

Применение расходомеров дымовых газов в системах учета выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды планирует к 2015 г. оснастить метрологически аттестованными системами коммерческого учета выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу большинство предприятий Беларуси с суммарным объемом выбросов 97 % от общего их количества. Это, в первую очередь, ТЭС, котельные, предприятия цементной, металлургической и химической промышленности.

Все проектируемые АСК подразделяются на два типа: АСК с прямым измерением объема уходящих дымовых газов в газоходах и АСК с косвенным измерением объема дымовых газов по сжигаемому топливу [1]. И тому, и другому подходу к построению АСК присущи свои преимущества и недостатки, а выбор конкретного варианта построения систем выполняется исходя из опыта предприятия по обслуживанию тех или иных систем, наличия возможностей проведения измерений и стоимости технических средств.

Так, при выборе варианта построения АСК с прямым измерением расхода дымовых газов руководству предприятия следует позаботиться о подготовке специалистов по обслуживанию расходомеров на высоте 120–180 м, быть готовым к внеплановым остановкам ТЭС (или переключению на резервную дымовую трубу) при выходе из строя расходомера дымовых газов, ежегодно проводить поверку или калибровку расходомера на дымовой трубе. На многостольных дымовых трубах (например, Лукомльской ГРЭС) вообще невозможно установить ультразвуковые расходомеры дымовых газов из-за отсутствия доступа к внутренним стенкам отдельных стволов дымовой трубы.

При выборе варианта с косвенным измерением расхода дымовых газов по сжигаемому топливу следует быть готовым к существенной модернизации АСК при подключении к дымовой трубе новых источников выбросов. Кроме того, стоимость расходоизмерительных систем газа и мазута может быть выше, чем одного расходомера дымовых газов.

Если на ТЭС используется одна дымовая труба (или несколько, но расширение не планируется) и обслуживание оборудования на высоте 150 м затруднено по человеческим и экономическим факторам, то более предпочтительным вариантом является метод построения АСК по косвенному измерению расхода уходящих дымовых газов.

На промышленных предприятиях, где сжигаются жидкое, газообразное, твердое топливо и отходы и происходит разложение самих перерабатываемых веществ (например, при обжиге известняка происходит разложение CaCO_3 на CaO и CO_2) более предпочтительным вариантом является построение АСК с прямым измерением объема уходящих дымовых газов.

На сегодняшний день аттестовано и внесено в Реестр средств измерений

Республики Беларусь три типа расходомеров дымовых газов:

- ультразвуковые расходомеры Flowsic 100 (SIC MAIHAK GmbH, Германия) и D-FL 200 (DURAG GmbH, Германия);

- расходомеры инфракрасной кросс-корреляции Codel V-CEM5000 (Codel, Великобритания);

- расходомеры на базе осредняющей напорной трубки Sensibar+СПГ762.

Ультразвуковые расходомеры Flowsic 100 и D-FL 200 выполнены на основе время-импульсного метода измерения скорости дымовых газов в газоходах. Электронный блок попеременно подает на пьезоизлучатели ультразвуковой сигнал по потоку дымовых газов и против него (рис. 1). Разность времени распространения ультразвукового сигнала против потока и по потоку пропорциональна средней скорости движения дымовых газов в канале трубы. Величина расхода газов определяется по формуле:

$$G = s(3,14D^2/4)(T_{\text{пр пот}} - T_{\text{по пот}}), \quad (1)$$

где s – коэффициент пропорциональности;

D – диаметр трубопровода;

$T_{\text{пр пот}}$ – время распространения импульса ультразвукового сигнала против потока;

Таблица 1

Наименование характеристики	Flowsic 100	D-FL 200
Производитель (разработчик)	SIC MAIHAK GmbH, Германия	DURAG GmbH, Германия
Номер описания типа средств измерений из реестра РБ	РБ 0307384508	РБ 0307401109
Диаметр условного прохода, м (при температуре дымовых газов)		До 11 м (до +80 °С)
	1,4–13 м (-40...+260 °С)	До 8 м (до +120 °С)
	1,4–11,3 м (-40...+450 °С)	До 6 м (до +160 °С)
		До 4,5 м (свыше +160 °С)
Предел допускаемой погрешности	±0,1 м/с (приведенная)	±5 % (основная)
Диапазон скорости движения дымовых газов	0...40 м/с	0...40 м/с
Относительная погрешность (в диапазоне скорости движения дымовых газов)	±(5...0,25) % (2...40 м/с)	Неизвестно



Рис. 1. Принцип измерения величины расхода время-импульсным ультразвуковым расходомером

$T_{\text{по пот}}$ – время распространения импульса ультразвукового сигнала по потоку.

Технические характеристики расходомеров Flowsic 100 и D-FL 200 приведены в табл. 1.

Как видно из приведенных данных, составленных на основании описаний типа средств измерений, расходомеры D-FL 200 подходят в основном для котельных с диаметрами дымовых труб до 6 м, т. е. при сжигании мазута температура дымовых газов составляет около 160 °С. Расходомеры Flowsic 100 более универсальные и подходят для измерения расхода дымовых газов ТЭЦ, диаметр газопроводов которых составляет порядка 13 м, при температуре дымовых газов до 260 °С. По точности измерения расходомеры Flowsic 100 также значительно превосходят D-FL 200. Для защиты от разрушительного воздействия агрессивных дымовых газов расходомеры D-FL 200 требуют непрерывной продувки пьезоизлучателей осушенным сжатым воздухом.

В датчиках расхода V-CEM5000 Codel применяется технология инфракрасной кросс-корреляции, которая не требует прямого контакта с дымовыми газами. Используемый метод измерения похож на метод с применением химического красителя или радиоактивных изотопов, где скорость определяется по времени прохождения вещества-индикатора от одного опорного пункта к другому, расстояние между которыми известно.

В рассматриваемом приборе в качестве индикатора используется не искусственно вводимый изотоп, а возникающие естественным образом колебания инфракрасного излучения в газовом потоке (рис. 2). Каждый преобразующий блок состоит из широкополосного инфракрасного детектора и печатной платы предварительного усиления, которые расположены внутри полностью изолированного (IP 67) алюминиевого корпуса с эпоксидным покрытием. Преобразователи поставляются с блоками продувки воздухом, которые позволяют поддерживать чистоту оптики преобразователя. Блок обработки сигналов и блок питания также расположены в герметичных алюминиевых корпусах (IP 65) с эпоксидным покрытием, находящихся в непосредственной близости друг от друга и формирующих единый блок для настенного монтажа. Процессор обработки сигналов находится в одном из двух корпусов. В оболочку помещен 32-значный ЖК-дисплей с клавишной панелью. Процессор обработки сигналов предназначен для приема сигналов, формируемых ИК-преобразователями, и осуществления непрерывной корреляции сигналов в режиме реального времени, а также для определения временной задержки между сигналами и, следовательно, расхода газа в газопроводе.

Протекающие по дымоходу газы обладают различной яркостной температурой, в результате чего на выходах датчиков детектируются изменяющиеся во времени сигналы, как это показано на рис. 2. Получив графики яркостной температуры дымовых газов от нижнего и верхнего датчиков и выполнив их сравнение по времени, можно получить реперные точки обоих графиков. Измеряя время задержки между реперными точками графиков вычисляется среднее время движения газового потока за 1 с.

Величина расхода дымовых газов определяется по формуле:

$$G = K(3,14D^2/4)L_3/(\Delta T_{\text{ср}}), \quad (2)$$

где K – коэффициент пропорциональности;

D – диаметр трубопровода;

$L_3 = 1 \text{ м}$ – расстояние между детекторами сигналами;

$\Delta T_{\text{ср}}$ – среднее время движения газового потока между датчиками.

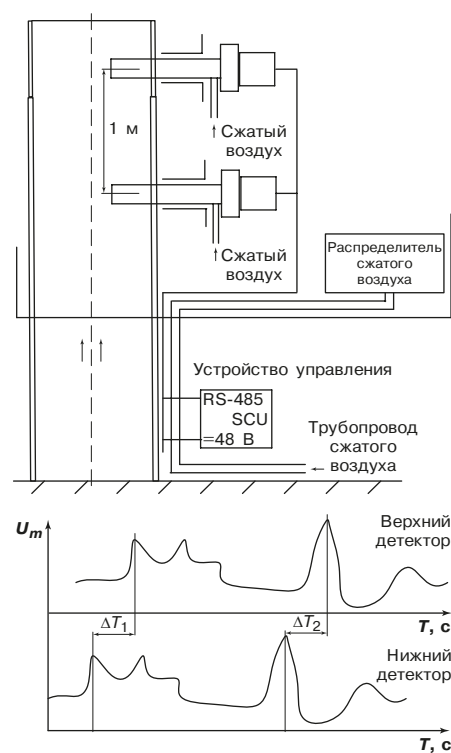


Рис. 2. Принцип измерения величины расхода расходомером инфракрасной кросс-корреляции Codel V-CEM 5000

Технические характеристики расходомеров Codel V-CEM5000 представлены в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, метрологические и технологические характеристики этого расходомера значительно выше, чем ультразвуковых расходомеров.

Расходомеры на основе осредняющих напорных трубок (рис. 3) включают в себя первичный датчик перепада давления (трубка Пито), датчик перепада давления, датчик избыточного давления, датчик температуры и вычислитель-корректор СПГ 762. Набегающий поток создает на осредняющей напорной трубке (ОНП) перепад давления, который за счет специального расположения отверстий интегрируется по площади и измеряется датчиком перепада давления. Зная перепад давления, избыточное давление и температуру дымовых газов, а также среднюю по составу плотность, можно определить объем дымовых га-

Таблица 2

Наименование характеристики	Codel V-CEM5000
Производитель (разработчик)	Codel, Великобритания
Номер описания типа средств измерений из реестра РБ	РБ 0307439810
Температура измеряемой среды	+100...+850 °С
Предел основной относительной погрешности измерения скорости дымовых газов	±2 %
Диапазон скорости движения дымовых газов	0...50 м/с

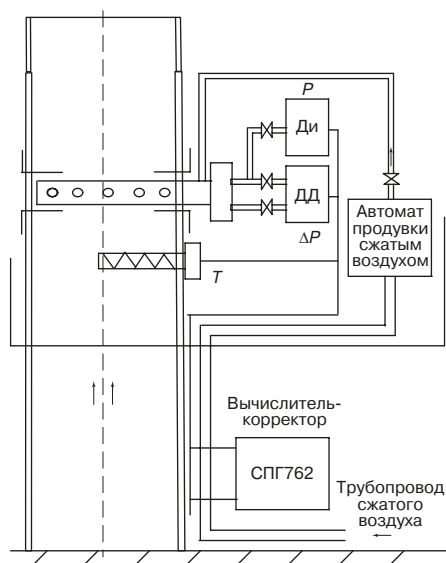


Рис. 3. Принцип измерения величины расхода расходомером с осредняющей напорной трубкой

зов, проходящий через поперечное сечение дымовой трубы за единицу времени. Для предотвращения забивания отверстий связи со средой предусматривается циклическая продувка каналов ОНП сжатым воздухом.

Преимуществом данной расходоизмерительной системы перед ультразвуковыми расходомерами является возможность организации измерений при длине прямого участка $3 D_u$, в то время как для ультразвукового расходомера требуется $10 D_u$, а также возможность измерения в прямоугольных газоходах. К недостаткам следует отнести высокую стоимость, ограничения по диаметру газоходов (до 8 м), невысокую стойкость к коррозии в среде агрессивных дымовых газов и необходимость индивидуального расчета и аттестации расходоизмерительной системы.

Из проведенного анализа технических и метрологических характеристик приборов измерения расхода дымовых

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. – Минск, Минприроды. – 2008 г.

газом можно сделать заключение, что наилучшими характеристиками на сегодняшний день обладают ультразвуковые расходомеры Flowsic 100 и расходомеры инфракрасной корреляции Codel V-CEM5000.

Владимир ЖУК,
кандидат технических наук,
начальник отдела АСУ
ООО «Энергопромис»