

УДК 628.511

Я. В. ЛИТОВЧЕНКО, С. М. ОРЛОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЗАВИСИМОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦИКЛОНА ОТ СПОСОБА ПОДВОДА ГАЗА

Аннотация. Проанализирована зависимость гидравлического сопротивления циклона от способа подвода газа. Описан принцип определения гидравлического сопротивления пылеуловителей. Выяснено влияние на потери давления от равномерного распределения газопылевого потока на входе в устройство. Рассмотрена зависимость увеличения условной скорости газа в циклоне от гидравлического сопротивления.

Ключевые слова: зависимость, гидравлическое сопротивление, распределение, потери давления, условная скорость.

В настоящий момент времени очистка промышленных выбросов осуществляется в большинстве случаев при помощи циклонов.

Данный тип инерционных пылеуловителей имеют простую конструкцию, им присуща большая пропускная способность и простота в эксплуатации. У аппаратов есть ряд как преимуществ, так и недостатков. К основным недостаткам можно отнести высокое гидравлическое сопротивление, достигающее 1 250–1 500 Па, [1].

Принцип действия всех устройств следующий (рис. 1). Очищаемый газ вводится по касательной либо тангенциально в верхнюю часть пылеочистителя, представляющего собой закручивающееся устройство, далее вращающийся поток опускается в его конусную часть, а затем выходит из циклона в пылеотводящую трубу.

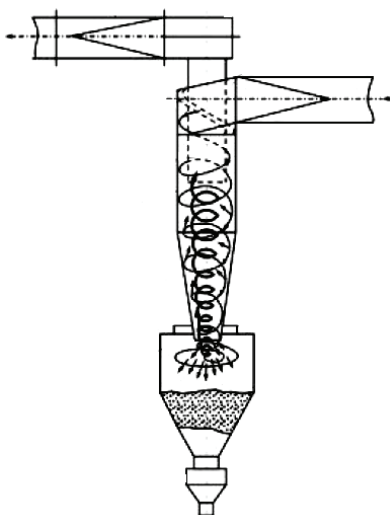


Рисунок 1 – Движение запыленного и очищенного газа в циклоне.

Подбор циклонов осуществляется в зависимости от эффективности очистки и гидравлического сопротивления.

В циклоне газ проходит последовательно входной патрубком, цилиндрическую, коническую части и выхлопную трубу. При этом он осуществляет вращательное движение, проходя внезапное сужение, расширение и повороты. Разделить этот путь на отдельные части практически невозможно, и в связи с этим потери давления в циклоне рассматриваются как единичное местное сопротивление.

Гидравлическое сопротивление циклона определяется как:

$$\Delta P_{\text{г}} = \zeta_{\text{г}} \frac{v_{\text{г}}^2 \rho}{2}, \quad (1)$$

где $v_{\text{г}}$ – скорость газа в циклоне, м/с;
 $\zeta_{\text{г}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления циклона;
 ρ – плотность газа.

В значение коэффициента гидравлического сопротивления пылеочистителей вносят поправки, формула (2), которые учитывают определяющий размер циклона (диаметр корпуса) и запыленность воздуха при входе в циклон:

$$\zeta_{\text{г}} = K_1 K_2 \zeta, \quad (2)$$

где K_1 – поправочный коэффициент на диаметр циклона;
 K_2 – поправочный коэффициент на запыленность;
 ζ – коэффициент местного сопротивления циклона.

Исходя из формулы (2) видно, что потери давления в циклоне зависят от коэффициента гидравлического сопротивления. Для большинства аппаратов коэффициент гидравлического сопротивления постоянный и не зависит от числа Re, данные коэффициенты указаны в таблице.

Таблица – Коэффициенты гидравлических сопротивлений циклонов НИИОГАЗ

Тип циклона	Диаметр, мм	$\zeta_{\text{г}}$	$\zeta_{\text{о}}$
ЦН-11	450	250	6,1
ЦН-15	450	163	7,8
ЦН-15У	450	170	8,2
ЦН-24	450	80	10,9

Рассмотрим циклоны конструкции НИИОГАЗ (рис. 2), условная скорость в которых принимает-ся в пределах 2,5–3,5 м/с, [2].

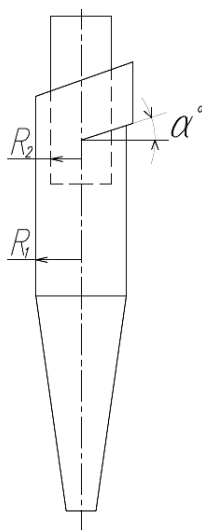


Рисунок 2 – Цилиндрический циклон НИИОГАЗ.

Основываясь на ранее проведенных исследованиях, в которых рассматривалось распределение тангенциальной скорости по сечению циклона, было допущено, что тангенциальная скорость в цилиндрической части циклона приравнивается к скорости во входном патрубке, следовательно:

$$\frac{\pi R_1^2}{\pi R_2^2} v = v_m \text{ или } \frac{D^2}{D_{\text{вых}}^2} v = v_m, \quad (3)$$

где v – скорость во входном патрубке, м/с;

v_m – линейная скорость на границе внутреннего вихря R_2 , м/с.

Учитывая, что угловая скорость внутреннего вихря, $\omega = v_m/R_2$ а так же, что у циклонов ЦН $D_{\text{вых}} = 0,59D$, получим выражение:

$$\frac{2D^2 v}{0,205D^3} = \frac{2v}{0,205D} = \omega. \quad (4)$$

Как видно из формулы (3), угловая скорость внутреннего вихря прямо пропорциональна скорости во входном патрубке и обратно пропорциональна диаметру циклона.

На основании ранее проведенных исследований можно сказать, что угол винтовой спирали внутреннего вихря равен углу наклона входного патрубка, который в свою очередь влияет на пропускную способность, и время нахождения пылинки в выхлопной трубе для циклона типа ЦН будет составлять:

$$t_u = \frac{2K_u}{0,59 \sin \alpha \omega}, \quad (5)$$

где α – угол наклона ввода в циклон;

K_u – коэффициент отношения длины выхлопного патрубка к диаметру циклона.

В таком случае ясно, что на гидравлическое сопротивление оказывает способ подвода газа к циклону, где необходимо обеспечить равномерное распределение газопылевого потока на входе в устройство посредством выполнения прямолинейных участков на входе в циклон, [3]. Отличительной особенностью пылеуловителей НИИОГАЗ является наличие удлиненной цилиндрической части корпуса, наклон крышки входного патрубка под углом 11, 15 или 24°, а также одинаковое отношение диаметра выхлопной трубы к диаметру циклона, [4].

Исходя из вышеуказанной зависимости (рис. 3), ясно, что при увеличении условной скорости газа в циклоне его гидравлическое сопротивление возрастает [5].

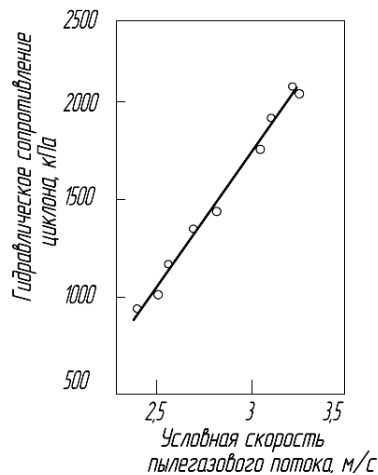


Рисунок 3 – Зависимость сопротивления циклона от условной скорости пылегазового потока.

На основании вышеизложенного можно сделать выводы:

1. Гидравлическое сопротивление циклона зависит от коэффициента гидравлического сопротивления циклона.
2. Существенное влияние на потери давления оказывает подвод газа к циклону и равномерное распределение газопылевого потока на входе в устройство.

3. При увеличении условной скорости газа в циклоне его гидравлическое сопротивление возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, Г. М. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок [Текст] / Г. М. Алиев. – М. : Металлургия, 1988. – 368 с.
2. Пирумов, А. И. Обеспыливание воздуха [Текст] / А. И. Пирумов. – М. : Стройиздат, 1981. – 296 с.
3. Коузов, П. А. Очистка газов и воздуха от пыли в химической промышленности [Текст] / П. А. Коузов, А. Д. Мальгин, Г. М. Скрябин. – СПб. : Химия, 1993. – 320 с.
4. Биргер, М. И. Справочник по пыле- и золоулавливанию [Текст] / М. И. Биргер. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
5. Штокман, Е. А. Очистка воздуха [Текст] / Е. А. Штокман. – М. : АСВ, 1998. – 320 с.

Получено 17.05.2017

Я. В. ЛИТОВЧЕНКО, С. М. ОРЛОВ
ЗАЛЕЖНІСТЬ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ЦИКЛОНУ ВІД СПОСОБУ
ПІДВЕДЕННЯ ГАЗУ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Проаналізовано залежність гідравлічного опору циклону від способу підведення газу. Описано принцип знаходження гідравлічного опору пилоуловлювачів. Визначено вплив на втрати тиску від рівномірного розподілу газопилового потоку на вході в пристрій. Розглянуто залежність збільшення умовної швидкості газу в циклоні від гідравлічного опору.

Ключові слова: залежність, гідравлічний опір, розподіл, залежність, втрати тиску, умовна швидкість.

YAROSLAV LITOVCHENKO, STANISLAV ORLOV
DEPENDENCE OF THE HYDRAULIC RESISTANCE OF THE CYCLONE ON THE
GAS SUPPLY METHOD
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The dependence of the hydraulic resistance of the cyclone on the gas supply method is analyzed. The principle of determining the hydraulic resistance of dust collectors is described. The effect on the pressure loss from the uniform distribution of the gas-dust flow at the inlet to the device is determined. The dependence of the increase in the conditional gas velocity in the cyclone on the hydraulic resistance is considered.

Key words: dependence, hydraulic resistance, distribution, pressure loss, conditional speed.

Литовченко Ярослав Витальевич – магистрант кафедры теплотехники, теплогасоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Орлов Станислав Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехника и автоматики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка новых конструкций инерционных пылеуловителей, повышение энергоэкологической эффективности циклонов в системах вентиляции, аспирации и пневмотранспорта.

Литовченко Ярослав Віталійович – магістрант кафедри теплотехніки, теплогасопостачання та вентиляції ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Орлов Станіслав Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри, електротехніки і автоматики ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: розробка нових конструкцій інерційних пиловловлювачів, підвищення енергоекологічної ефективності циклонів в системах вентиляції, аспірації і пневмотранспорту.

Litovchenko Yaroslav – Master’s student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy and resource saving in heating, ventilation and air conditioning.

Orlov Stanislav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Electrical technology and Automatics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of new designs of inertial dust collectors, increase of energy-ecological efficiency of cyclones in ventilation, aspiration and pneumatic transport systems.