

С.М Сабадаш, асп. (СНАУ, Суми)

О.Р Якуба, д-р техн. наук, проф. (СНАУ, Суми)

РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ УЛОВЛЕННЯ ПИЛУ КОНІЧНИМИ ЦИКЛОНАМИ

Наведено розрахунок ефективності уловлення пилу конічними циклонами, для чого були запропоновані теоретичні рівняння розрахунку конічних циклонних пилоуловлювачів.

Приведен расчет эффективности уловления пыли коническими циклонами, для чего были предложены теоретические уравнения расчета конических циклонных пылеуловителей.

The calculation of efficiency catching dust is resulted by conical cyclones, what theoretical equalizations of calculation conical cyclones dustcatching were offered for.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Прогнозування ефективності пиловловлювачів є важливою науково-технічною задачею. У більшості випадків користуються емпіричними методами розрахунку ефективності, які не враховують всі фактори, які впливають на технологічні і геометричні параметри пиловловлювачів, а також на гідродинамічну структуру потоків у сепараційній зоні циклонних апаратів.

Мета та завдання статті. Дослідити розрахунок ефективності уловлення пилу конічними циклонами, визначити переваги та недоліки цього методу.

Виклад основного матеріалу дослідження. У цій роботі використано теоретичний метод розрахунку ефективності циклонів на основі аналізу руху частинок протиточних циклонних уловлювачах з подальшим залученням експериментальних даних науково-дослідного інституту очищення газів [1; 2], отриманих під час проведення випробувань дослідних зразків спіральні-конічних циклонів, які на теперішній час є найефективнішими апаратами [2].

Авторами цієї роботи раніше були отримані теоретичні залежності фракційної ефективності конічних циклонів.

У разі розгляду руху частинок у вихровому потоці конічних циклонів виникли значні труднощі установлення теоретичних залежностей в циліндричній системі координат. Так, при установленій структурі потоків конічних апаратів у циліндричній системі координат одер-

$$h_{\text{сп}} = \frac{d^2 \cdot \rho_T \cdot C_0^2 \cdot S_1^2 (\cos \theta_{\text{сп}} - \cos \theta_0)^2}{18L \cdot \pi^2 \cdot \mu \cdot a_2^2 (\sin \theta_0 + \sin \theta_{\text{сп}}) (\sin \theta_0 - \sin \theta)} \cdot a \left[\frac{\exp(-K_1 R_{\text{min}})}{R_{\text{min}}} - \frac{\exp(-K_1 R_{\text{max}})}{R_{\text{max}}} \right] - \frac{8 \sin^2 \theta_{\text{сп}} \cdot \sin^2 \theta_{\text{сп}} / 2 (\ln R_{\text{max}} - \ln R_{\text{min}})}{(\sin \theta_0 + \sin \theta_{\text{сп}}) (\sin \theta_0 - \sin \theta)} - \frac{2 \cos \theta_{\text{сп}}^3 - \cos^3 \theta_0}{3 (\sin \theta_0 + \sin \theta_{\text{сп}}) (\sin \theta_0 - \sin \theta_{\text{сп}})}, \quad (1)$$

де $C_0 = \frac{2M_{\text{вх}}}{\rho_2 \cdot L \cdot r_4^2}$ – кутова швидкість у вихідній трубі, $\frac{1}{\text{с}}$; $v_{\text{вх}} = \frac{L}{a_2 \theta_2}$ – вхідна швидкість газу, м/с; $M_{\text{вх}} = \frac{2}{3} \rho_2 v_{\text{вх}} L \cdot \frac{r_0^3 - r_3^3}{r_0^2 - r_3^2}$ – вхідний момент кількості газу; L – витрата запиленого газу, м³/с; $S_1 = \pi R_{\text{max}}^2 \cdot a_3$ – площа сфери на виході із циклона, м²; $a_3 = (1 - \cos \theta_0)^2 + \sin^2 \theta_0$ – параметр кута нахилу поверхні розподілу зовнішнього і внутрішнього шару; $\theta_{\text{сп}} = \frac{\theta_0 + \theta_0}{2}$ – кут нахилу положення частинки в середині зовнішнього шару; μ – в'язкість газу, Па·с; $a_2 = 2 (\cos \theta_0 - \cos \theta_0)$ – параметр; $R_{\text{min}}, R_{\text{max}}$ – мінімальний і максимальний радіус сфери на кінцях конуса, м.

$$A_1 = - \frac{L_3 \cdot K_{\varepsilon} \cdot K_1}{\left[\left(R_{\text{max}} + \frac{1}{K_1} \right) \exp(-K_1 R_{\text{max}}) - \left(R_{\text{min}} + \frac{1}{K_1} \right) \exp(-K_1 R_{\text{min}}) \right]}, \quad (2)$$

де K_{ε} – коефіцієнт роздвоєності потоків на зовнішній $L_{10}=L(1-K_{\varepsilon})$ та внутрішній $L_{20}=L \cdot K_{\varepsilon}$; $K_1 = \frac{K}{R_{\text{max}}}$; K – коефіцієнт змішування потоків; $K=0$ – змішування рівномірне; $K>0$ – змішування наростає до низу; $K<0$ – змішування затухає при руху вниз; $A = \frac{A_1}{2\pi \sin \theta_0}$ – параметр потоку.

$$a = \frac{\left[L + \frac{A_1}{K_1} \left(R_{\max} + \frac{1}{K_1} \right) \exp(-K_1 R_{\min}) \right]^2}{\left(R_{\text{cp}} + \frac{1}{K_1} \right) \exp(-K_1 R_{\text{cp}})}, \quad (3)$$

$a = \sqrt{a}$ – параметри.

Значення фракційної ефективності розраховувались для спірально-конічних циклонів типу СДК-ЦН-33 та СК-ЦН-34 діаметром циліндричної частини $D_0=300$ мм. Теоретичні показники порівнювались з експериментальними даними випробувань дослідних зразків. Зразки мали такі параметри [6]:

1. Циклон СДК- ЦП-33:

$r_0 = 150$ мм; $r_4 = 50$ мм; $r_5 = 50$ мм; $a_2 = 160$ мм; $H_x = 900$ мм;
 $L = 510$ м³/год; $r_3 = 70$ мм; $R_{\max} = 1358$ мм; $R_{\min} = 458$ мм.

Розрахунок фракційної ефективності за рівнянням (1) дав такі результати: $\eta_{\text{cp}} = d^2 \cdot 1,037 \cdot 10^{11} - 0,31$.

Було прийнято $K=12$ – встановлено експериментально.

Експериментальні дані, наведені в роботі [6], мають такі значення: $d_1 = 2$ мкм; $\eta = 63\%$; $d_2 = 10$ мкм; $\eta_i = 97,3\%$.

Порівняння рівняння (2) з введеним коефіцієнтом кореляції дає наступне рівняння:

$$h_{\text{cp}} = K_1 \cdot d^2 \cdot 1,037 \cdot 10^{10} - 0,31K_2,$$

і при порівнянні їх значення дає значення коефіцієнтів кореляції: $K_1=0,0342$; $K_2=1,986$.

2. Циклон СК-ЦП-34. Параметри:

$r_0 = 150$ мм; $a_2 = 75$ мм; $b_2 = 65$ мм; $H_{\text{ц}} = 155$ мм; $H_x = 653$ мм; $r_4 = 50$ мм;
 $r_5 = 34$ мм; $r_3 = 85$ мм; $L = 445$ м³/год; $R_{\max} = 832$ мм; $R_{\min} = 188$ мм.

Розрахунки ефективності за рівнянням (2) дали такі результати:

$$\eta_{\text{cp}} = d^2 \cdot 2,53 \cdot 10^{12} - 0,56;$$

із рівняння (2) зведенням коефіцієнтів кореляції приводять до рівняння:

$$\eta_{\text{cp}} = K_1 d^2 \cdot 2,53 \cdot 10^{12} - 0,56 \text{ (кг)}.$$

Експериментальні значення, наведені в роботі [6], мають такі значення:

$$d = 2 \text{ мкм}; \eta_1 = 70\%; d = 10 \text{ м}; \eta = 98\%.$$

Порівняння експериментів з теорією дало наступні значення коефіцієнтів кореляції: $K_1=0,0015$; $K_2=1,23$.

Висновки. Запропоновані теоретичні рівняння розрахунку кінчних циклонних пиловловлювачів, які надають можливість враховувати вплив основних технологічних і геометричних параметрів на фракційну ефективність апаратів. Порівнянням залежностей з експериментальними даними дозволяє одержати об'єктивні показники ефективності.

Список літератури

1. Очистка промышленных газов от пыли [Текст] / В. М. Улов [и др.]. – М. : Химия, 1981. – С. 392.
2. Справочник по пыле- и золоулавливанию [Текст] / М. М. Биргер [и др.]. – М. : Энергоиздат, 1983. – С. 312.
3. Юхиминко, Н. П. Оптимальное проектирование конических циклонных пылеуловителей [Текст] / Н. П. Юхиминко, А. Р. Якуба // Институт механики и машиностроения. – 2003. – № 1. – С. 321.
4. Якуба, А. Р. Структура потоков в конических вихревых аппаратах [Текст] / А. Р. Якуба // Химическое машиностроение. – 1992. – С. 58–68.
5. Якуба, А. Р. Фракционная эффективность конических аппаратов с закрученными потоками [Текст] / А. Р. Якуба // Гидравлические машины. – 1994. – С. 269–280.
6. Пирунов, А. М. Обеспыливание воздуха [Текст] / А. М. Пирунов. – М. : Стройиздат, 1981. – С. 296.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© С.М. Сабадаш, О.Р. Якуба, 2009.

УДК 539.3

М.С. Синькоп, д-р техн. наук, проф.

Л.О. Пархоменко, асист.

РОЗРАХУНОК ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ЦИЛІНДРІВ

Розглянуто задачу теорії пружності про розрахунок власних коливань пружного циліндра скінченної довжини. Її розв'язання здійснюється сумісним застосуванням методу R-функцій і варіаційного, що дозволяє звести вихідну задачу до задачі на власні значення.