

УДК 543.27.08

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ГАЗА В ГАЗОХОДАХ ТЭС

К. т. н. Ю. Н. Максименко

Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения
Украина, г. Киев
analyt@ukranalyt.com.ua

Описан алгоритм измерений и расчета расхода газа, основанный на методе измерения скорости потока в одной точке поперечного сечения газохода. Приведена реальная схема и конструктивные особенности прибора, установленного на одной из ТЭС.

Ключевые слова: измерение расхода газа, выбросы токсичных газов, теплоэлектростанции.

В настоящее время минимизация платы за выбросы токсичных веществ в окружающую среду становится все более актуальным вопросом. При переходе от расчетных методов определения валовых выбросов к непрерывным автоматическим измерениям одним из проблемных вопросов остается измерение расхода газа в газоходах ТЭС и промышленных предприятий.

Метод измерения расхода газа по скорости потока в одной точке поперечного сечения основан на закономерностях турбулентного течения в трубах, согласно которым скорость потока в определенной точке сечения трубы пропорциональна средней скорости в данном сечении [1]. Это справедливо для следующих условий: а) поток в газоходе должен быть сформировавшимся и турбулентным, а движение — установившимся; б) площадь измерительного сечения в течение всего периода измерений должна оставаться постоянной; в) на стенках трубы не должно быть отложений и наростов измеряемой среды или продуктов коррозии; г) измеряемая среда должна быть однофазной или близка к ней; д) число Маха не должно превышать 0,25.

Расход газа Q , м³/с, определяют по формуле

$$Q = K_v V S,$$

где K_v — отношение средней скорости потока в данном сечении к скорости потока в точке измерения;

V — средняя скорость, м/с;

S — площадь поперечного сечения газохода, м².

При этом точки средней скорости расположены на расстоянии $(0,242 \pm 0,013)r$ от внутренней поверхности стенки газохода, где r — внутренний радиус газохода в измерительном сечении.

Коэффициент K_v при измерении в точках средней скорости остается постоянным и равным 1 во всем диапазоне турбулентного движения. При измерении скорости потока на оси трубы значение коэффициента K_v зависит от гидравлических характеристик труб (шероховатости поверхности, числа Рейнольдса Re) и его необходимо предварительно определять экспериментально для каждого измерительного сечения.

Алгоритм измерений и расчета средней скорости V ранее описан в [2], при этом значение скорости $V = \sum V_i / n$, где V_i — скорость потока в i -той равновеликой зоне сечения круглого газохода; n — количество равновеликих зон. Значение V_i измеряется по методике, изложенной в [3], с помощью напорной трубки по формуле:

$$V_i = (2g\Delta P K / 10\rho)^{1/2},$$

где ΔP — перепад давления в напорной трубке, Па;

K — коэффициент напорной трубки;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

ρ — плотность газа в рабочих условиях, кг/м³.

Для приведения значения скорости потока к нормальным условиям [4] непрерывно измеряется температура газового потока и вводится поправка в формулу для расчета скорости путем приведения

плотности газа к нормальным условиям (температура 20°C, атмосферное давление 101,3 кПа) по формуле

$$\rho = 2,892\rho_n(P_a+P_{ст})/(273+t)$$

где ρ_n – плотность при нормальных условиях измерения, кг/м³;

P_a – атмосферное давление, кПа;

$P_{ст}$ – статическое давление газа в газоходе, кПа;

t – температура газа, °C.

Измерения по описанной выше методике проведены на ТЭС, работающей на угле марки АШ на котле 200 МВт в режиме постоянной мощности 160 МВт. Диаметр газохода – 3,2 м (площадь сечения $S = 8,038 \text{ м}^2$), температура потока газа – плюс 140°C.

Измерения проводились с помощью разработанного нами измерителя скорости потока ММ-40, состоящего из следующих составных частей: датчика скорости с зондом; датчика температуры с компенсационным кабелем; устройства сбора и обработки информации (УСОИ); компьютера с программным обеспечением в комплекте; набора кабелей.

Зонд датчика скорости изготовлен в виде дифференциальной напорной трубки с диаметром отверстия 2,5 мм. Коэффициент напорной трубки $K=0,475$. Расстояние от внутренней стенки газохода до отверстия на напорной трубке составляет 400 мм, что соответствует требованию о средней скорости потока в данной измерительной точке. При этом $K_v = 1$.

Измеритель работает следующим образом: через зонд, помещенный в газоход отверстием перпендикулярно потоку газа, давление, создаваемое потоком газа, передается в датчик скорости. Датчик скорости формирует электрический сигнал, пропорциональный дифференциальному давлению ΔP (разница между динамическим и статическим давлением), и передает его в УСОИ. Программируемый аналого-цифровой преобразователь, находящийся в УСОИ, принимает электрические сигналы от датчика скорости и датчика температуры и передает их по кабелю витая пара пятой категории на персональный компьютер. Компьютер принимает сигналы от УСОИ, запоминает их и после вычислений представляет значение скорости потока газа в виде единичного значения, таблицы или графика. После введения значения площади измерительного сечения газохода в компьютер на его мониторе индицируется также расход газа через данное сечение в аналогичном виде.

В результате измерений получено: $V_i = 18,1 \text{ м/с}$, $Q = 145 \text{ м}^3/\text{с}$ ($523800 \text{ м}^3/\text{час}$).

Таким образом, по описанной выше методике, с помощью измерителя скорости ММ-40 проведены достоверные измерения расхода газа в масштабе реального времени.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. ГОСТ 8.361-79. Расход жидкости и газа. Методика выполнения измерений по скорости в одной точке сечения трубы.
2. Максименко Ю.Н. Оценка погрешности измерений стационарной системы автоматизированного контроля выбросов токсичных веществ котлоагрегатами ТЭС // Труды XIV Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, г. Одесса — 2013. — С. 102-104.
3. ГОСТ 17.2.4.06-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
4. Физический энциклопедический словарь // Под ред. А.М.Прохорова. — Москва: Сов. Энциклопедия, 1984. — С. 471.

Yu. N. Maksimenko

Gas flow rate measurement in gas pipelines of thermoelectric power plants.

The paper describes the algorithm of gas flow measurement and gas flow calculation. The algorithm is based on the method of a flow speed measurement in a certain point of a gas pipeline cross-section. The real scheme and construction specification of the device installed at one of the power plants are given.

Keywords: *gas flow rate measurement, toxic gases emission, thermoelectric power plant.*