

Новый подход к контролю и учету выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов на Минской ТЭЦ-4

Для построения автоматизированной системы контроля учета (АСК) выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу специалистами Минской ТЭЦ-4 выбран метод учета с прямым измерением содержания загрязняющих веществ в дымовых газах и косвенным измерением объема дымовых газов по сжигаемому топливу.

Для забора дымовых газов из дымовой трубы на Минской ТЭЦ-4 применено необычное решение. В связи с тем, что к дымовой трубе дымовые газы подводятся от двух котлов по четырем боровам, невозможно добиться забора пробы стандартным пробозаборным зондом газоанализатора из одной точки. Судя по проведенным исследованиям российских ученых [1], при смешивании дымовых газов из 3–4 боронов полного перемешивания газов не наблюдается даже на высоте 200–220 м от основания дымовой трубы. При изменении режимов, а также при работе на неполной мощности процессы смешивания дымовых газов ухудшаются еще больше. В связи с этим, авторами статьи была разработана и применена схема забора пробы при помощи интегрирующего пробозаборного зонда.

На отметке 41,5 м в дымовую трубу устанавливается пробозаборный зонд, выполненный из трубы диаметром 50

мм, длиной 14 м из нержавеющей стали с 44 заборными отверстиями, просверленными в боковой стенке трубы зонда с определенными шагом и диаметром. Это позволяет обеспечить забор пробы из равновеликих объемов дымовых газов, движущихся с различной скоростью внутри ствола дымовой трубы. Однако при установке такого пробозаборного зонда перистальтический насос газоанализатора с производительностью до 100 л/ч дымовых газов не в состоянии выполнить забор представительной пробы по всему сечению дымовой трубы и обеспечить транспортировку пробы к газоанализатору. Для создания необходимого разрежения в тракте забора пробы дымовых газов в проекте АСК предусмотрена установка у основания дымовой трубы малогабаритного дымососа марки Ц7-15-3,15 с разрежением 1,78 кПа и производительностью 0,02–0,1 м³/с. Его применение позволяет выполнять забор дымо-

вых газов с отметки 41,5 м и транспортировать пробу к газоанализатору.

Разработанная схема дала еще одно преимущество. При превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в дымовых газах в месте их забора из дымовой трубы важно знать, какой котел или полутопка котла вызывают данное превышение. При проектировании АСК Минской ТЭЦ-4 в каждый из четырех подводящих боронов дополнительно были установлены 4 пробозаборных зонда (рис. 1) и 5 электромагнитных клапанов на линиях транспортировки пробы из дымовой трубы и боронов. В случае превышения ПДК персонал блока может оперативно переключить точки забора проб при помощи позиционного переключателя, выяснить по результатам измерения первичный источник превы-

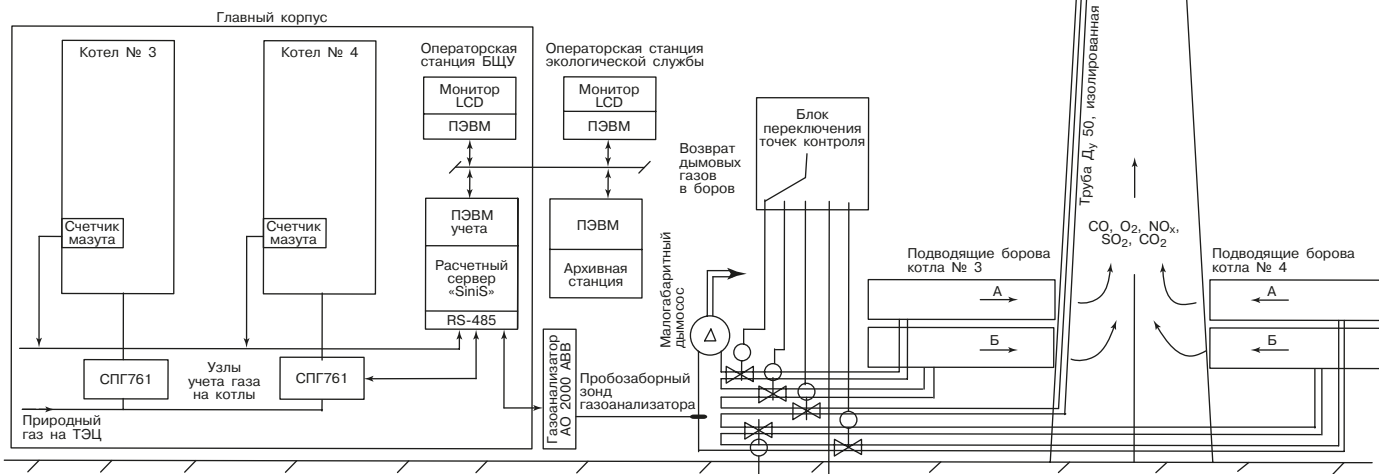


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы учета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Минской ТЭЦ-4

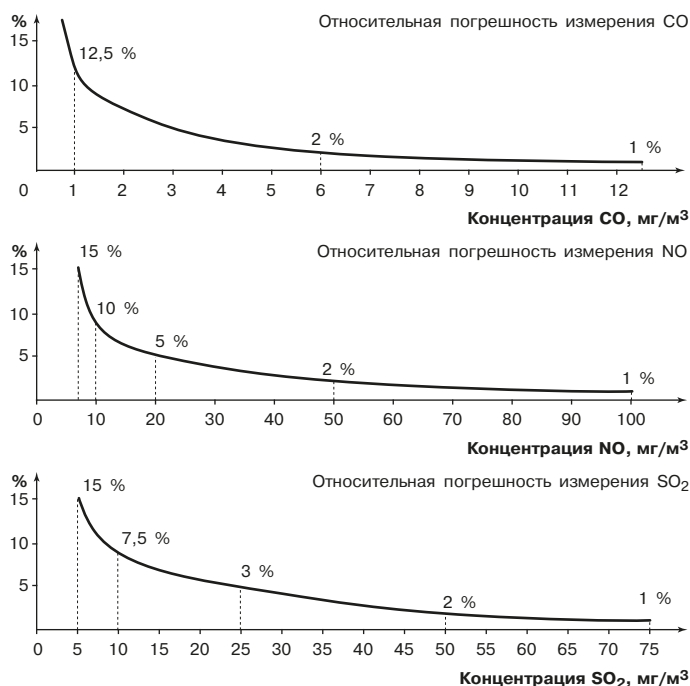


Рис. 2. Графики зависимости относительной погрешности измерения концентрации загрязняющих веществ газоанализатором АО 2000 (ABB) в нижнем поддиапазоне измерений

шения и обеспечить корректировку режимов его работы, тем самым избежав уплаты штрафов за превышение ПДК. Эта же схема может использоваться для проверки и корректировки режимов в процессе растопки котлов.

газоанализатора в данном случае применяется газоаналитическая система третьего поколения – АО 2000 фирмы АВВ. Выбор газоаналитической системы основывался на базе критериев минимальной погрешности, максимальной надежности и минимальной стоимости. Выбор

Проба дымовых газов транспортируется к малогабаритному дымососу по теплоизолированной трубе из нержавеющей стали со скоростью около 10 м/с. При длине участка транспортировки пробы порядка 40 м время доставки пробы составляет около 4 с, что позволяет получить пробу с исходной температурой.

Дымовые газы в месте расширения трубопроводов перед дымососом забираются обогреваемым зондом газоанализатора и по короткой обогреваемой тefлоновой линии длиной порядка 5 м подводятся к газоанализатору. В качестве

осуществлялся исходя из анализа характеристик 7 моделей газоанализаторов: АО 2000 (ABB), Ultramat 23 (Siemens), SWG300 (MRU), SIDOR (SICK МАИНАК), ПЭМ-2М («ПромАналитПрибор», г. Новосибирск), КГА-8С (г. Москва) и Гамма 100 (г. Смоленск).

На рис. 2–4 приведены величины относительной погрешности измерения концентрации загрязняющих веществ в дымовых газах для газоанализаторов АО 2000, Ultramat 23 и ПЭМ-2М. Как видно из приведенных графиков, наименьшей относительной погрешностью измерения концентрации загрязняющих веществ и наибольшей чувствительностью обладает газоанализатор АО 2000.

Таких результатов разработчики газоаналитической системы достигли благодаря применению дифференциальной схемы измерения (рис. 5). В газоанализаторе установлено 5 газоаналитических ячеек, каждая из которых включает две газоаналитические кюветы – рабочую и эталонную. Эталонная кювета заполнена эталонной газовой смесью, а через рабочую кювету прокачивается анализируемый газовый состав. Лазерный луч излучателя каждой ячейки делится пополам и пропускается через эталонную и рабочую кюветы. Результаты обоих измерений анализируются микропроцессором по дифференциальному методу (относительно эталонной кюветы), в результате чего обеспечивается автокалибровка системы при каждом измерении. В устаревших моделях второго поколения Ul-

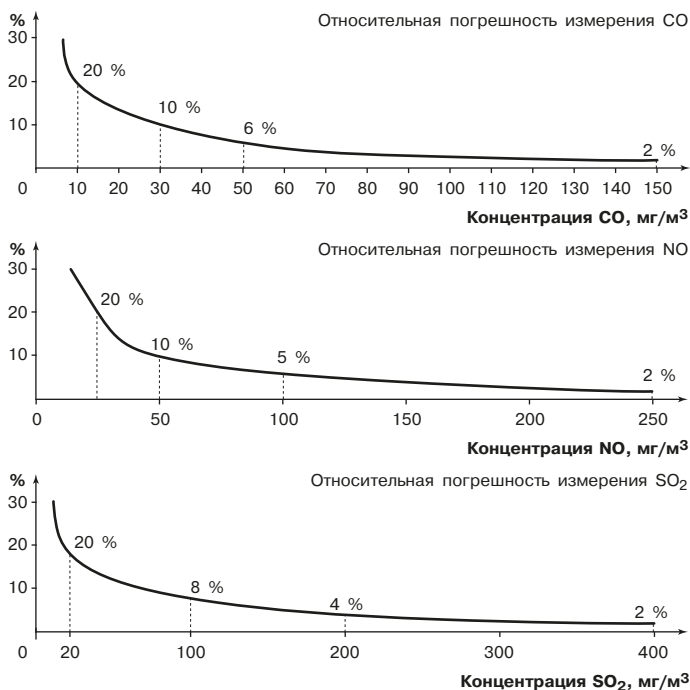


Рис. 3. Графики зависимости погрешности измерения концентрации CO, NO и SO₂ газоанализатором Ultramat 23 (Siemens) в нижнем поддиапазоне измерений

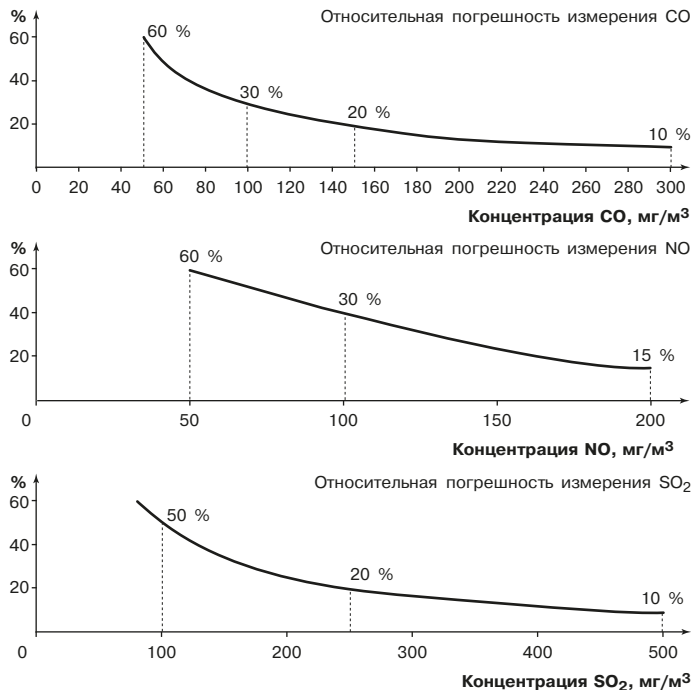


Рис. 4. Графики зависимости погрешности измерения концентрации CO, NO и SO₂ газоанализатором ПЭМ-2М (Россия) в нижнем поддиапазоне измерений

tramat 23 и ПЭМ-2М для измерения используется разовая калибровка из баллонов с поверочными газовыми смесями. Однако точность и надежность такая схема измерений не обеспечивает. При приведенной погрешности 60 % и низкой чувствительности газоанализаторы ПЭМ-2М вообще не подходят для систем коммерческого учета.

По стоимости газоаналитические системы различных производителей отличаются друг от друга приблизительно на 10 % при средней их стоимости 50 тыс. евро.

Наработка на отказ данного оборудования определялась по результатам эксплуатации только для газоаналитической системы АО 2000.

Из установленных на предприятиях Украины 20 экземпляров газоаналитических систем за 5 лет эксплуатации был выявлен только один случай отказа.

Время наработки на отказ при этом составляло:

$$\lambda = \frac{nT365 \times 24}{\gamma} = \frac{20 \times 5 \times 365 \times 24}{1} = 876 \text{ тыс. ч,} \quad (1)$$

где $n = 20$ – число эксплуатируемых газоанализаторов;

$T = 5$ – период эксплуатации оборудования;

$\gamma = 1$ – число зафиксированных отказов.

По остальным газоанализаторам реальной статистики собрать не удалось, а заверения производителей оборудования в его безотказной работе в расчет не принимались.

Газоаналитическая система АО 2000, счетчики природного газа на базе вычис-

лителей-корректоров СПГ761 и счетчики мазута посредством интерфейса RS-485 кабелями FTP подключаются к расчетному серверу «SiniS», выполняющему функции сбора информации от первичных средств измерения, ее преобразования и математической фильтрации, а также функции вычисления количества выбросов загрязняющих веществ. Расчетный сервер циклически переписывает результаты измерений и вычислений в архивную станцию коммерческого учета АСК, в результате чего эти данные становятся доступными оперативному персоналу станции (БЩУ, ЦЩУ) и отделам ТЭЦ. Кроме того, архивная станция АСК по каналу Ethernet связана с ранее внедренной АСУ теплофикационного комплекса ТЭЦ [2], что позволяет дублировать информацию с архивной станции АСК на сервере баз данных АСУ теплофикационного комплекса.

Определение выбросов загрязняющих веществ из дымовой трубы осуществляется с применением формул [3], в которых используются результаты измерений концентраций загрязняющих веществ и расхода топлива:

$$M_j = 10^{-3} C_{j\text{Д}} B V^t, \quad (2)$$

где $C_{j\text{Д}}$ – массовая концентрация j -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах при коэффициенте избытка воздуха равно 1,4 и нормальных условиях, мг/м³;

B – расход топлива, м³/с (кг/с), определяемый при помощи измерений;

V^t – удельный объем сухих дымовых газов при нормальных условиях, образующихся при полном сжигании одного килограмма (одного нормального метра

ЛИТЕРАТУРА

1. Росляков П. В. и др. Исследование полей скоростей и концентраций продуктов сгорания в дымовой трубе ТЭС // Теплоэнергетика. – 2006 г. – № 5. – С. 17–25.
2. Жук В. Н. Автоматизированная система управления теплофикационным комплексом Минской ТЭЦ-4 // Энергетика и ТЭК. – 2006 г. – № 5. – С. 14–16.
3. 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. – Минск, Минприроды. – 2008 г.

кубического) топлива при коэффициенте избытка воздуха равно 1,4.

По формуле (2) определяются текущие значения выбросов загрязняющих веществ. Средние за 20 минут концентрации и выбросы (в размерности г/с) определяются как среднеарифметическое значение за период осреднения. Выбросы за длительный период времени (час, смена, месяц) определяются суммированием текущих величин.

Владимир ЖУК,
кандидат технических наук,
начальник отдела АСУ
ООО «Энергопромис»,
Иван БОГДАНОВИЧ,
кандидат технических наук,
руководитель проектов
ООО «Энергопромис»

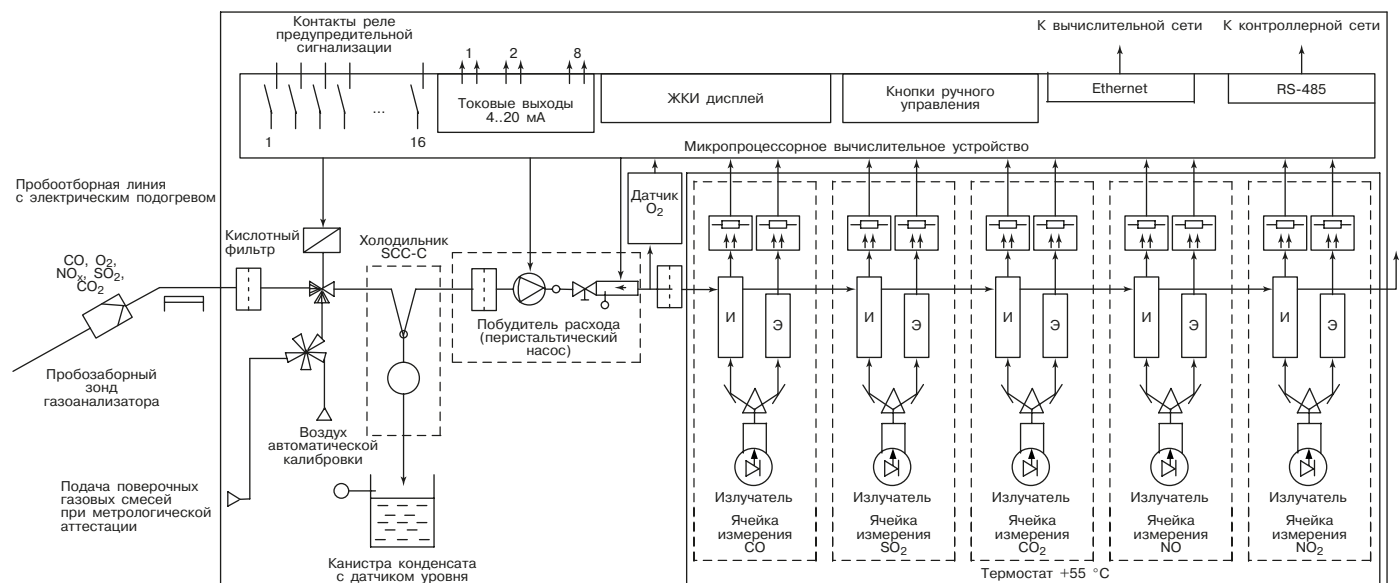


Рис. 5. Структурная схема газоаналитической системы АО 2000 (ABB)