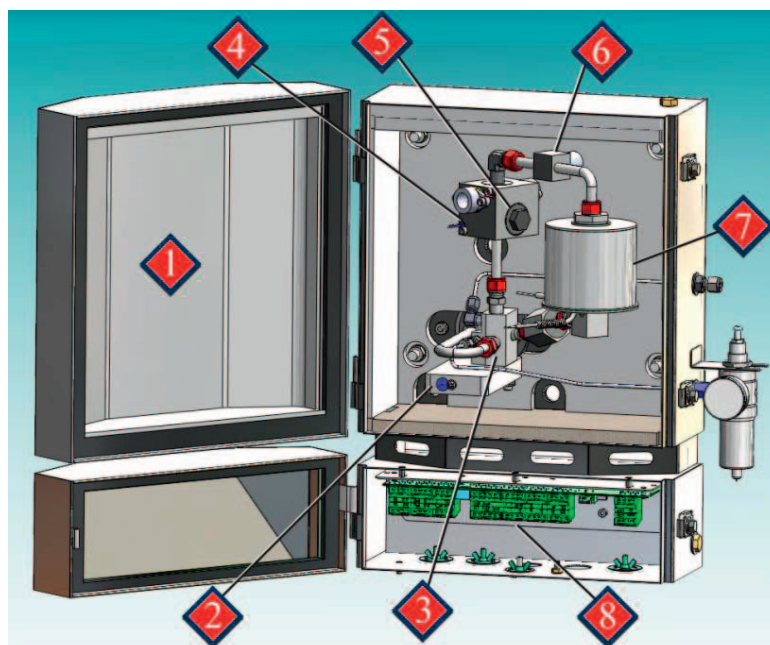


Рис. 3. Основные элементы конструкции газовой схемы анализатора Thermoх V: теплоизолированный корпус (1), термостат корпуса (2), аспиратор (3), термостат датчика CO/метана (4), сменный пламегаситель (5), датчик расхода (6), термостат датчика O<sub>2</sub> (7), блок электроники (8)

Такая конструкция обеспечила гораздо более стабильное движение газа по линии пробы, что весьма важно для каталитических детекторов  $\text{CO}+\text{H}_2$  и метана. Кроме того, она обеспечивает возможность произвольной установки полевого блока анализатора на установке. Ранее для создания конвективного потока через систему датчиков за счет разности температур требовалась вертикальная установка полевого блока. Для анализаторов Thermox V такого ограничения уже нет, что создает дополнительные удобства в выборе места установки.

Конвективно-принудительное движение пробы решило также проблему движения газа через пламегасители. В этом случае оказалось возможным включить пламегасители в стандартную конфигурацию, что обеспечивает «по умолчанию» взрывозащищенность полевого блока, дополнительно простым наддувом корпуса. Изменение расхода пробы из-за изменения свойств пламегасителей (их загрязнения летучими высокотемпературными смолами) при такой конструкции пробоотборной петли не столь существенно, как при чисто конвективном движении. Пламегасители становятся легко доступными, и их можно заменять по месту без демонтажа полевого блока.

Другим новшеством стала установка в линии пробы измерителя расхода. Расход пробы не очень существенно влияет на точность измерения анализатора с конвективным отбором пробы. Тем не менее, некоторый оптимальный расход, при котором гарантируются достаточно высокие метрологические характеристики анализатора, все же существует. Индикация расхода удобна и при поверке или калибровке анализатора, которые осуществляются по месту в ручном режиме или с использованием автоматической системы. Пользователь может легко контролировать расход калибровочного газа через систему и его соответствие заданным значениям.

Наконец, ранее для анализа газов под избыточным давлением необходимо было использовать другую конструкцию полевого блока (с проточной ячейкой). В анализаторах Thermox V такая необходимость отпала: достаточно заглушить вход воздуха КИП в блок аспиратора для того, чтобы он работал как проточная ячейка.

Другие эволюционные улучшения: отдельный термостат датчика  $\text{CO}+\text{H}_2$  для точного контроля его температуры, модульная конструкция нагревателя датчика кислорода, теплоизоляция полевого блока, достаточная для работы при температуре до  $-40^\circ\text{C}$ , — также повышают надежность измерения и эксплуатационные характеристики анализатора.

В последние годы наметилась тенденция значительного сокращения обслуживающего персонала и передача сервисных функций сторонним организациям. Это предполагает, что работа сети анализаторов значительное время осуществляется в автоматическом режиме без ежедневного локального «присмотра». Для обеспечения такой работы была полностью модернизирована электроника анализатора и ее элементная база. В анализаторах Thermox V эти элементы теперь соответствуют современным тенденциям развития аналитического оборудования, которые заключаются в расширенных коммуникационных возможностях, ориентированных на «безлюдное» производство, удаленное программирование и мониторинг состояния сети анализаторов.

Помимо удаленного мониторинга состояния, программирования режимов работы, калибровки и других стандартных сервисных функций, анализаторы должны быть интегрированы в систему противоаварийной защиты. Другими словами, они должны иметь возможность «прогнозировать» вероятность отказа и обеспечивать минимизацию рисков при возникновении аварийной ситуации. Для этого в конструкцию, а также аппаратное и программное обеспечение добавлены новые функции, позволившие сертифицировать анализаторы для работы в системах, обладающих уровнем надежности SIL 2.

Анализаторы Thermox V работают как интеллектуальные датчики, не требующие дополнительных контроллеров и — после программирования — выдают нормированные аналоговые сигналы в систему управления или общаются с ней по протоколам Modbus или HART. Для удобства пользователя анализаторы снабжены и средствами локального контроля. Обычно такая возможность реализуется с помощью портативных терминалов или коммуникаторов. Однако, в серии Thermox V предусмотрен специальный удаленный сетевой терминал AMEvision, позволяющий по двухпроводной линии управлять как отдельным анализатором, так и их сетью.

Сетевой терминал (рис. 4) обладает широкими возможностями отображения состояния анализаторов, прогнозируемого срока службы датчиков кислорода,  $\text{CO}$  и метана, трендов, журнала регистрации, проведения процедур поверки или калибровки. Терминал оборудован портом USB для подключения внешних устройств памяти, что позволяет загружать и выгружать конфигурации анализаторов, тренды, обновлять программное обеспечение на СПЗУ. Терминал имеет также порт Ethernet со встроенным интерфейсом для включения сети анализаторов в промышленную сеть Ethernet предприятия, или удаленного тестирования и поиска неисправности специалистами изготовителя и сервисной службы.

Анализаторы Thermox V геометрически полностью совместимы с предыдущими моделями. Их можно установить в тех же точках контроля, что и анализаторы Thermox предыдущих поколений с использованием существующих фланцев или монтажных панелей. Это обеспечивает минимальные затраты при обновлении парка анализаторов.



Рис. 4. Анализатор Thermo V, сетевой терминал AME Vision и его основные экраны

В заключение следует остановиться еще на одном вопросе. Работа сети анализаторов в автоматическом режиме подразумевает, что их калибровка или периодическая проверка также осуществляется автоматически. По этой причине заказчикам анализаторов Thermo V рекомендуется предусматривать и комплектацию анализаторов системой автоматической калибровки. Такая система незначительно повышает начальную стоимость анализатора, что отвечает существующей на отечественных предприятиях тенденции экономить на элементах, не являющихся критически необходимыми. Конечно, анализаторы Thermo V можно калибровать и вручную, поочередно подключая баллоны с калибровочным газом и используя удаленный сетевой терминал. Однако такая процедура требует участия двух человек. Поэтому анализаторы Thermo V наиболее эффективно эксплуатировать с системами автокалибровки, изначально включенными в анализаторную сеть.

© Artvik Inc., 2014