

## **ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ РАСХОДОМЕРА УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА ГОРЕЛКИ ПАРОВОГО КОТЛА КУРАХОВСКОЙ ТЭС**

Кузнецов Д.Н., канд. техн. наук, доц., Цыбулька В.С.  
магистр, ДонНТУ, кафедра «Электронная техника»

*В статье выполнен расчёт погрешностей расходомера угольной пыли, выполнен анализ влияния погрешностей датчиков на суммарную погрешность результата измерений расхода угольной пыли, даны рекомендации по увеличению точности измерений.*

Стабилизация подачи угольной пыли во времени и по горелкам парового котла обеспечивает необходимую полноту сгорания топлива, даёт значительную экономию и уменьшение вредных выбросов в атмосферу. Регулировка равномерности подачи топлива, в настоящее время, производится специалистами наладки по вторичным признакам и нарушается при смене режима работы котла. Поэтому актуальной является задача непосредственного измерения расхода угольной пыли на каждую горелку.

Для измерения расхода угольной пыли самым распространённым методом является метод отбора проб (ISO 9931 и ASTM/ASME). Метод отбора проб основан на отборе серии проб из трубы, по которой подаётся угольная пыль. Основным недостатком данного метода является сложность реализации непрерывного режима измерения контролируемого параметра, что необходимо для реализации функций автоматического регулирования.

В СКТБ «Турбулентность» ДонНУ с привлечением специалистов ДонНТУ был разработан и испытан расходомер угольной пыли для пылепроводов низкой концентрации [1]. За основу был взят метод измерения расхода угольной пыли основанный на зависимости гидродинамических потерь на участке пылепровода от количества подаваемой в него пыли.

Для измерения расхода угольной пыли необходимо измерять расход воздуха, который идёт по трубопроводу до смешивания с угольной пылью. Измерение расхода воздуха осуществляется пневматическим методом по разности статического давления в трубопроводе и усреднённого по длине давления задней критической

образующей цилиндрического зонда. Измерение расхода угольной пыли осуществляется тоже пневматическим методом путём измерения разницы давлений на пути ускорения угольной пыли.

Основной задачей работы является оценка метрологических характеристик расходомера по известным погрешностям датчиков, входящих в его состав. Необходимо определить ожидаемую погрешность результата измерения расхода пыли и оценить вклад погрешностей каждого датчика.

Схема участка пылепровода в точках установки отборников давления и термометра приведена на рисунке 1. В состав расходомера входит 4 датчика: два датчика дифференциального давления, датчик статического давления и датчик температуры потока.

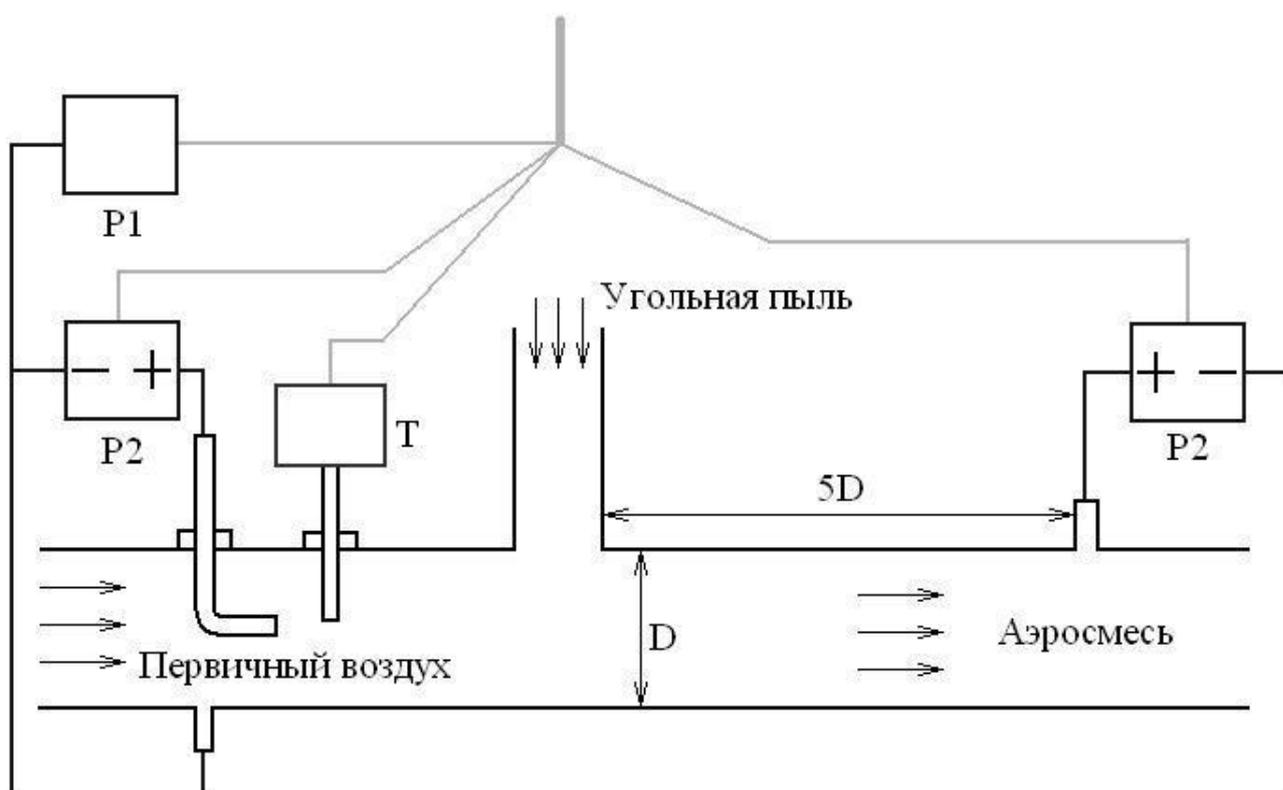


Рисунок 1 - Технологическая схема установки расходомера

$P1$  – датчик статического давления,  $P2$ ,  $P3$  – датчики дифференциального давления,  $T$  – датчик температуры

Исходными данными для расчета погрешностей являются:

- диапазоны измерений датчиков;
- погрешности датчиков;

– значения измеренных параметров.

Исходные данные к расчету погрешностей приведены в таблице

1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта погрешностей

Пределы измерений	Датчики	Измеренные значения	Приведенная погрешность	Абсолютная погрешность
4000 Па	Стат. давления (P1)	1100 Па	0.25%	dP1=10
1000 Па	Диф. давления (P2)	930 Па	0.25%	dP2=2,5
400 Па	Диф. давления (P3)	375 Па	0.25%	dP3=1
-	Температуры (T)	83°C	-	dT=3

Конечный результат измерения расхода угольной пыли является результатом косвенного измерения и его погрешность определяется погрешностями прямых измерений сигналов от датчиков. Запишем формулу суммарной абсолютной погрешности расходомера [2]:

$$dQ(P) = k \cdot \sqrt{D1^2 + D2^2 + D3^2 + D4^2}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности  $P$ ;  $D1..D4$  – частные погрешности измерения расхода пыли, обусловленные погрешностями датчиков.

Определим частные погрешности:

$$D1 = \left( \frac{d}{dP1} \cdot Q \right) \cdot dP1 = 0.00016, \text{ тонн/час} \quad (2)$$

$$D2 = \left( \frac{d}{dP2} \cdot Q \right) \cdot dP2 = 0.048, \text{ тонн/час} \quad (3)$$

$$D3 = \left( \frac{d}{dP3} \cdot Q \right) \cdot dP3 = -0.042, \text{ тонн/час} \quad (4)$$

$$D4 = \left( \frac{d}{dT} \cdot Q \right) \cdot dT = -0.008, \text{ тонн/час} \quad (5)$$

Тогда суммарная абсолютной погрешности результата измерения расхода пыли будет равна:

$$dQ(0.95) = 1.1 \cdot \sqrt{0.00016^2 + 0.048^2 + 0.042^2 + 0.008^2} = 0.07, \text{ тонн/час} \quad (6)$$

при текущем расходе  $Q=5,9$  тонн/час.

Относительная погрешность результата измерения расхода пыли:

$$dQ_{\text{отн}} = \frac{dQ}{Q} \cdot 100 = 1.2\% \quad (7)$$

Относительные частные погрешности результата измерения расхода, обусловленные погрешностями датчиков:

$$\frac{D1}{Q} \cdot 100 = 0.0027\% \quad (8)$$

$$\frac{D2}{Q} \cdot 100 = 0.82\% \quad (9)$$

$$\frac{D3}{Q} \cdot 100 = -0.72\% \quad (10)$$

$$\frac{D4}{Q} \cdot 100 = -0.14\% \quad (11)$$

Из результатов расчёта погрешностей следует, что при одинаковой приведенной погрешности датчиков давления они вносят разный вклад в суммарную погрешность результата измерения расхода пыли. Причем наибольший вклад вносят датчики дифференциального давления. Таким образом, для увеличения точности измерений необходимо в первую очередь уменьшать погрешности датчиков дифференциального давления.

Выводы: в результате расчёта погрешностей расходомера определили ожидаемую погрешность результата измерения расхода пыли, которая составляет 1,2%, оценили вклад погрешностей датчиков в погрешность измерения расхода и дали рекомендации по уменьшению инструментальной погрешности расходомера.

1. Ю.Д. Украинский, Д.Н.Кузнецов, В.С.Цыбулька//Расходомер угольной пыли на горелки котла Кураховской ТЭС//Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». Випуск 18(169). – Донецьк: ДонНТУ, 2010.
2. Підвищення точності вимірювальних систем: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів//В.І.Бойко, А.А.Зорі, В.Д.Коренєв, М.Г.Хламов; під ред. проф. Зорі А.А. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2005. – 252с.