

УДК 621.177

В. В. Алексеев, И. И. Поникаров

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВХОДНОЙ ЗОНЫ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ ВИХРЕВОГО ПЫЛЕГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЯ

Ключевые слова: аэродинамическое сопротивление, пылегазовые смеси, пылегазоразделитель.

Проведено исследование процесса аэродинамического сопротивления входной зоны пылеулавливания в вихревом пылегазоразделителе и представлены результаты экспериментальных исследований.

Keywords: aerodynamic drag, dust and gas mixtures, dust-gas separator.

A study of the process drag the entrance area in a swirling dust collection dust-gas separator and the results of comparison of experimental data.

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований аэродинамического сопротивления входной зоны пылеулавливания вихревого пылегазоразделителя (ВПГР) [1] и рассмотрены влияние режимных и конструктивных параметров.

Аэродинамическое сопротивление входной зоны аппарата ΔP_1 , Па определяется затратами энергии на организацию процесса начального пылеулавливания при переменной крутке потока и рассчитывается по уравнению:

$$\Delta P_1 = \zeta_1 \cdot \frac{\rho \cdot V_D^2}{2}, \quad (1)$$

где ζ_1 – коэффициент сопротивления входной зоны пылеулавливания; ρ – плотность газовой смеси, кг/м³; $V_D = G_V / F_K$ – скорость движения смеси в кольцевом сечении, м/с; G_V – объёмный расход газовой смеси, м³/с; $F_K = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$ – площадь кольцевого сечения, м²; D – внутренний диаметр аппарата, м; d – наружный диаметр выхлопной трубы, м.

В уравнении (1) ζ_1 является функцией конструктивных и режимных параметров, которые могут быть определены экспериментально в виде зависимости:

$$\zeta_1 = f_1(\bar{R}_{ex}; \bar{a}; \bar{b}; \bar{d}; Re_D), \quad (2)$$

где $\bar{R}_{ex} = 2 \cdot R_{ex} / D = 1 - \bar{a}$ – относительный радиус входа; $\bar{a} = a / D$ – относительные ширина и $\bar{b} = b / D$ – высота входного патрубка; $\bar{d} = d / D$ – относительный диаметр выхлопной трубы; $Re_D = V_D \cdot D_3 \cdot \rho / \mu$ – критерий Рейнольдса; μ – вязкость газовой смеси, Па·с; $D_3 = D - d$ – эквивалентный диаметр, м; μ – коэффициент динамической вязкости газа, Па·с.

Уравнение (2) может быть преобразовано и представлено в виде:

$$\zeta_1 = f(\theta_{ex}; Re_D), \quad (3)$$

где $\theta_{ex} = \bar{R}_{ex} / K_T$ – безразмерный входной момент количества движения (обобщенный параметр крутки); $K_T = F_{ex} / F_K$ – коэффициент крутки потока (относительная площадь входного патрубка); $F_{ex} = a \cdot b$ – площадь входного патрубка, м².

Для определения влияния режимных параметров на аэродинамическое сопротивление входной зоны пылеулавливания были проведены исследования при постоянных конструктивных параметрах ($\bar{R}_{BX} = 0,8$; $K_T = 0,16$)

Исследования проводились в аппарате диаметром $D=120$ мм, с наружным диаметром выхлопной трубы $d=0,047$ м, шириной $a=0,024$ м и высотой $b=0,06$ м входного патрубка, на чистом воздухе по известной методике.

Расходы газа изменялись в интервале от 50 до 250 м³/ч, при температурах воздуха 20 ± 1 °С.

На рис. 1 приведена зависимость коэффициента сопротивления входной зоны ζ_1 от критерия Рейнольдса Re_D .

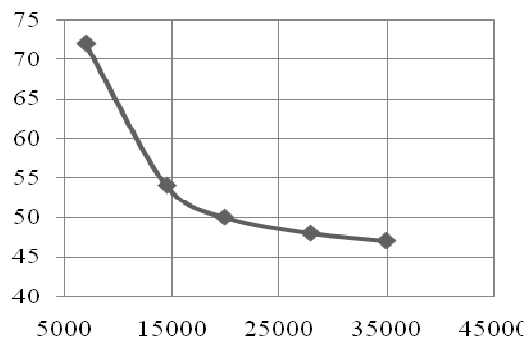


Рис. 1 – Зависимость коэффициента сопротивления входной зоны ζ_1 от критерия Рейнольдса Re_D

Из этого рисунка видно, что с увеличением критерия Рейнольдса Re_D значение коэффициента

ζ_1 уменьшается, и при значении $Re_D > (35 \div 40) \cdot 10^3$ достигается автомодельный режим течения. При значении $Re_D \leq (35 \div 40) \cdot 10^3$ значение коэффициента ζ_1 определяется режимными и конструктивными параметрами, а при значениях $Re_D > (35 \div 40) \cdot 10^3$ - только конструктивными.

Исследования, проведенные с изменением конструктивных параметров при числах $Re_D = (5 \div 40) \cdot 10^3$, представлены на рис. 2 - 4.

На рис. 2 представлена зависимость ζ_1 от $\bar{R}_{вх}$ и величины расхода G_v .

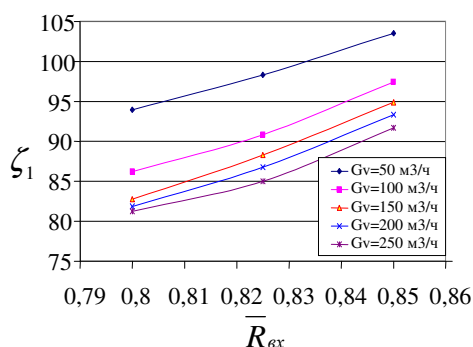


Рис. 2 – Зависимость коэффициента сопротивления входной зоны ζ_1 от относительного радиуса входа $\bar{R}_{вх}$

Анализ этого графика показывает, что при постоянном расходе газа коэффициент сопротивления входной зоны ζ_1 возрастает с увеличением относительного радиуса входа $\bar{R}_{вх}$. Данное увеличение величины ζ_1 объясняется уменьшением площади входного патрубка. Но величина ζ_1 уменьшается с увеличением расхода газа G_v , что свидетельствует о приближении к автомодельной области течения.

К уменьшению значения коэффициента сопротивления ζ_1 приводит увеличение значения

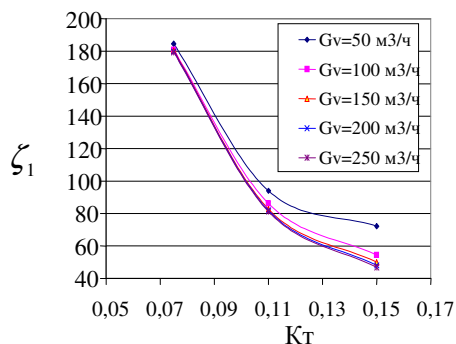


Рис. 3 – Зависимость коэффициента сопротивления входной зоны ζ_1 от коэффициента крутки K_T

коэффициента крутки K_T , о чем свидетельствует график, представленный на рис. 3.

Это объясняется увеличением площади входного патрубка и соответственно уменьшением сопротивления для прохода через патрубок газовой смеси. Уменьшение коэффициента крутки приводит к возрастанию тангенциальной составляющей скорости $\bar{V}_\phi$. При этом увеличение значения скорости $\bar{V}_\phi$ приводит к увеличению статического давления вблизи стенок аппарата и его аэродинамического сопротивления.

Данные, приведенные на рис. 4, получены с учетом зависимостей, изображенных на рис. 2 и 3, поскольку величина безразмерного входного момента количества движения $\theta_{вх}$ прямо пропорциональна величине $\bar{R}_{вх}$ и обратно пропорциональна величине K_T .

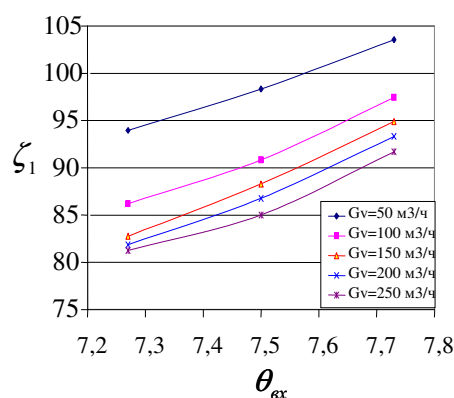


Рис. 4 – Зависимость коэффициента сопротивления входной зоны ζ_1 от входного момента количества движения $\theta_{вх}$

Анализ рисунка показывает, что величина ζ_1 растет с увеличением параметра $\theta_{вх}$, но уменьшается с увеличением расхода газа G_v . Также при увеличении $\theta_{вх}$, для тангенциального закручивающего устройства наблюдается увеличение значений $\bar{V}_\phi$ по всему радиусу трубы, что увеличивает центробежное пылеулавливание во входной зоне.

Выводы

1. Расчет аэродинамического сопротивления входной зоны ВПГР рекомендуется выполнять по коэффициенту сопротивления входной зоны ζ_1 и скорости движения газов в контактной зоне аппарата V_D .
2. Данная методика также может быть использована для расчета аэродинамического сопротивления других аппаратов вихревого типа: аппаратов комплексной очистки газов [8], вихревых пылегазоразделителей [9] и контактных теплообменников вихревого типа [10].

Литература

1. А.М. Валеев., П.В. Алексеев, А.Н. Филимонов, И.И. Поникаров, *Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология*, Казань, Россия, 2005, С. 77 - 79.
2. В.Н. Ужов., А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков, И.К. Решидов, *Очистка промышленных газов от пыли*. Химия, Москва, 1981. 392 с.
3. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под общ. ред. А.А. Русанова. Энергия, Москва 1975. 296 с.
4. P. Rozin, E. Rammler, W Intelmann. *Z. Ver. Dent. Ing.*, Bd.76, 433-437 (1932).
5. В.Ю. Падва. *Автореф. дисс. канд. техн. наук*, Моск. центральный научно - исследовательский ин-т экспериментального проектирования жилища, Москва, 1969. 16 с.
6. П.А. Коузов, *Сравнительная оценка циклонов различных типов. Обеспыливание в металлургии*. Металлургия, Москва, 1971. 185 с.
7. Б.П. Устименко, *Процессы турбулентного переноса во вращающихся течениях*. Наука, Алма – Ата, 1977. 228 с.
8. В.В. Алексеев, В.О. Лукин, И.И. Поникаров. *Вест. Казан. технол. ун-та*, **16**, 7, 217 – 221 (2013).
9. В.В. Алексеев, И.И. Поникаров, П.В. Алексеев. *Вест. Казан. технол. ун-та*, **16**, 20, 220 – 223 (2013).
10. Л.Н. Москалев, С.И. Поникаров, И.И. Поникаров, В.В. Алексеев. *Вест. Казан. технол. ун-та*, **15**, 10, 240 – 242 (2012).

© **В. В. Алексеев** - к.т.н., доцент кафедры машин и аппаратов химических производств КНИТУ, valexeevtt@mail.ru;
И. И. Поникаров - д.т.н., профессор той же кафедры, советник ректората.