

КАК ВЫБРАТЬ РАСХОДОМЕР ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

МАНИШ ПАТЕЛ (MANISH PATEL)

Эффективная работа современной электростанции во многом зависит от точных и постоянных измерений первичных и вторичных воздушных потоков в углеразмольных мельницах, рециркуляторах дымовых газов, топке, горелках и других узлах. При измерении потока дымовых, или отработанных газов решающее значение имеет выбор правильного расходомера. Определение объема таких газов важно для количественной оценки выбросов, выполняемой с помощью систем непрерывного мониторинга выбросов (CEMS) и используемой для предоставления экологической отчетности в государственные органы. В статье приведем рекомендации по выбору подходящего расходомера.

СОСТАВ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Дымовые газы — это газы, выделяющиеся в процессе горения в результате нагрева топлива (жидкого, твердого или газообразного) и воздуха при стехиометрическом соотношении в нагревательных кот-

лах и технологических печах (рис. 1). Получаемые при сжигании дымовые газы в основном состоят из азота (N_2), монооксида углерода (CO), диоксида углерода (CO_2), следов диоксида серы (SO_2), оксидов азота (NO , NO_2), взвешенных твердых частиц и влаги.

Дымовые газы выделяются на тепловых электростанциях, сталелитейных и металлургических заводах, заводах по производству цемента, химических веществ и удобрений, а также на многих других промышленных и коммерческих объектах.

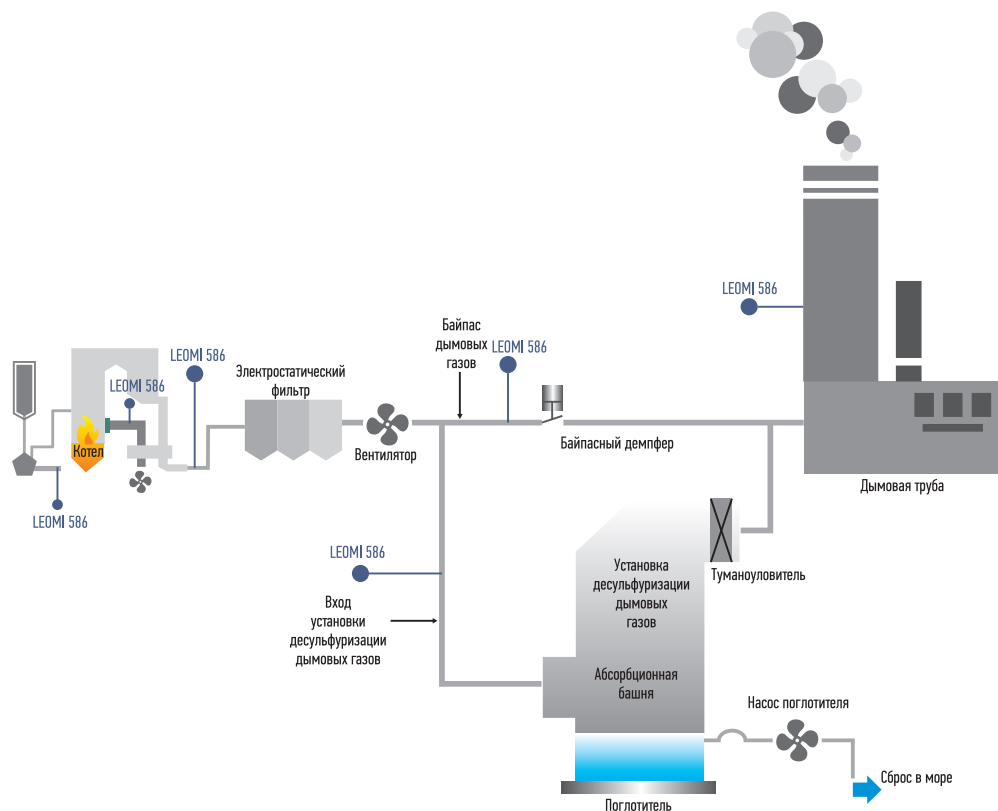


РИС. 1. ► Схематическое изображение устройства современной электростанции. Изображения предоставлены Leomi Instruments Pvt. Ltd

ПОЧЕМУ ТАК ВАЖНО ИЗМЕРЯТЬ ОБЪЕМ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ?

Большая часть выбросов дымовых газов содержит вредные для здоровья человека загрязняющие вещества. Для предоставления отчетов государственным органам и управлениям по контролю за загрязнением окружающей среды необходимы системы непрерывного мониторинга выбросов. Чтобы определить общее количество выбросов в окружающую среду, важно измерять состав и концентрацию газов, а также массовый расход. Измерение потока дымовых газов необходимо:

- для оптимизации производительности электростатического фильтра за счет поддержания проектных параметров, таких как удельная площадь осаждения, скорость газа и время обработки;
- заблаговременного предупреждения о неисправностях конденсатора подогревателя;
- регулирования вредных загрязняющих веществ, контроля выбросов пыли;
- получения полезной информации по оптимизации баланса массы;
- решения задач энергосбережения;
- превентивных мер по оптимизации эффективности технологического процесса и снижения вредных выбросов в окружающую среду.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В ДЫМОВОЙ ТРУБЕ

Для повышения тепловой эффективности электростанций инженеры-технологи работают над минимизацией потерь тепла в окружающую среду. Типичными условиями сред, в которых приходится работать датчикам дымовых газов, являются следующие:

- наличие в дымовых газах умеренного количества частиц пыли/летучей золы (это относится к работе как угольной электростанции, так и парогенерирующей установки);
- рабочая температура: +130...+180 °С;
- скорость потока газов: 12–20 м/с.

ГДЕ СЛЕДУЕТ ПРОВОДИТЬ КОНТРОЛЬ ПОТОКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ?

Для достижения оптимальной эффективности дымовые газы можно контролировать:

- в дымоходе или дымовой трубе вблизи места отбора проб для лабораторного анализа;
- на тепловой электростанции — на входе установки десульфурзации дымовых газов (влажной/сухой);
- на химических производствах, заводах по производству удобрений и металлургических заводах — в технологических трубах;
- в системах вентиляции.

ВЫБОР ДАТЧИКОВ

Основными устройствами для контроля дымовых газов являются расходомеры, работающие на основе измерения перепада давления (с аэродинамическим профилем, с осредняющей напорной трубкой или трубкой Пито), бесконтактные ультразвуковые расходомеры и встраиваемые тепловые массовые расходомеры. Задача инженера по контрольно-измерительным приборам — определить, какой расходомер лучше всего подходит для конкретного применения. Приведем важные факторы, которые необходимо учитывать при сравнении методов измерений:

- размеры воздуховода или трубы;
- толщина изоляции, если таковая имеется;
- характер контролируемой среды: скорость потока, давление, температура, плотность, вязкость, загрязнение, влажность и т. д.;
- параметры монтажа: доступные горизонтальные и вертикальные прямые участки, время, необходимые усилия и т. д.;
- необходимые точность и повторяемость;
- необходимый диапазон измерений;
- бюджет.

Исходя из этих факторов инженеры-технологи должны оценить принципы работы датчиков, определить положительные и отрицательные характеристики различных методов измерения расхода и возможности выбора. Следует и понять физические основы измерений.

Расходомер на основе измерения перепада давления

Принцип работы: расходомер на основе измерения перепада давления с аэродинамическим профилем, осредняющей напорной

трубкой или трубкой Пито изменяет сечение пути потока и измеряет перепад давления, получая таким образом информацию об объемном расходе (рис. 2). С помощью дополнительного непрерывного учета давления и температуры (мгновенной плотности) можно измерять и массовый расход.

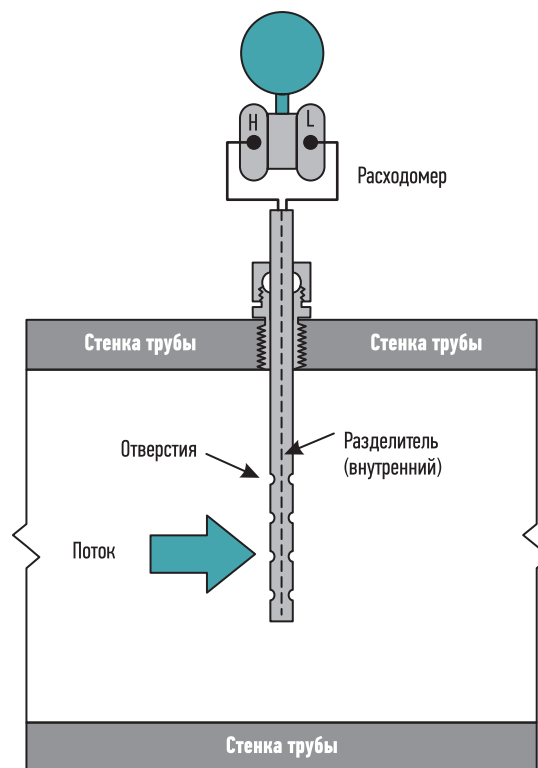
Плюсы:

- стандартизованный метод измерения объемного расхода, установленный BS-1042/ISO 5167;
- подходит для труб диаметром до 5 м и больше;
- надежные конструкции, разработанные для широкого спектра промышленных технологических сред;
- допускается любая ориентация;
- высокая повторяемость измерений;
- простота выполнения калибровки в месте установки.

Минусы:

- требуется относительно высокий перепад давления;
- необходимость в периодическом обслуживании;
- относительно невысокая точность 3% во всем диапазоне измерений, может дрейфовать с течением времени;

РИС. 2. ▼ Расходомер на основе измерения перепада давления



- невысокий динамический диапазон 4:1, в котором поддерживается заданная точность измерений;
- низкая чувствительность к потоку;
- подвержен засорению;
- высокий коэффициент износа;
- высокая стоимость монтажа.

Бесконтактный ультразвуковой расходомер

Принцип работы: бесконтактный ультразвуковой расходомер, измеряющий объемный расход, состоит из пары ультразвуковых приемопередатчиков, передающих и принимающих ультразвуковые импульсы по пути дымовых газов в обоих направлениях, полученное время прохождения (разница во времени) пропорционально скорости дымовых газов. Эта разница во времени зависит главным образом от скорости распространения звука в газе.

- Плюсы:
- определяет объемный расход с помощью измерения времени прохождения ультразвукового луча;
 - используется для труб диаметром до 10 м;
 - подходит для температуры до +450 °С;
 - допускает горизонтальную или вертикальную ориентацию;

- динамический диапазон свыше 100:1.
- Минусы:
- газ должен быть сухим и чистым;
 - точность до ±1,5–3% результата измерений, повторяемость ±1%;
 - высокая начальная стоимость;
 - при монтаже необходим высокий уровень квалификации;
 - не подходит для труб с внутренними покрытиями;
 - дрейф из-за изменения скорости звука в дымовых газах.

Встраиваемый тепловой массовый расходомер

Принцип работы: тепловые массовые (калориметрические) расходомеры работают на основе физического принципа рассеивания тепла от нагревателя в окружающую среду (например, воздух или газы). На рассеивание тепла влияют скорость, плотность (температура и давление), а также состав среды. Количество энергии определяется разностью температур (ΔT) и значением массового расхода (рис. 3).

Газ проходит через два резистивных датчика температуры Pt-100, один из которых расположен вблизи нагревателя, а второй — на некотором удалении от него (T_{ref} и T_h). Разность температур ΔT_{ref} между первым и вторым датчиком непре-

рывно контролируется. Согласно закону Кинга, чем выше массовый расход, тем больше охлаждающий эффект на датчике нагревателя, а значит, выше мощность, необходимая для постоянного поддержания перепада температур. Следовательно, мощность нагревателя пропорциональна массовому расходу газа.

- Плюсы:
- использование метода тепловой анемометрии с постоянной температурой нагревателя (термическая дисперсия);
 - подходит для труб диаметром 15 мм — 10 м;
 - прочная конструкция, работает при температуре до +400 °С и давлении 16 бар и более;
 - возможна любая ориентация;
 - хорошая точность: менее ±2% результата измерений;
 - самый высокий динамический диапазон: 100:1 или выше;
 - регулируемый и универсальный;
 - самый низкий перепад давления;
 - низкая стоимость владения по сравнению с другими способами измерений;
 - непрерывный учет изменения теплопроводности.
- Минусы:
- низкая стойкость к механическим повреждениям;
 - рекомендуется использовать выпрямитель потока;
 - подвержен воздействию высокой влажности (>10% объема) и грязи/пыли, нуждается в периодической очистке или продувке системы.

ИЗМЕРЕНИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

При выборе расходомера следует учитывать, что в новых конструкциях или усовершенствованных конфигурациях старых некоторые недостатки могут быть устранены. Встраиваемые тепловые массовые расходомеры являются более предпочтительными для труб диаметром до 8 м в условиях умеренной влажности или пылевой нагрузки и при наличии подходящей системы продувки. Такие расходомеры часто оказываются хорошей и менее дорогой альтернативой расходомерам на основе измерения перепада давления. Ультразвуковые расходомеры газа, как правило, используются в трубах большого диаметра — более 8 м. ●

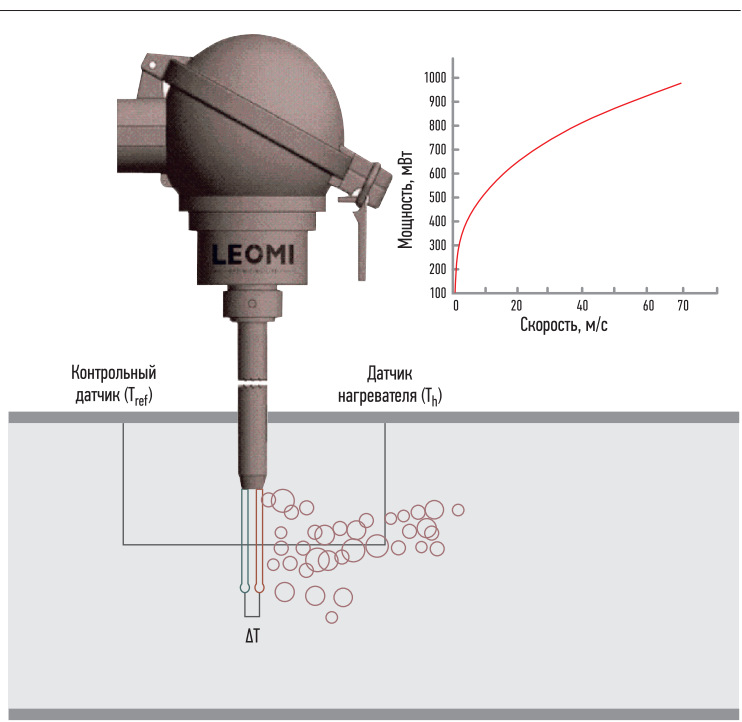


РИС. 3. ▶ Тепловой массовый (калориметрический) расходомер