

УДК 628.511

**В.Каспрук, канд. техн. наук; В.Куц, канд. техн. наук;
О.Марціяш, канд. техн. наук**

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

МОЖЛИВІ ВАРІАНТИ РОЗРАХУНКУ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ЖАЛЮЗІЙНО-ВИХРОВОГО ПИЛОВЛОВЛЮВАЧА

Шляхом порівняння з результатами експериментального визначення гідравлічного опору жалюзійно – вихрового пиловловлювача оцінюється придатність різних методів теоретичного визначення цього показника. Проведено розрахунок як за методикою, рекомендованою для апаратів із зустрічними закрученими потоками з врахуванням особливостей конструкції апарата, що досліджувався, так і за методиками, розробленими для створених за останні роки інших конструкцій відцентрових апаратів з жалюзійним відводом повітря.

V.Kaspruk, V.Kuts, O.Martsiyash

POSSIBLE VARIANT OF CALCULATION OF THE HYDRAULIC RESISTENCE A JALOUSIE-VORTICAL DEDUSTER

By comparison with the results of experimental determination of hydraulic resistance of jalousie-vortical deduster, the fitness of different methods of theoretical determination of this index is estimated. A calculation is conducted as after the method recommended for vehicles with meeting involute streams taking into account the features of construction of apparatus that was explored, so after methods developed for created in the last few years other constructions of centrifugal vehicles with the jalousie taking of air.

Величина гідравлічного опору пиловловлювачів важлива для визначення енергетичних затрат на процес очистки в них і в значній мірі визначає доцільність застосування їх в конкретних умовах виробництва. Тому оцінка величини гідравлічного опору пилоочисного обладнання вже на стадії проектування поряд з визначенням іншого важливого показника – ефективності пиловловлювання – є обов'язковою передумовою його можливого застосування. Для кожного виду обладнання така оцінка проводиться по-різному. Для циклонів, наприклад, які є найхарактернішими представниками відцентрових пиловловлювачів, гідравлічний опір практично оцінюється коефіцієнтами місцевого опору, що залежать від діаметра циклона і числа Re , які визначаються експериментально [1], хоч, безумовно існують також методики теоретичного визначення цього показника [2, 3].

При створенні нового обладнання для розрахунку його технічних показників до уваги беруться методи, рекомендовані для існуючого, близького за суттю обладнання, і шляхом внесення в них відповідних коректив, що враховують відмінності конструктивних і технологічних параметрів, такий розрахунок проводять.

Для обладнання, в якому поєднані декілька принципів дії, постає проблема вибору методики розрахунку із декількох можливих, рекомендованих для тих типів апаратів, принципи дії яких поєднані. Оптимальним вирішенням цієї проблеми є проведення порівняльної оцінки всіх рекомендованих для цих апаратів методик розрахунку і шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень в тих умовах, параметри яких закладені в розрахункові рівняння, вибрати найпридатнішу.

Саме таке рішення було прийнято при розрахунку технічних показників жалюзійно-вихрового пиловловлювача, в якому поєднані принципи дії апаратів із зустрічними закрученими потоками (вихрових) і жалюзійних апаратів [4].

Процес очистки в таких пиловловлювачах розглядається як процес подвійної очистки: відцентрової - під дією відцентрової сили при обертанні пилоповітряної

суміші і жалюзійної – при русі шарів повітря з частинками пилу безпосередньо біля жалюзійної решітки і проходженні повітря через жалюзійну решітку.

Параметрами, які визначають ефективність пиловловлювання у вихрових пиловловлювачах, є: витрата первинного потоку; витрата вторинного потоку; тиск вторинного потоку газу; гідравлічний опір; швидкість руху газу через апарат; швидкість первинного потоку в завихрювачі.

Серед параметрів, які впливають на показники роботи жалюзійних пиловловлювачів, найважливішими є: швидкість частинки перед решіткою; кут атаки (кут між напрямом руху частинки і площиною пластини, в яку вона вдаряється); швидкість поперечного потоку повітря, яке входить в щілини жалюзійної решітки.

При розрахунку гідравлічного опору жалюзійно-вихрового пиловловлювача за методикою розрахунку апаратів із зустрічними закрученими потоками вихідним рівнянням є рівняння енергетичного балансу потоків, які в них поступають (рис.1). Воно має вигляд:

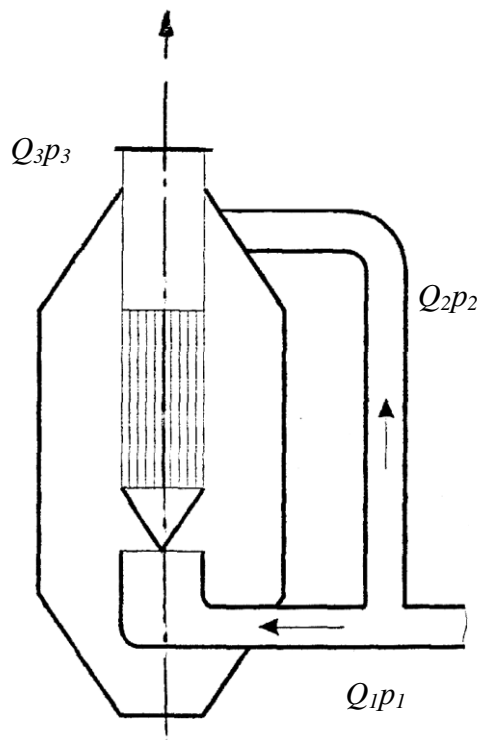


Рисунок 1 - Схема потоків повітря в жалюзійно-вихровому пиловловлювачі.

$$\left[\left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} \right) - \left(\frac{p_3}{\rho g} + \frac{w_3^2}{2g} \right) \right] \rho g Q_1 + \left[\left(\frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \right) - \left(\frac{p_3}{\rho g} + \frac{w_3^2}{2g} \right) \right] \rho g Q_2 = \rho g Q_3 h, \quad (1)$$

де p_i -тиск (Па); w_i - середня швидкість (м/с); Q_i - витрата (м³/с) повітря у відповідному патрубку; ρ – густина повітря (кг/м³)

Вирази в квадратних дужках є втратами напору між входом первинного потоку повітря і виходом його із апарата і між входом вторинного потоку і виходом його із пиловловлювача.

Маючи на увазі, що $\rho g h_1 = \Delta p_1$; $\rho g h_2 = \Delta p_2$; $\rho g h_3 = \Delta p_3$ одержимо

$$\Delta p = \Delta p_1 \frac{Q_1}{Q_3} + \Delta p_2 \frac{Q_2}{Q_3}, \quad (2)$$

де Δp - еквівалентні втрати тиску в апараті, Па.

Величини Δp , Δp_1 , Δp_2 можна представити через коефіцієнти гідравлічного опору апарата ξ і його каналів ξ_1 і ξ_2 залежностями

$$\Delta p = \xi \frac{\rho w^2}{2}; \Delta p_1 = \xi_1 \frac{\rho w_1^2}{2}; \Delta p_2 = \xi_2 \frac{\rho w_2^2}{2}, \quad (3)$$

в яких w , w_1 , w_2 - середні осьові швидкості повітря по перерізу пиловловлювача і його каналів, м/с.

Тоді із рівняння (2) знаходимо:

$$\xi = \xi_1 \frac{w_1^2}{w^2} \frac{Q_1}{Q_3} + \xi_2 \frac{w_2^2}{w^2} \frac{Q_2}{Q_3}. \quad (4)$$

При розрахунку слід врахувати, що запилене повітря в апарат можна подавати першим або другим каналом, або двома каналами одночасно. Тому втрати тиску визначають як віднесені до витрат Q повітря, яке очищається

$$\Delta p = \Delta p_1 \frac{Q_1}{Q} + \Delta p_2 \frac{Q_2}{Q}. \quad (5)$$

Якщо запилене повітря подається тільки першим каналом, то $Q = Q_1$ і

$$\Delta p = \Delta p_1 + K \Delta p_2. \quad (6)$$

При подачі запиленого повітря по другому каналу $Q = Q_2$, тоді

$$\Delta p = \frac{1}{K} (\Delta p_1 + K \Delta p_2). \quad (7)$$

У випадку подачі запиленого повітря по двох каналах $Q = Q_1 + Q_2$ і

$$\Delta p = \frac{1}{1 + K} (\Delta p_1 + K \Delta p_2), \quad (8)$$

де $K = \frac{Q_2}{Q_1}$ - кратність витрати.

Порівняння рівнянь (6)-(8) показує, що енергетично оптимальним є режим роботи апарата з подачею запиленого повітря в обидва канали.

Рівняння (4) можна представити в іншому вигляді

$$\xi = \xi_1 \frac{f^2}{f_1^2} (1 - \varepsilon)^3 + \xi_2 \frac{f^2}{f_2^2} \varepsilon^3, \quad (9)$$

де $\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{K}{K + 1}$ - коефіцієнт витрати; f , f_1 , f_2 - площі перерізів апарата в плані і вхідних патрубків, м².

Аналіз рівняння (9) показує, що при деякому коефіцієнті витрати

$$\varepsilon^* = \left(1 + \frac{f_1}{f_2} \sqrt{\frac{\xi_2}{\xi_1}} \right)^{-1}, \quad (10)$$

коефіцієнт гідравлічного опору апарата мінімальний. Це положення має важливе значення при визначенні режиму роботи апарата. Результати теоретичних розрахунків втрат тиску в апаратах, які досліджувались, показали що розходження з експериментальними даними не перевищує 10%. Так, наприклад, при фіктивній

швидкості руху повітряного потоку $w=3.7$ м/с теоретично розраховані втрати тиску в апараті діаметром 140 мм із жалюзійною решіткою, коефіцієнт живого перерізу якої $k_p=0,4$, становить $\Delta p=1115$ Па, в апараті діаметром 160 мм з такою ж решіткою $\Delta p=1050$ Па. Експериментально визначені втрати тиску для цих апаратів відповідно становлять 1180 Па і 1000 Па, а отже, така методика цілком придатна для розрахунку втрат тиску в апаратах такої конструкції.

Втрати тиску у відцентрово-інерційних пиловловлювачах з жалюзійним відводом повітря можуть бути визначені за формулою

$$\Delta p = \xi \frac{\rho w_{пл}^2}{2}, \quad (11)$$

де $w_{пл}$ – швидкість газу у поперечному перерізі (плані) апарата, м/с.

Значення ξ для цих пиловловлювачів в залежності від величини коефіцієнта живого перерізу використаних жалюзійних решіток приведені в [5]; поправочні коефіцієнти на діаметр, запиленість газів, компоновку пиловловлювачів інших розмірів і інших умов роботи приймаються такими, як при розрахунку циклонів.

Оскільки в жалюзійно-вихрових пиловловлювачах, що досліджувались, використовувались такі ж жалюзійні решітки, був проведений розрахунок гідравлічного опору їх за формулою (11). При $\xi=188$ (коефіцієнт живого перерізу решітки $k_p=0,4$) і швидкості в поперечному перерізі апарата $w_{пл}=3,7$ м/с значення гідравлічного опору $\Delta p=1550$ Па.

Розходження з експериментально визначеним ($\Delta p=1180$ Па) доволі значне. Отже, використання цього варіанту визначення гідравлічного опору жалюзійно-вихрових пиловловлювачів без внесення певних коректив недоцільне.

Для двох конструкцій відцентрово-інерційних пиловловлювачів з жалюзійним відводом повітря - батарейного циклона з жалюзійними елементами і циклона з ступеневим відведенням пилу – успішним виявилось застосування деяких методик розрахунку гідравлічного опору протитечійних циклонів [6, 7]. Тому цілком логічним виглядає рішення перевірити придатність цих методик для розрахунку гідравлічного опору жалюзійно-вихрових апаратів.

Результати проведених розрахунків і експериментальні дані приведені в табл.1.

Таблиця 1 - Результати розрахунків гідравлічного опору та експериментальних досліджень

Продуктивність Q , м ³ /с	0,025	0,036	0,047	0,058	0,07
Швидкість в плані $w_{пл}$, м/с	1,47	2,11	2,76	3,41	4,11
Вхідна швидкість u_i , м/с	4,0	5,7	6,9	9,0	11,4
Вихідна швидкість u_e , м/с	1,8	2,7	3,2	4,2	5,1
Гідравлічний опір Δp , Па (за методикою [8])	183,7	368,5	757,2	949,4	1092,3
Гідравлічний опір Δp , Па (за методикою [9])	197,4	380,6	782,4	975,2	1175,4
Експериментальні значення Δp , Па	252,2	430,7	820,4	1090,3	1250,8

Слід зауважити, що розрахунок проводився лише за тими методиками, які використовувались для вказаних апаратів з жалюзійним відводом повітря – батарейного циклона і циклона з ступеневим відведенням пилу.

Суть методики, викладеної в [8], ґрунтується на двох факторах: втраті тиску на вході в апарат і втраті тиску внаслідок тертя об стінки, а також втраті тиску в центральній області і на вході у вихідну трубу.

Метод розрахунку, викладений в [9], полягає у визначенні втрат тиску в різних точках через швидкісний напір: на вході, на виході, всередині апарата.

В обох методах обов'язковим є врахування розмірів пиловловлювачів: діаметра, висоти, глибини вихлопної труби, площі поверхні, яка контактує з газами, площі

поперечного перерізу вхідної труби. Безумовно, що при розрахунках опору жалюзійно-вихрових апаратів враховувались його конструктивні особливості: наявність жалюзійної решітки, подача повітря двома потоками і ін.

Що стосується експериментальних даних, з якими порівнюються результати теоретичних розрахунків, то їх достовірність не викликає сумнівів. Пиловловлювач досліджувався у строгій відповідності з вимогами єдиної методики порівняльних випробувань пиловловлювачів [10], яка передбачає проведення випробувань у два етапи. Спочатку на незапиленому повітрі визначається гідравлічний опір і досліджується вплив на його величину режимних і конструктивних параметрів, а потім визначається ефективність вловлювання стандартного експериментального пилу, рекомендованого тією ж методикою, і досліджується вплив на її величину тих же параметрів. Досліджувались три пиловловлювачі різних розмірів. Конструкція апаратів була максимально розбірною, що дозволяло легко змінювати ті чи інші елементи, вплив яких досліджувався. Результати досліджень представлені у вигляді загальноприйнятих для такого класу обладнання графіків відповідних залежностей і таблиць, що давало можливість порівняти їх з показниками інших пиловловлюючих апаратів.

Висновки

Проведені розрахунки показали, що для оцінки величини гідравлічного опору жалюзійно-вихрових апаратів можуть бути застосовані вказані методики розрахунку, рекомендовані як для апаратів із зустрічними закрученими потоками, так і протитечійних циклонів з внесенням відповідних коректив на особливості принципу дії і конструкції. Вони можуть бути складовою частиною загальної методики розрахунку цих пиловловлювачів.

Література

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям.-М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960.-464 с.
2. Ужов В.Д., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли.- М.:Химия,1982.-392 с.
3. Страус В. Промышленная очистка газов. Пер. с англ. - М.: Химия ,1981.-616 с.
4. Пат. 23900 А Україна, МПК 6В04 С3/06. Жалюзійно-вихровий пиловловлювач / Куц В.П., Каспрук В.Б., Плескун М.І. Заявл.24.06.96; Опубл.. 30.03.98. Промислова власність №4.-2 с.
5. Куц В.П. Повышение эффективности пылеулавливания в центробежно-инерционных пылеотделителях с жалюзийным отводом воздуха. - Дис...канд. техн. наук: 05.17.08.-Львов, 1986.-221 с.
6. Куц В., Ярош Я., Марціяш О. Порівняльна оцінка методів розрахунку гідравлічного опору батарейного циклона з жалюзійними елементами. – Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2003, Том 8, №1. – С.82-88.
7. В.П. Куц, О.М. Марціяш. Методи розрахунку гідравлічного опору циклона з ступеневим відведенням пилу.-Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. - Львів: УкрДЛТУ.-2004, вип.14.7.-С.91-99.
8. Barth W.-Brennst.-Warme-Kraft, 8.1 (1956).
9. Stairmand C.J.-Engineering, 168,409 (1949).
10. Кузов П.А. Иофинов Г.А. Единая методика сравнительных испытаний пылеуловителей для очистки вентиляционного воздуха. – Л.: ВНИИОТ,1967. –103 с.

Одержано 12.04.2007 р.