

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 674:621.928.93

Проф. І.М. Озарків, д-р техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів;

директор Р.М. Дадак – Технологічний коледж НЛТУ України, м. Львів

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПИЛОВЛОВЛЮВАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ПРОЦЕСАХ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ

Охарактеризовано існуючі системи пиловловлення. Зазначено фактори, що впливають на вибір методу очищення. Наведено результати теоретичних досліджень щодо оцінювання ефективності відокремлення твердих частинок, ступеня очищення, а також формули для визначення граничної швидкості та опору циклонів.

Ключові слова: циклон, пиловловлювач, пилогазовий потік, ступінь очищення.

Вступ. Пиловловлювання – операції вловлювання пилу в місцях його виділення та накопичення за допомогою місцевих відсмоктувачів витяжної аспіраційної системи. Залежно від сфери застосування системи, пиловловлювання бувають технологічні (призначені для очищення повітря від пилу і газів у технологічних процесах деревообробних виробництв) та санітарні (захист повітряного басейну від забруднення пилом, шкідливими хімічними речовинами, біологічно активними сполуками тощо) [1, 2]. На сьогодні питання щодо вирішення промислових проблем, пов'язаних із знепиленням, залишається відкритим.

Проблема створення нових високоефективних пилоочисних апаратів визначається складністю процесу сепарації. Вибір методу очищення залежить від таких факторів: кількості відходів та їх фізико-механічних властивостей, концентрації шкідливих речовин, необхідного ступеня очищення тощо. Існуючі пристрої для очищення повітря від деревного пилу не здатні з достатньою ефективністю вловлювати його дрібнодисперсні фракції та забезпечувати невисокі енергозатратні показники з одночасним забезпеченням низької металоємності конструкції пристрою. Механічні методи пиловловлення потребують використання спеціальних пристроїв гравітаційного, відцентрового та інерційного типів (пилоосаджувальних камер, циклонів, фільтрувальних камер тощо).

Загалом послідовність вибору того чи іншого пилоочисного пристрою зводиться передусім до встановлення характеристик промислових викидів (температури, вологості, виду домішок, концентрації, дисперсності), визначення типу очисного пристрою залежно від витрат газу та необхідного ступеня очищення, розрахунку робочої сили газів, техніко-економічного аналізу можливих варіантів очищення, розрахунку конструктивних параметрів і розроблення методик проектування очисного пристрою.

До механічних пиловловлювачів відносять гравітаційні пристрої (осаджувальні камери), інерційні пиловловлювачі (пилові мішки), відцентрові пристрої (циклони), фільтрувальні пиловловлювачі. При чому гравітаційні та інерційні пристрої як самостійні пиловловлювальні апарати використовують рідко, переважно принципи їх дії використовуються під час проектування окремих ла-

нок аспіраційних систем [3]. Тому для проектних цілей необхідно навести методики розрахунку таких пристроїв.

Теоретичні дослідження. В окремих випадках [3] на деревообробних підприємствах застосовують пилоосаджувальні камери (рис.), в яких відбувається процес очищення пилоповітряної суміші від великодисперсних (>50 мкм) пилових частинок під дією сил гравітації. Запропонована система дає змогу комбінувати гравітаційний та відцентрово-інерційний принципи вловлення. Габаритні розміри пилоосаджувальних камер визначають із співвідношення

$$L \cdot v_{ch} = H \cdot v_{gaz}, \quad (1)$$

де: v_{ch} , v_{gaz} – відповідно швидкість руху дрібнодисперсних частинок і газу в камері, м/с; L , H – довжина і висота пилоосаджувальної камери, м. Ефективність осадження значною мірою визначається часом перебування частинок у камері, що викликає необхідність збільшення розмірів камери. У несприятливих умовах знаходяться частинки під стелею камери внаслідок чого частинкам потрібно пройти найбільший шлях, який дорівнює висоті камери H (рис.).

При приблизному розрахунку осаджувальних камер допускають, що частинки рухаються вздовж камери із швидкістю $\omega_{п}$, яка дорівнює швидкості газового потоку, і одночасно опускаються вниз із швидкістю, рівною швидкості кружіння $\omega_{в}$. Для осадження частинка повинна досягнути дна раніше, ніж газовий потік винесе її із камери. Тому час осадження частинки $\tau_{ос}$ ($\tau_{ос}=H/\omega_{в}$) не повинен перевищувати час перебування її в камері τ_1 ($\tau_1=L/\omega_{г}$), тобто

$$H/\omega_{в} \leq L/\omega_{г}. \quad (2)$$

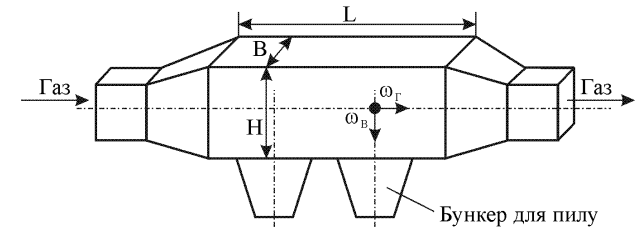


Рис. Схема пилоосаджувальної камери

Виражаючи швидкість газу через витрату $V_{г}$, розділивши на площу поперечного перерізу камери ($H \cdot B$), отримаємо

$$\frac{H}{\omega_{в}} = \frac{L \cdot H \cdot B}{V_{г}}. \quad (3)$$

Таким чином,

$$V_{г} = L \cdot B \cdot \omega_{в} = L \cdot B \cdot \frac{d^2 \cdot \rho_{ч} \cdot g}{18 \cdot \mu}. \quad (4)$$

Із цієї формули визначають граничну кількість газу, яку можна пропустити через камеру за умови осадження частинок діаметром d . Із цієї формули можна визначити діаметр частинок, які будуть осідати при відомій витраті газу $V_{г}$, тобто

$$d = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu \cdot V_{\Gamma}}{L \cdot B \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot g}}, \text{ м.} \quad (5)$$

В інерційних пиловловлювачах сепарація дрібних частинок забезпечується дією гравітаційних та інерційних сил, що діють на пилову частинку, яка рухається в аерозольному потоці. Ефект дії сил інерції частинок пилу реалізується за рахунок різких змін напрямку руху пилогазового потоку, коли тверді частинки вдараються об поверхню вловлюючого апарату та осаджуються в бункері [2].

У відцентрових пиловловлювачах сепарація пилу відбувається під дією відцентрових сил, що діють на пилову частинку, які виникають під час поступово обертального руху пилогазового потоку. Частинки пилу, які досягнули стінок корпусу циклону, під дією обертального потоку, що переміщається в осьовому напрямку, і сил земного тяжіння рухаються в напрямку до вихідного патрубку корпусу і виводяться із циклону. З огляду на те, що вирішальним фактором, який обумовлює рух пилу, є аеродинамічні сили, а не сили тяжіння, циклон можна розміщати похило і навіть горизонтально.

У процесі руху в обертальному (поворотному) криволінійному потоці газу частинки пилу знаходяться під дією сили тяжіння, відцентрової сили і сили опору. Сила земного тяжіння для частинки є порівняно малою. Швидкість частинок пилу в циклоні можна вважати, з незначною похибкою, рівною швидкості обертання газового потоку. Ефективність відокремлення твердих частинок у циклонах розраховуємо за формулою

$$P_{\text{ч}} = \left(\frac{A \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot d^3 \cdot v_{\text{т}}^2 \cdot r^{2n}}{R^{2n+1}} \right) \cdot H, \quad (6)$$

де: A – постійний безрозмірний коефіцієнт; $\rho_{\text{ч}}$ – густина частинок, кг/м^3 ; $d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр частинок, м; r – радіус частинок, м; $v_{\text{т}}$ – тангентальна складова швидкості руху частинок, м/с; R – радіус циклона, м; n – постійна, що залежить від радіуса циклона та робочої температури; H – висота циклона, м.

Ступінь очищення повітря від шкідливих речовин визначається

$$K_{\text{оч}} = \frac{M_{\text{вловл.}}}{M_{\text{заг.}}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

де: $M_{\text{вловл.}}$ – маса пилу, що вловлюється пилоочищувачем, кг; $M_{\text{заг.}}$ – загальна маса пилу, кг. Величина відцентрової сили $P_{\text{ц}}$, що діє на частинку пилу масою M , буде рівна

$$P_{\text{ц}} = \frac{M \cdot \omega_{\Gamma}^2}{R} = \frac{\pi \cdot d_{\text{п}}^3}{6} \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot \frac{\omega_{\Gamma}^2}{R}, \quad (8)$$

де R – радіус кривизни траєкторії в розглядуваній точці.

Під дією відцентрової сили частинка набуває швидкості у радіальному напрямку, зазначаючи при своєму русі опору газового шару. Рух частинки пилу в радіальному напрямку наближено можна розглядати як проходження через сукупність рівноважних станів, у кожному з яких змінювана по величині від-

центрова сила врівноважується відповідно змінювальною силою опору. На основі закону Стокса можна записати

$$\frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot \frac{\omega_{\Gamma}^2}{R} = 3 \cdot \pi \cdot d \cdot \mu \cdot \omega_{\text{пр}}. \quad (9)$$

Таким чином, гранична швидкість, яку може досягнути частинка пилу в радіальному напрямку, буде рівною

$$\omega_{\text{пр}} = \frac{d^3 \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot \omega_{\Gamma}^2}{18 \cdot \mu \cdot R}. \quad (10)$$

Після розділення змінних та інтегрування в межах від R_1 до R_2 і від 0 до τ отримаємо

$$(R_2^2 - R_1^2) = \frac{d^2 \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot \omega_{\Gamma}^2}{9 \cdot \mu}. \quad (11)$$

З останньої формули час проходження частинкою шляху $(R_2 - R_1)$ буде становити

$$\tau = \frac{9 \cdot \mu \cdot (R_2^2 - R_1^2)}{d^2 \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot \omega_{\Gamma}^2}. \quad (12)$$

Тоді діаметр частинки, яка за час τ пройшла шлях $(R_2 - R_1)$, буде становити

$$d = 3 \sqrt{\frac{(R_2^2 - R_1^2) / \mu}{\omega_{\Gamma} \cdot \sqrt{\rho_{\text{ч}} \cdot \tau}}}, \text{ м.} \quad (13)$$

Ефективність роботи циклону зростає із збільшенням швидкості газу (ω_{Γ}), розміру частинки (d) і густини частинки пилу ($\rho_{\text{ч}}$) і зменшується із збільшенням в'язкості газу μ і розмірів циклону.

Гідравлічний опір циклону Δp визначається за формулою [2]

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho_{\text{г}} \cdot \omega_{\text{г}}^2}{2}, \quad (14)$$

де: ξ – коефіцієнт опору циклону; $\rho_{\text{г}}$ – густина газу в робочих умовах, кг/м^3 ; $\omega_{\text{г}}$ – умовна швидкість газу, віднесена до повного перерізу циклону в плані, м/с. Коефіцієнт опору циклону залежить від діаметра циклону, концентрації пилу, компонування циклонів у групі, організації виходу газу із випускної труби і визначається

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500} + K_3, \quad (15)$$

де: ξ_{500} – коефіцієнт опору циклону діаметром 500 мм; K_1 – коефіцієнт, що враховує вплив діаметра циклону; K_2 – коефіцієнт, що враховує вплив запиленості газу; K_3 – коефіцієнт, що враховує вплив групового компонування ($K_3=35$ – при двохрядному компонуванні, $K_3=60$ – при круговому компонуванні). Значення ξ_{500} та ξ_{500}' для різних типів циклонів, а також K_1 і K_2 наведено в [2].

Густина газів у робочих умовах [2]

$$\rho_{\Gamma} = \rho_0 \cdot 273 \cdot \frac{p_{\text{бар}} \pm p_z}{(273 + t_z) \cdot 101,3 \cdot 10^3}, \text{ кг/м}^3, \quad (16)$$

де: ρ_0 – густина газів при $t_0=0$ °C і $p_0=101,3 \cdot 10^3$ Па; t_z – температура газів на вході в циклон, °C; $p_{\text{бар}}$ – барометричний тиск, Па; p_z – надлишковий тиск (розрідження) газу при вході в циклон, Па.

Якщо густину сухих газів подано за нормальних умов ρ_0 , с, то густина вологих газів за тих самих умов рівна

$$\rho_0 = \frac{0,804 \cdot (\rho_{0,c} + x)}{0,804 + x}, \text{ кг/м}^3, \quad (17)$$

де x – вологовміст газу, кг/м³.

Швидкість газу в циклоні дорівнює витратам газу в робочих умовах V , які віднесені до повного поперечного перерізу, тобто

$$\omega_{\text{ч}} = \frac{V}{F_{\text{ч}}} = \frac{V_0 \cdot (273 + t_z) \cdot 1,01 \cdot 10^5}{F_{\text{ч}} \cdot 273 \cdot (p_{\text{бар}} \pm p_z)}, \text{ м/с}. \quad (18)$$

Досліди показали, що оптимальне значення швидкості $\omega_{\text{омт}}$ для ЦН-24 – $\omega_{\text{омт}}=4,5$ м/с, ЦН-15, ЦН-11 – $\omega_{\text{омт}}=3,5$ м/с, СКД-ЦН-33, СК-ЦН-22 – $\omega_{\text{омт}}=2,0$ м/с, СК-ЦН-34 – $\omega_{\text{омт}}=1,7$ м/с. Відхилення швидкостей не повинно перевищувати ± 15 %.

Література

1. Озарків І.М. Основи техноекології : навч. посібн. / І.М. Озарків, Й.С. Мисак, М.Д. Кірик, І.А. Соколовський, В.С. Джигирей, І.І. М'якуш. – Львів : НВФ "Українські технології", 2009. – 336 с.
2. Озарків І.М. Основи техноекології: теорія та практика теплових процесів виробництв лісового комплексу : монографія / І.М. Озарків, І.А. Соколовський, Р.М. Дадак, Г.В. Сомар, Ю.Р. Дадак, В.С. Козар, О.І. Дерех, М.С. Кобринович. – Львів : ЗУКЦ, 2013. – 112 с.
3. Ляшеник А.В. Нова конструкція аспіраційної системи для деревообробних підприємств / А.В. Ляшеник Ю.Р. Дадак // Промислова гідраліка і пневматика : XIII Міжнар. наук.-техн. конф. АС ППІ, м. Чернігів, 19-20 вересня 2012 р. : матер. конф. – Вінниця : Вид-во ГЛЮБУС-ПРЕС, 2012. – С. 115.

Озаркив И.М., Дадак Р.М. Особенности расчета пылеулавливающих аппаратов в процессах механической обработки древесины

Охарактеризованы существующие системы пылеулавливания. Указаны факторы, влияющие на выбор метода очистки. Приведены результаты теоретических исследований по оценке эффективности отделения твердых частиц, степени очистки, а также формулы для определения предельной скорости и сопротивления циклонов.

Ключевые слова: Циклон, пылеуловитель, пылегазовый поток, степень очистки.

Ozarkiv I.M., Dadak R.M. Features of the calculation of dust collecting devices in the processes of mechanical wood processing

Describes the characteristics of the existing dust collection system. Indicates to the factors that influence to the choice of cleaning method. Describes the results of theoretical researches to evaluate the effectiveness of the separation of solids, purity, and formulas to determine the speed limit and resistance to cyclones.

Keywords: the separation of solids, cyclone, collection system.

УДК 004.942

Проф. В.М. Теслюк¹, д-р техн. наук;
студ. Х.В. Береговська²; викл. В.В. Береговський³

МОДЕЛЬ РОБОТИ ПІДСИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОХОРОНИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БУДИНКУ

Розроблено модель роботи підсистем освітлення та охорони інтелектуального будинку на основі ієрархічних мереж Петрі та наведено результати дослідження цієї моделі. Вона дасть змогу підвищити ефективність автоматизованого проектування інтелектуальних будинків.

Ключові слова: модель, підсистема освітлення, підсистема охорони, ієрархічні мережі Петрі

Вступ. У наш час, купивши дорогий будинок чи квартиру і вклавши чималі кошти в облаштування своєї домівки, люди хочуть отримати максимально безпечне та комфортне місце для проживання, яке могло б гарантувати повноцінний відпочинок та хороший настрій. Часто володіння таким помешканням разом з солідною прибудинковою територією завдає власнику чималих турбот. Ефективним вирішенням таких проблем є використання технології інтелектуального будинку [1].

Уявіть собі, що ваш будинок відчуває, коли ви приїжджаєте додому і вмикає чи вимикає світло в кімнаті в міру вашого переходу з передпокою на кухню. Або як щодо термостата у вітальні, який збільшує температуру повітря в спальні, тому що відчуває, що в кімнаті стало холодніше, ніж потрібно. Ще недавно такі сцени можна було побачити тільки у фантастичному фільмі, але тепер ці технології насправді існують і вони лише розвиваються [1].

Інтелектуальний будинок – система керування будівлею – комплекс програмних та апаратних засобів, що організують взаємодію між окремими інженерними схемами, об'єднаними в єдину інформаційно-керувальну структуру на базі локальних та глобальних мереж [2]. Кодовані сигнали надходять через мережу будинку до вимикачів і розеток, які запрограмовані на роботу приладів та електронних пристроїв в будь-якій частині будинку. Домашня автоматизація може бути особливо корисною для літніх людей та інвалідів, які хочуть жити незалежно [2].

За даними закордонних компаній-інтеграторів, інтелектуалізація будинку коштує близько 5-7 % від вартості всіх його інженерних систем, тоді як інтелектуальна система управління може допомогти вам заощадити 15-20 % від загального числа енергетичних ресурсів, споживаних будівлею за рік. Отже, витрати на автоматизацію будинку компенсуються вже на п'ятий рік його експлуатації [3]. Однією з найважливіших переваг інтелектуальної будівлі, є система безпеки з камерами, давачами руху і підключенням до місцевого відділення міліції чи приватного охоронного підприємства. Інтелектуальний будинок може використовувати картки-ключі чи ідентифікацію за відбитками пальців [4] замість звичайних замків, унеможливаючи несанкціоноване проникнення [5].

¹ НУ "Львівська політехніка";

² НТУУ "Київський політехнічний інститут";

³ Івано-Франківський НТУ нафти і газу, коледж електронних приладів