

Автоматизированная система контроля: комплексное решение на базе европейского оборудования

В настоящее время на ПРУП «Белорусский цементный завод» реализуется проект внедрения автоматизированной системы контроля (АСК) выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу. АСК основана на использовании аналитического оборудования, системы передачи данных и программного обеспечения (ПО), разработанных и произведенных фирмой Codel International (Великобритания). Такое решение позволило достичь полной интеграции всех компонентов системы. Она удовлетворяет требованиям белорусского законодательства, предъявляемым к созданию АСК, как при сжигании энергетического топлива (угля, мазута, газа), так и при сжигании альтернативных видов топлива.

Реализация данной программы стала возможной во многом благодаря сотрудничеству ООО «Энергопромис» с польской компанией Pentol-Enviro Sp. z o.o.

В соответствии с требованиями [1], для создания АСК на Белорусском цементном заводе предложено использовать следующее аналитическое оборудование и вспомогательные компоненты:

- беспробоотборный газоанализатор Codel G-CEM 4000 для измерения различных газов (CO , CO_2 , SO_2 , NO_x), воды, давления и температуры;
- измеритель пыли Codel D-CEM 2000 для измерения концентрации твердых частиц;
- расходомер Codel V-CEM 5000 для измерения объемного расхода дымовых газов;
- циркониевый газоанализатор кислорода (O_2) ТДК-3М;
- блок управления рабочей станцией (SCU);
- цифровая шина данных;
- компьютер АРМ эколога с ПО.

В соответствии с архитектурным проектом предполагается установка полевых приборов на железобетонной дымовой трубе высотой 120 м на существующей платформе (отметка 55 м). Такое расположение удовлетворяет требованию о размещении приборов после не менее чем пяти гидравлических диаметров прямого участка трубы. На рис. 1 схематически представлена система, а на рис. 2 – предполагаемое размещение приборов на трубе.

Codel G-CEM 4000 – это современный многоканальный беспробоотборный газоанализатор, способный измерять до семи компонентов, таких как SO_2 , CO , CO_2 , HCl , содержание водяных паров, а также производные от других газов (NO_x обозначает здесь все оксиды азота, т. е. NO , NO_2 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_5). Анализ показал, что содержание NO составляет 95 % от всех выбросов в виде оксидов азота и 5 % прочих оксидов. Таким образом, газоанализатор в базовом исполнении измеряет только концентрацию NO с расчетом, что NO_x имеет постоянное соотношение (в соответствии с обязательными требованиями [1], концентрация NO_x рассчитывается для NO_2).

Беспробоотборные газоанализаторы производят измерения без преобразования газов. Это имеет значение для определенных видов газов, таких как SO_2 , который, как известно, сложно измерить при помощи пробоотборных систем, поскольку диоксид серы быстро

В качестве базового решения предложены беспробоотборный газоанализатор и оптические приборы компании Codel, не требующие обслуживания и расходных материалов, что обеспечивает очень низкий уровень эксплуатацион-

ных издержек. Кроме того, данное оборудование обладает рядом преимуществ:

- приборы и ПО могут быть обновлены и модернизированы в любое время для приведения в соответствие с изменившимися нормативными требованиями;
- оптимальная совместимость всех компонентов системы, поскольку большинство приборов, система передачи данных и ПО изготовлены одним производителем;
- двухсторонняя цифровая передача данных между полевыми приборами и компьютером АРМ эколога;
- уникальная особенность дистанционной диагностики: работу прибора можно проверить не только через компьютер АРМ эколога, но также из сервисного центра, воспользовавшись телефонной линией или интернет-соединением;
- автоматическая калибровка нуля каждые 24 часа гарантирует точность показаний, а ручная регулировка диапазона измерений осуществляется каждые полгода для проверки рабочих характеристик прибора после планового технического обслуживания;
- высокая точность и стабильность показаний;
- соответствие всем нормативным требованиям РБ;
- возможность доступа к системе с 10-ти пользовательских компьютеров на каждом объекте.

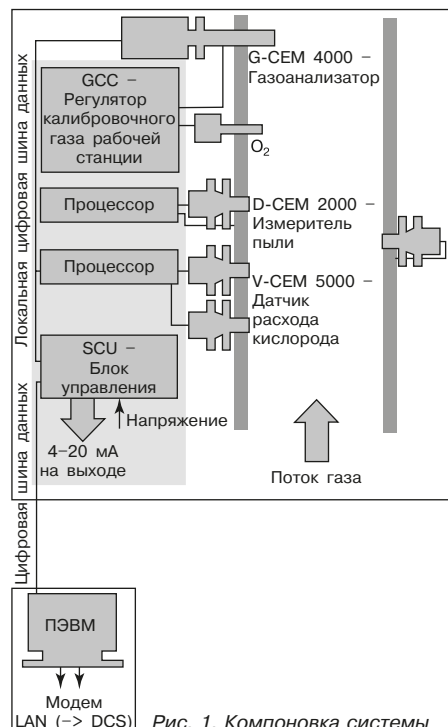


Рис. 1. Компоновка системы

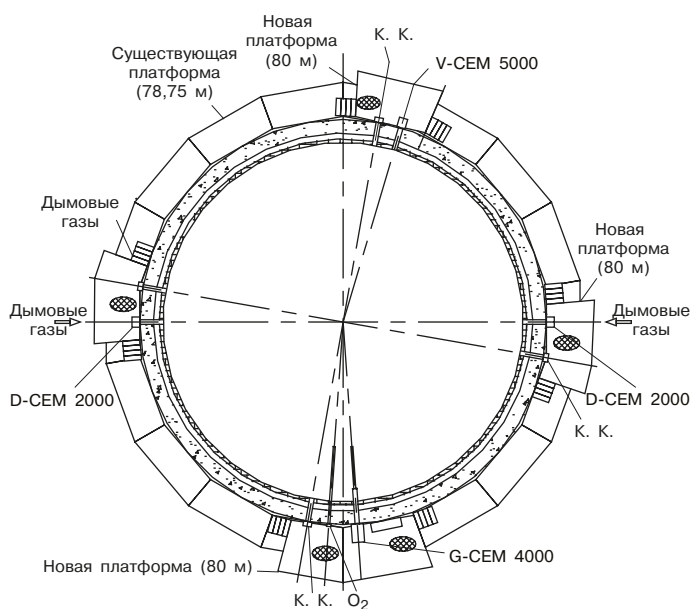


Рис. 2. Пример расположения приборов на дымовой трубе в случае использования подъемного механизма, как показано на рис. 3, расширение платформы не требуется

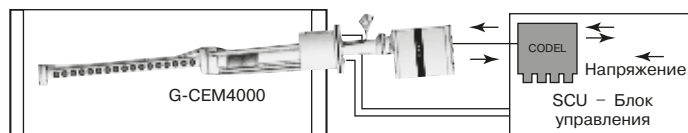


Рис. 3. Поперечное сечение газоанализатора G-CEM 4000

абсорбируется или вступает в реакцию с другими средами (особенно H_2O) прежде, чем попадают в анализатор.

В процессе работы анализатор дымовых газов использует принцип поглощения инфракрасного излучения с заданными характеристиками длины волны для соответствующего газа-компонента. Правило измерения концентрации всех газов основано на сравнении показаний детектора, измеряющего интенсивность инфракрасного излучения волны заданной длины, которая выбирается индивидуально для каждого газа – в случайных и в нормальных условиях. Это позволяет компенсировать все факторы, способные исказить измерения.

Измерения осуществляются внутри зонда, установленного в дымовой трубе. На одном конце зонда помещена измерительная головка, выполняющая функции преобразователя и приемника инфракрасного излучения. На другом конце находится зеркало. Прибор показан на рис. 3. По длине измерительной части зонда расположены диффузионные фильтры, обеспечивающие беспрепятственное движение газов, но не позволяющие примесям, содержащимся в дымовых газах, и каплям жидкости попадать внутрь зонда. Общая его длина (измерительная и несущая часть) варьируется от 2,2 до 1,0 м. При этом длинные зонды

набор оптических элементов, калибровочное зеркало и поворотный клапан, а также контрольно-измерительную электронику. В случае нарушения электропитания встроенные аккумуляторы возвращают клапаны в закрытое положение для защиты измерительных головок.

Источник света, электронно смодулированный на 600 Гц, дает мощное светодиодное освещение с длиной волны 637 нм (видимое для человеческого глаза). Рассеиватель помещен непосредственно напротив источника света, что обеспечивает равномерное распределение его интенсивности.

Кремниевый элемент определяет интенсивность света, а характеристики элемента фактически устраняют любое влияние отклонения выходного сигнала, вызванного температурой.

Оптическая схема каждой измерительной головки построена таким образом, чтобы детектор, принимая свет от встроенного источника света и от противоположного приемопередатчика, позволяя измерять интенсивность встроенного источника света и рассеиваемого света на любом приемопередатчике. Рассеянные и принятые значения интенсивности света непрерывно измеряются на каждом приемопередатчике, что обеспечивает оптимальную точность и

подходят для железобетонных труб с толщиной стенки до 1,0 м, короткие используются преимущественно для стальных труб и газоходов.

Измеритель пыли CODEL модели D-CEM 2000 (рис. 4) сочетает в себе два идентичных приемопередатчика и блок обработки сигнала. Приемопередатчики монтируются на противоположных сторонах дымовой трубы, и расположенный рядом с ними блок обработки сигнала совмещает в себе источник питания системы, а также управляющий микропроцессор.

Приемопередатчики имеют измерительную головку, содержащую источник света, детектор и сопряженный

быстроту реакции при измерении удельного коэффициента светопропускания.

Помимо проверки нуля прибор также обеспечивает автоматическую проверку диапазона измерения, что необходимо в соответствии с нормативными требованиями.

Многие методы измерения расхода газопылевого потока предполагают непосредственное взаимодействие с горячими неочищенными газами, что приводит к повышению эксплуатационных издержек и снижению надежности. В датчиках расхода V-CEM 5000 компании CODEL (рис. 5) применяется технология инфракрасной кросс-корреляции, которая не требует контакта с горячими дымовыми газами.

Применяемый метод похож на измерение расхода с применением химического красителя или радиоактивных изотопов, где скорость выводится из времени прохождения индикатора от одного замерного пункта к другому, расстояние между которыми известно. Тем не менее, в качестве индикатора используется не искусственно вводимый изотоп, а возникающие естественным образом колебания инфракрасного излучения в газовом потоке. Полностью продуваемые преобразователи без подвижных компонентов обеспечивают высокую надежность системы и сводят к минимуму необходимость технического обслуживания. Данное контрольно-измерительное оборудование идеально подходит для мониторинга расхода горячих неочищенных газов. Каждый преобразующий блок состоит из широкополосного инфракрасного детектора,

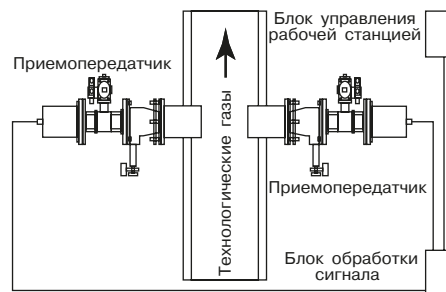


Рис. 4. Типичное расположение измерителя пыли D-CEM 2000



Рис. 5. Типичное расположение датчика расхода V-CEM 5000 компании Codel



Рис. 6. Отображение оперативной информации

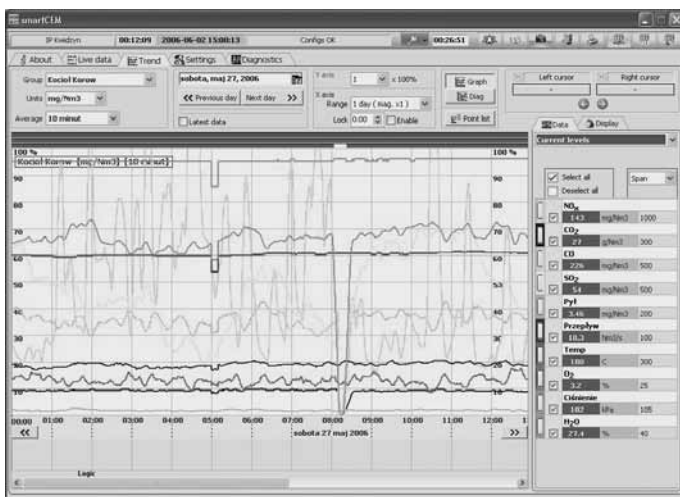


Рис. 7. Отображение трендов

линзы для сбора принятого детектором излучения и печатной платы предварительного усиления, которые расположены внутри полностью изолированного алюминиевого корпуса с эпоксидным покрытием. Преобразователи поставляются с блоками продувки воздухом, которые позволяют поддерживать чистоту оптики преобразователя.

Блок обработки сигнала и блок питания расположены в полностью изолированных алюминиевых корпусах с эпоксидным покрытием, находящихся в непосредственной близости друг от друга и формирующих единый блок для настенного монтажа.

Процессор обработки сигнала предназначен для мониторинга сигналов, генерируемых преобразователями, и осуществления непрерывной коррекции сигналов в режиме реального времени, а также для определения временной задержки между сигналами и, следовательно, расхода газа в газоходе.

Необходимость установки газоанализатора кислорода обусловлена необ-

ходимостью обеспечить приведение

концентраций измеряемых компонентов к нормальным условиям, что требуется для пересчета данных, полученных газоанализаторами, из ppm в мг/нм³.

В циркониевом газоанализаторе кислорода ТДК-ЗМ применяется беспробоотборный метод измерения. Он основан на использовании циркониевой ячейки, помещенной непосредственно в измеряемую газовую среду. Ячейка нагревается до постоянной температуры. Электродвижущая сила на ее электродах зависит от концентрации кислорода, контактирующего с ними, и рассчитывается по формуле Нернста:

$$E = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{PX}{PA}, \quad (1)$$

где R – газовая постоянная;

T – абсолютная температура;

F – постоянная

Фарадея; PX – концентрация кислорода в газе, контактирующем с анодом; PA – концентрация кислорода в газе, контактирующем с катодом. Анод газоанализатора расположен в газе сравнения, который, как правило, представлен воздухом, а катод – в измеряемой газовой среде. По мере изменения концентрации O₂ в измеряемом газе меняется и электродвижущая сила ячейки.

Газоанализатор кислорода ТДК-ЗМ предназначен для измерения чистой концентрации кислорода в промышленном процессе, т. е. кислорода,

который остается после того, как все горючие газы окислятся. Зонд располагается стационарно в дымовой трубе и выполняет свои функции, не используя пробоотборную систему. Оборудование измеряет процентное содержание кислорода, считывая напряжение, которое вырабатывается вдоль нагретой электрохимической ячейки.

Встроенная электроника контролирует температуру зонда и обеспечивает развязанный выходной сигнал 4–20 мА, пропорциональный измеренной концентрации кислорода. Ячейка для измерения эксплуатируется при постоянной температуре путем коррекции рабочего цикла в точке нагрева зонда во встроенной электронике. Последняя принимает милливольтовые сигналы, вырабатываемые измерительной ячейкой, и производит выходные сигналы, которые затем используются удаленными устройствами.

Так же, как в случае с измерением кислорода, использование измерений температуры и давления обусловлено необходимостью обеспечить приведение параметров к нормальным условиям для пересчета данных, полученных газоанализаторами, из ppm в мг/нм³. Датчики температуры и давления смонтированы в зонде газоанализатора G-CEM 4000 и не требуют дополнительных отверстий в дымовой трубе или газоходе.

Сигналы по концентрации кислорода, измерения температуры и давления являются частью работы газоанализатора Codel G-CEM 4000 по приведению к нормальным условиям.

Шина передачи данных служит для обеспечения двусторонней передачи между SCU и компьютером АРМ эколога. Все элементы, подключенные к шине, гальванически развязаны. Длина шины данных может достигать 1 км. Такое решение позволяет существенно

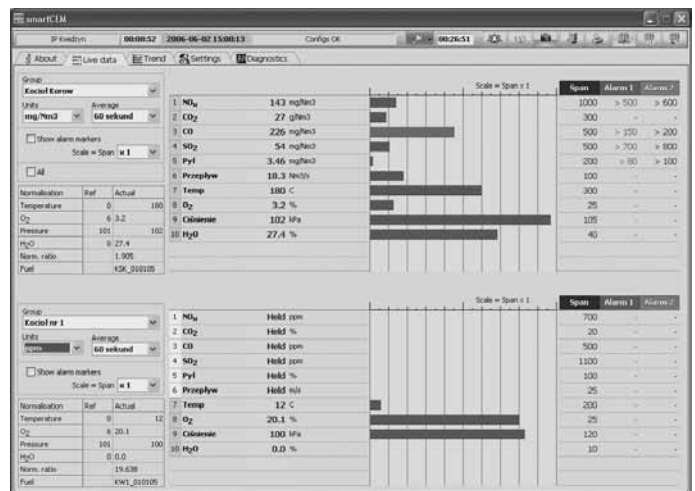


Рис. 8. Отображение результатов диагностики

сократить расходы на электропроводку по сравнению с традиционной передачей аналоговых данных, требующей прокладки одной пары проводов для каждого измерения.

Данные об измерениях хранятся и обрабатываются в промышленном компьютере с установленными на нем многоканальным ПО сбора данных с мультиплексированием. Оно позволяет отслеживать и обрабатывать на ПК информацию об измерениях, статистические данные, а также результаты диагностики приборов.

ПО SmartCEM Codel специально разработано в соответствии с требованиями международных норм по защите окружающей среды. Оно предлагает данные в форме, подходящей для непосредственного представления в соответствующие законодательные органы, а также позволяет провести полную оперативную диагностику полевых приборов Codel через запросы с центрального пункта управления. Информация отображается на экране ПК в нескольких режимах. На рис. 6–8 даны примеры отображений на экране оперативных (рис. 6), статистических (рис. 7) и диагностических данных (рис. 8).

На жестком диске хранятся статистические данные как минимум за 5 лет, которые можно быстро и в полном объеме извлечь при помощи соответствующих команд. Возможность «распечатки содержимого экрана» также позволяет сохранять любую информацию, выводимую на экран, включая тренды и результаты диагностики приборов.

Программное обеспечение отчетности предназначено для сбора периодических отчетов, которые предоставляются в соответствующие органы охраны окру-

жающей среды. Требования к усреднению данных, временным интервалам, обработке статистических данных, вводу недостающих данных, обозначению состояний объекта и другим параметрам определяются законодательством.

Законодательство РБ определяет следующие основные задачи ПО отчетности:

- проверка надежности и целостности информации об измерениях и создание усредненных значений для периода, когда надежные данные отсутствуют;

- подготовка отчета о суммарных выбросах, т. е. о сумме загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу. В нее входят не только выбросы измеренные, но и рассчитанные по соответствующим формулам и/или по факторам, определяемым пользователем. Отчет содержит среднесуточные и среднемесячные значения, а также вспомогательную информацию о состоянии объекта и параметрах дымовых газов;

- подготовка отчета о превышениях объемов выбросов во всех случаях нарушения предельных значений выбросов.

ПО отчетности SmartCEM, поставляемое с системой, не полностью удовлетворяет требованиям природоохранного законодательства Республики Беларусь. Данное ПО должно быть модернизировано и приведено в соответствие с особыми требованиями белорусского

законодательства (подлежит отдельной доработке и согласованию). Эта работа будет выполнена специалистами ООО «Энергопромис».

Стационарные полевые приборы, устанавливаемые на дымовой трубе ПРУП «Белорусский цементный завод» и входящие в состав автоматизированной системы непрерывного мониторинга выбросов загрязняющих веществ, практически не нуждаются в обслуживании. Это значит, что в них не предусмотрены детали, подлежащие периодической замене пользователем в промежутках между плановыми профилактическими работами.

Однако при этом для поддержания системы в хорошем состоянии необходимо осуществлять ежедневный осмотр, проверяя базовые параметры диагностики и адекватность показаний. Это можно делать с компьютера АРМ эколога, поэтому персоналу цементного завода нет никакой необходимости подниматься на дымовую трубу.

Кшиштоф ФИЛИПОВСКИ,
директор
Pentol-Enviro Polska Sp. z o.o.,
Иван БОГДАНОВИЧ,
кандидат технических наук,
руководитель проектов
ООО «ЭНЕРГОПРОМИС»

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 17.13-01-2008 (02120). Охрана окружающей среды и природопользование. Мониторинг окружающей среды. Правила проектирования и эксплуатации автоматизированных систем контроля за выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Минприроды. – Минск. – 2008 г.