

В.А. Батлук, д-р техн. наук, Р.М. Василів, Р.Є. Стець
 Національний Університет “Львівська політехніка”
 Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
 м. Львів, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛОВЛЕННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ФРАКЦІЙ ПИЛУ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ ВІД ПИЛУ ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Представлена математическая модель процесса очистки пылегазового потока в центробежно-инерционных пылеуловителях и результаты ее реализации, которые подтверждены в сложных процессах пылеочистки, применяемых в технологиях деревообработки. Описаны новые тенденции в данном направлении, которые основаны на использовании центробежно-инерционных сил с целью повышения эффективности этого процесса.

In the article it is considered mathematical model of process of cleaning of dust-laden stream in centrifugal — inertia vehicles and results are resulted designs confirmed at conducted complex processes of dust collection in work of woodworking.. The article describes new trends in the development of dust catching apparatuses based on the use of centrifugal-inertial forces, permitting to improve significantly the effectiveness of dust catching.

Постановка проблеми

При зниженні об'ємів випуску продукції на цілій низці промислових підприємств України загальний обсяг пилових забруднень не тільки не зменшується, а навпаки зростає. Великий внесок у цей процес вносить деревообробна галузь, де у багатьох технологічних процесах беруть участь матеріали, що перебувають у дисперсному стані. Це й вихідна сировина, і напівпродукти, що утворюються, або кінцеві продукти. Всередині апаратів й у повітрі виробничих приміщень дисперсні матеріали утворюють аерозолі — системи, що складаються із твердих частинок, розподілених у газовому середовищі, вони горючі і становлять потенційну небезпеку.

Характерна ознака аерозолів — їх нестійкість: під дією сили ваги частинки осаджуються на різних поверхнях, а під дією повітряних потоків ці пилові відкладення можуть знову переходити у зважений стан. Небезпекою є як пилові хмари, так і відкладення пилу на будівельних конструкціях і технологічному устаткуванні. Для запобігання небезпеки важливо не допускати його нагромадження, тому що пил, який осів на предметах (аерогель), за певних умов миттєво переходить у зважений стан, тому найважливішою проблемою, яку необхідно вирішувати у деревообробній промисловості, є зниження викидів пилу від обладнання до нормованих меж.

Статистика свідчить, що кількість викидів промислових видів пилу продовжує залишатися значною. Це пояснюється недоліками проведення самого процесу і недостатньою вивченістю факторів, які визначають умови очищення повітря від пилу.

З вищенаведеного очевидно, що невирішеною є задача високоєфективного вловлення дрібнодисперсних фракцій пилу з метою створення комфортних умов, забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці, не допускання виробничих захворювань, а основне — виключення причин

виникнення небезпечних ситуацій на деревообробних виробництвах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останнім часом в Україні й в усьому світі спостерігається тенденція зростання споживання та переробки деревних матеріалів. Проте, поряд з головною позитивною якістю деревини — наявністю власних запасів на Україні, маємо й головний їх недолік — високу небезпеку в процесі переробки. Деревообробна галузь за забрудненістю атмосфери входить до першої десятки серед усіх галузей промисловості. Концентрація пилу в повітрі, яке викидається до атмосфери деревообробними підприємствами, згідно з чинними нормативними документами, не повинна перевищувати $60-120 \text{ мг/м}^3$, що накладає додаткові вимоги до повітроочищувального обладнання.

Пилодисперсна система складається з твердих частинок розміром, меншим за $85 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, що знаходяться у зваженому або осівшому стані у газовому середовищі.

Для безпечної роботи обладнання при використанні широкого спектра деревних матеріалів необхідно вивчити механізм впливу різних чинників обробки на можливість утворення пилу в процесі виробництва і розробити методи для запобігання цьому.

Існуючі на даний час апарати для очищення повітря від деревного пилу нездатні з достатньою ефективністю вловлювати його дрібнодисперсні фракції та одночасно забезпечувати невисокі енергетичні показники, що зумовлено недосконалістю їх конструкції та складністю сепараційних процесів. Тому нагальною є необхідність створення апаратів, які здатні високоєфективно вловлювати дрібнодисперсні фракції деревного пилу і знижувати при цьому енерго- та металоємність установки.

Викладене вище обумовлює актуальність обраної теми, спрямованої на вирішення важливої науково-прак-

тичної та прикладної задачі — підвищення ефективності вловлення дрібнодисперсних фракцій пилу в системах очистки повітря від пилу деревообробних підприємств, вирішення якої дозволяє на основі теоретичного обґрунтування та дослідження процесів пилоочищення в умовах деревообробного виробництва створити конструкції апаратів, які відповідали б цим вимогам.

Виклад основного матеріалу

На основі аналізу відомих конструкцій пиловловлювачів та практичного досвіду експлуатації циклонів виявлено чинники, які впливають на процес уловлення пилу в циклонах: фізико-хімічні та морфометричні параметри пилу, розміри апарата, конструктивне вирішення апарата та окремих його вузлів, а також режими очищення потоку повітря у циклоні. На основі визначення позитивних та негативних факторів, які мають вплив на роботу апаратів сухого знепилення, шляхом удосконалення конструкції існуючих апаратів обрано поєднання двох ступенів очищення — відцентрового та інерційного в одному корпусі, що дозволить підвищити ефективність уловлення, зменшуючи енерговитрати та металоємність конструкції.

Поставлено задачу про рух двофазного потоку в пиловловлювачі нової конструкції і здійснено її числову реалізацію. Доведено, що процес пилочищення відноситься до класу задач аеродинамічної класифікації, фізичними основами якої є принципи розділення потоків, які здійснюються в газодисперсному потоці, а застосовуються при методах механічного розділення зваженого матеріалу в пиловловлюючих камерах, циклонах, гідроциклонах та центрифугах. Для здійснення технічного розподілу потоків з більшою точністю, коли кожна частинка знаходиться дуже короткий час у зоні розподілу, в цій зоні повинні переважати однакові умови розподілу, тобто параметри, що діють на межі розподілу, повинні бути незмінними.

У практиці математичного моделювання процесів аеродинамічної класифікації найбільш широке розповсюдження отримали так звані детерміновані та стохастичні моделі. Для забезпечення адекватності математичних моделей, які описують роботу обладнання, класифікації матеріалів, необхідно враховувати вплив вихрових структур у потоках транспортуючого середовища.

При дослідженні двофазного потоку в розробленій конструкції пиловловлювача для розрахунку було прийнято наступні припущення: частинки пилу є твердими і не взаємодіють між собою; на вході до апарата потік має рівномірне поле швидкості; опір руху частинок у газовому середовищі описується законом Стокса; тангенціальна і осьова складові швидкості частинки співпадають з тангенціальною і осьовою складовими швидкості обертання газового потоку, відповідно, радіальні швидкості внаслідок дії сил інерції є різними.

Для того, щоб розв'язок задачі про рух повітряних потоків був єдиним, було задано початкові і граничні умови, які визначалися формою і конструктивними особливостями пиловловлювача та умовами його роботи. Початковими умовами для даного апарата є характеристики повітряного середовища і характеристики пилу: за нормаль-

них умов атмосферний тиск складає $p_0 = 101325 \text{ Па}$, температура повітря $T_0 = 293 \text{ К}$; густина повітря $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$; густина частинок пилу $\rho_s = 2000\text{--}4000 \text{ кг/м}^3$; середній (медіанний), максимальний і мінімальний діаметр частинок пилу, відповідно, $d_{50} = (5\text{--}30) \cdot 10^{-6} \text{ м}$; (d_{50} — медіанний діаметр пилу); $d_{\max} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}$; $d_{\min} = 10^{-5} \text{ м}$.

Граничні умови накладаються на розв'язок задачі про рух потоку і повинні виконуватися в кожний момент часу цього руху. Крім того, граничні умови визначаються характером руху повітря на граничній поверхні та залежать від форми пиловловлювача, особливостей його функціонування, а також від густини газу; швидкості на нерухомій твердій границі дорівнюють нулю; швидкість пилоповітряного потоку на вході в пиловловлювач є стабільною і дорівнює 18 м/с .

Якщо прийняти припущення, що динамічний коефіцієнт в'язкості $\mu = \text{const}$, рівняння Нав'є–Стокса можна записати у вигляді

$$\left. \begin{aligned} \frac{dW_x}{dt} &= X - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \Delta W_x + \frac{\nu}{3} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \text{div} \vec{W}; \\ \frac{dW_y}{dt} &= Y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \Delta W_y + \frac{\nu}{3} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \text{div} \vec{W}; \\ \frac{dW_z}{dt} &= Z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \Delta W_z + \frac{\nu}{3} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \text{div} \vec{W}. \end{aligned} \right\} (1)$$

де \vec{W} — вектор швидкості точки суцільного середовища з координатами x, y, z в момент часу t (змінні Ейлера); W_x, W_y, W_z — проекції вектора швидкості на осі нерухомої декартової системи координат.

Після певних перетворень рівняння руху перепишемо у наступному вигляді

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vec{W}}{\partial t} + \text{grad} \frac{W^2}{2} + \text{rot} \vec{W} \cdot \vec{W} &= \\ &= -\frac{1}{\rho} \text{grad} p + \nu \Delta \vec{W} + \frac{\nu}{3} \text{grad} \text{div} \vec{W}, \end{aligned} \quad (2)$$

де \vec{W} — вектор швидкості; ρ — густина середовища у точці з координатами x, y, z в момент часу t , кг/м^3 ; p — тиск, Па .

Теплоперенос в моделі враховуємо за допомогою рівняння для ентальпії:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla (Wh) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \mu_t \right) \nabla h \right). \quad (3)$$

Для математичного опису турбулентного масопереносу використовуємо k - ϵ модель турбулентності, яка ґрунтується на рівняннях балансу для кінетичної енергії турбулентності k і рівнянні швидкості дисипації турбулентної енергії ϵ .

Турбулентна в'язкість виражається через величини наступним чином:

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (4)$$

де k — турбулентна енергія; ε — швидкість дисипації турбулентної енергії; ρ — густина повітря.

Величина k визначаються з наступних рівнянь :

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \nabla(Wk) = \frac{1}{\rho} \nabla((\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}) \nabla k) + \frac{G}{\rho} - \varepsilon; \quad (5)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \nabla(W\varepsilon) = \frac{1}{\rho} \nabla((\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}) \nabla \varepsilon) + \frac{\varepsilon}{k} (C_1 \frac{G}{\rho} - C_2 \varepsilon), \quad (6)$$

де

$$G = \mu_t \frac{\partial V_i}{\partial x_j} (\frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i}). \quad (7)$$

Для даного випадку значення параметрів k - ε моделі приймаємо: $\sigma_k=1,0$; $\sigma_\varepsilon=1,3$; $C_\mu=0,09$; $C_1=1,44$; $C_2=1,92$.

Для проведення числового аналізу та візуалізації результатів обчислень застосовували студентську версію пакету Cosmos Floworks. Тривимірні моделі створювалися у студентській версії пакету Solidworks.

На частинки пилу при їх русі в закрученому потоці з урахуванням раніше зроблених припущень впливають наступні сили. Сила тяжіння

$$\overline{F}_T = m_c \cdot \overline{g} = \frac{\pi d_c^3}{6} \cdot (\rho_c - \rho_s) \cdot \overline{g}, \quad (8)$$

де m_c — маса частинки, кг; g — прискорення сили тяжіння, м/с²; d_c — діаметр частинки, м; ρ_c — густина частинок пилу, кг/м³; ρ_s — густина повітря, кг/м³.

Відцентрова сила:

$$F_c = m_c \cdot \frac{W_{zt}^2}{R} = \frac{\pi d_c^3}{6} \cdot (\rho_c - \rho_s) \cdot \frac{W_{zt}^2}{R}, \quad (9)$$

де W_{zt} — тангенціальна складова швидкості обертання потоку повітря, м/с; R — радіус обертання потоку, м.

З наведених рівнянь видно: різницею густин ($\rho_c - \rho_s$) враховується і сила витіснення середовища (сила Архімеда). На частинку, яка рухається у потоці газу, діє сила опору середовища (сила Стокса) :

$$F_c = 3\pi \mu_c d_c W_c \chi, \quad (10)$$

де μ_c — динамічна в'язкість; W_c — швидкість осадження частинки щодо газового середовища, м/с; $\chi=2,9$ — динамічний коефіцієнт форми частинок пилу для змішаних тіл.

Якщо врахувати, що для зваженої частинки, яка рухається у потоці газу, сила Стокса F_c дорівнює сумі зовнішніх сил і направлена у зворотному напрямі, то

$$\overline{F}_c = \overline{F}_T + \overline{F}_y. \quad (11)$$

З моделі турбулентного масопереносу одержуємо компоненти миттєвої швидкості потоку по осях координат

W_x , W_y і W_z , які перетворимо в осьову, тангенціальну і радіальну складові швидкості для закрученого потоку повітря (W_T і W_P):

$$W_T = \frac{y \cdot W_z - z \cdot W_y}{\sqrt{y^2 + z^2}}; \quad (12)$$

$$W_P = \frac{z \cdot W_z + y \cdot W_y}{\sqrt{y^2 + z^2}}. \quad (13)$$

Відповідно до прийнятих припущень :

$$W_{cx} = W_{oc} = W_x. \quad (14)$$

Одержавши компоненти W_{cx} , W_{cy} і W_{cz} , визначаємо у кожній точці потоку миттєву швидкість частинки відносно нерухомої декартової системи:

$$\overline{W}_c = W_{cx} \overline{i} + W_{cy} \overline{j} + W_{cz} \overline{k}, \quad (15)$$

де \overline{i} , \overline{j} і \overline{k} — одиничні вектори позитивних напрямів осей.

Одержана швидкість — це параметр, який характеризуватиме значення швидкості і напрямку руху частинки пилу, що знаходиться у тій або іншій точці простору пиловловлювача. Дані значення дозволяють нам оцінити ефективність апарата за різних граничних умов, при різних геометрії пиловловлювача і при різних розмірах і масі частинок пилу.

Для вивчення впливу окремих елементів на характеристики пиловловлювача у цілому було побудовано три твердотільні моделі апаратів. Перша — пиловловлювач із жалюзійним відокремлювачем (рисунок 1, а), в подальшому “модель А”; другу (рисунок 1, б) створено на основі першої встановленням труби Вентурі перед вхідним патрубком, “модель Б”; третю (рисунок 1, в) створено на основі першої патрубком з жалюзійним відокремлювачем.

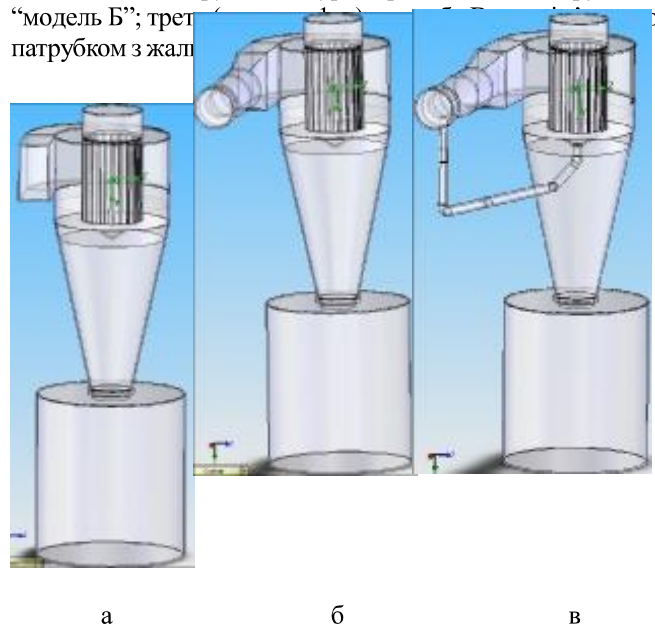


Рисунок 1 — Тривимірні моделі пиловловлювачів: а — модель А; б — модель Б; в — модель В

У процесі дослідження моделювалася робота пиловловлювачів при різних швидкостях потоку повітря у вхідному патрубку і для різних конструкцій жалюзі. Моделювання мало на меті дослідити: розподіли статичного тиску, складових швидкості потоку повітря, величини гідравлічного опору апарата та його ефективність.

Метою проведення розрахунків є визначення повного, статичного та динамічного тисків на вході та виході пиловловлювача, вивчення розподілу швидкостей потоку повітря у пиловловлювача та його ефективного опору.

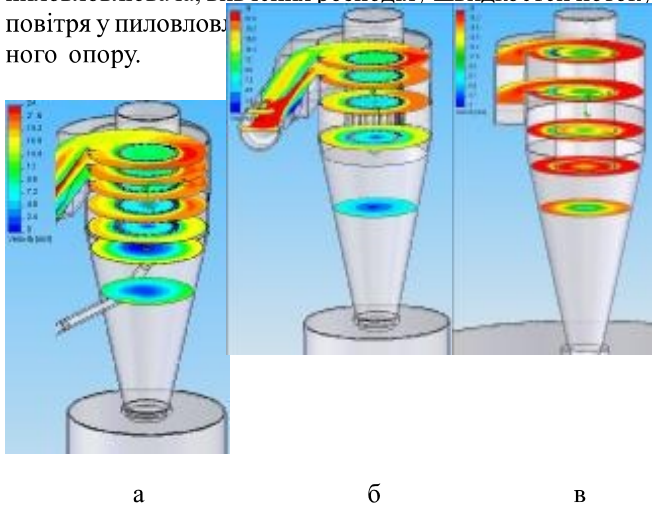


Рисунок 2 — Розподіл швидкостей повітряного потоку в горизонтальному перерізі апарата: а — модель А; б — модель Б; в — модель В.

На рисунках 2 і 3 показано розподіли швидкостей потоку повітря відповідно у горизонтальних і вертикальних перерізах по осі моделей Б і В пиловловлювачів, аналіз яких доводить: найвищою є швидкість потоку повітря у циліндричній частині пиловловлювача; з рухом пилоповітряного потоку зверху донизу в напрямку від входу до апарата через патрубок і до патрубку виходу пилу вздовж осі апарата швидкість його руху зменшується внаслідок попадання частини повітря через жалюзійний відокремлювач до атмосфери; найнижчі швидкості потоку зафіксовані на осі пиловловлювача та у бункері; розміщення жалюзійного відокремлювача на осі апарата сприяє розподілу радіального стоку по всій площі корпусу пиловловлювача, про що свідчить рівномірний розподіл швидкостей потоку в жалюзійному відокремлювачі поблизу патрубку виходу очищеного повітря. Швидкість пилоповітряного потоку є значно нижчою, ніж у сепараційній зоні, через що на частинки пилу, які потрапляють у пиловловлювач поблизу патрубку виходу очищеного повітря, діятиме менша відцентрова сила, ніж на ті частинки, місце входу яких на більшій відстані від неї; перепад значення швидкості потоку близько 9 м/с у сепараційній зоні циклопу (апарата, в якому патрубок виходу очищеного повітря є суцільним) призведе до виникнення вихорових потоків і, як наслідок, збільшення гідравлічного опору, а в апараті з жалюзійним відокремлювачем такого перепаду не спостерігається, що підтверджує його переваги. Використання жалюзі складної конструкції дає змогу розширити зону з високими швидкостями руху повітряних потоків у сепараційному просторі пиловловлювача, а також дає змогу розширити зону з високими швидкостями руху повітряних потоків у сепараційному просторі пиловловлювача.

Слід відзначити, що поблизу вгнутої сторони жалюзі (рисунок 4) спостерігаються низькі зони швидкостей — $3\text{--}5 \text{ м/с}$, що може призвести до забивання цих зон пилом. Тому при проектуванні жалюзійного відокремлювача не слід вибирати надто малі радіуси. У моделі з жалюзійним відокремлювачем складної конструкції у сепараційній зоні пиловловлювача спостерігаються більш високі значення швидкості потоку повітря.

Захоплювальна дія криволінійного потоку повітря на частинку пилу в пиловловлювачі здійснюється силою в'язкого опору середовища відносно руху цього потоку і силою гідродинамічного тиску. В пиловловлювачі, як і у будь-якому криволінійному потоці, статичний тиск повітря значно зменшується у напрямку від периферії до центра обертання потоку, що призводить до перепаду тисків вздовж осі апарата, а це веде до зменшення ефективності очищення газів.

Зі збільшенням градієнту тиску знижується ефективність пиловловлювача, підсилюються вторинні потоки і збільшується його гідравлічний опір, тому важливо дослідити, як змінюватиметься статичний тиск у плоскому поперечному перерізі розроблених моделей пиловловлювачів.

Доведено, що найвищим є статичний тиск у вхідному патрубку та поблизу зовнішньої стінки пиловловлювача. У пиловловлювачі моделі А перепад статичного тиску в сепараційній зоні складає близько 450 Па (рисунок 5, а), моделі Б — 280 Па (рисунок 5, б), та моделі В — 190 Па (рисунок 5, в) за однакових умов експлуатації пиловловлювачів. У конічній частині апаратів Б і В статичний тиск є, відповідно, нижчим на 300 та 350 Па і складає для моделей: А — 560 Па , В — 260 Па , В — 210 Па . На основі досліджень розподілу статичного тиску всередині корпусу апарата приходимо до висновку, що у моделі В створюються більш спокійні умови для руху частинок пилу з порівняно високими швидкостями руху повітряних потоків у сепараційному просторі пиловловлювача.

У конічній частині апаратів Б і В статичний тиск є, відповідно, нижчим на 300 та 350 Па і складає для моделей: А — 560 Па , В — 260 Па , В — 210 Па . На основі досліджень розподілу статичного тиску всередині корпусу апарата приходимо до висновку, що у моделі В створюються більш спокійні умови для руху частинок пилу з порівняно високими швидкостями руху повітряних потоків у сепараційному просторі пиловловлювача.

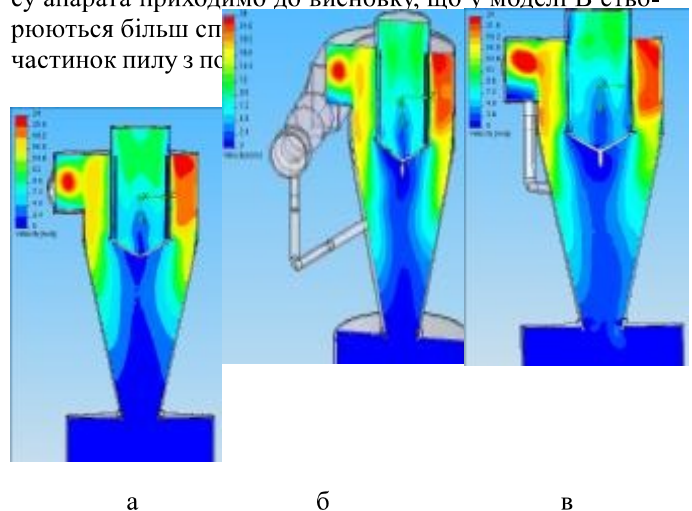
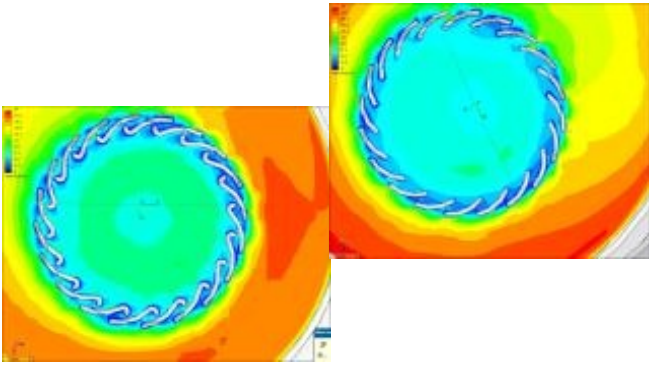


Рисунок 3 — Розподіл швидкостей повітряного потоку у вертикальному перерізі апарата: а — модель А; б — модель Б; в — модель В.



а б

Рисунок 4 — Швидкості руху повітряного потоку в пиловловлювачі з жалюзі складної конфігурації (модель В): а — жалюзі складної конструкції; б — традиційна конструкція жалюзі.

Тангенціальна і вертикальна складові швидкості потоку повітря (W_{τ}) мають значний вплив на процес сепарації пилу в пиловловлювачі, оскільки вони визначають відцентрову силу, що діє на частинку пилу, і тому їх дослідження і аналіз мають важливе значення при створенні нових типів пиловловлювачів. При швидкості потоку у вхідному патрубку 18 м/с у сепараційній зоні апарата з жалюзійним відкремлювачем моделі А спостерігається значення тангенціальної складової швидкості потоку повітря близько $20\text{--}26 \text{ м/с}$.

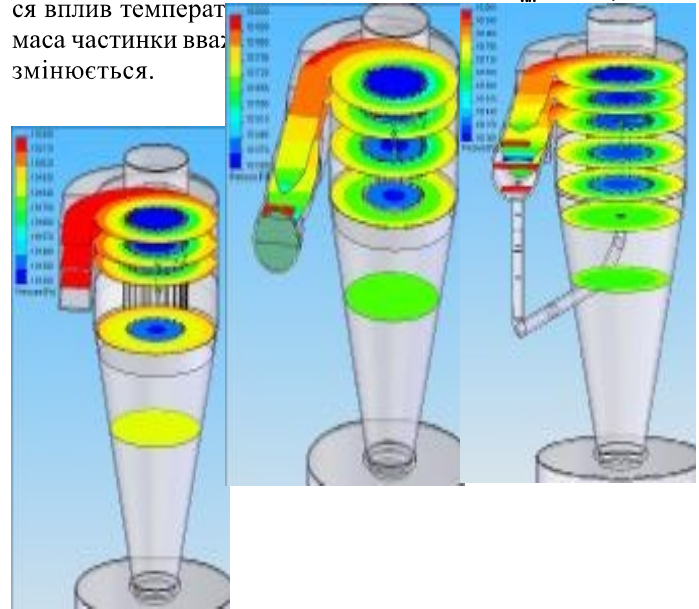
Більш рівномірний характер зміни тангенціальної та вертикальної складових потоку повітря у апараті моделі В повинні забезпечити його вищу ефективність у порівнянні з традиційною конструкцією пиловловлювача. Ці дослідження підтвердили припущення, які було прийнято при побудові математичної моделі: радіальний стік у корпусі нижче жалюзійного відкремлювача практично відсутній. Позитивним фактором також є те, що швидкість повітряного потоку у патрубок вводу очищеного повітря є значно нижчою, ніж швидкість потоку в сепараційній зоні.

Протягом руху пилоповітряного потоку в сепараційній зоні апарата частина його через жалюзійний відкремлювач і патрубок виходу очищеного повітря потрапляє до атмосфери, тому швидкість повітря у внутрішньому потоці складає близько $3\text{--}4 \text{ м/с}$, у той час як в циклоні з традиційною вихлопною трубою вона є вищою і становить близько $10\text{--}12 \text{ м/с}$. Зниження швидкості внутрішнього вихору є фактором, що позитивно впливає на ефективність роботи апарата.

Наведені результати дають змогу розглядати циліндричну частину пиловловлювача як основний сепараційний простір пиловловлювача, що і було зроблено у математичній моделі.

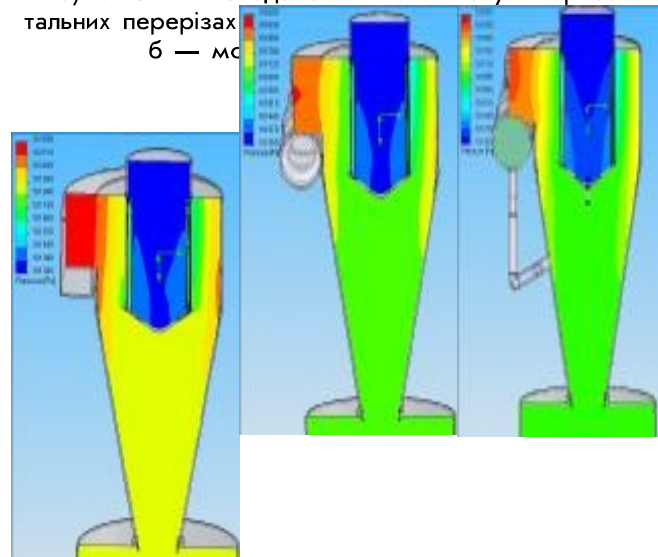
При проведенні дослідження руху частинок пилу в пиловловлювачі виходили з наступних міркувань: двофазові потоки з рідкими або твердими частинками моделювалися як рух цих частинок (розглядаються тільки стаціонарні двофазні течії) у сталому потоці текучого середовища, що вірне тільки у тому випадку, коли масова частка частинок у двофазовому потоці не перевищує 30% , а це

повністю задовольняє умовам, які виникають у деревообробці; при визначенні коефіцієнта опору частинок передбачається, що як рідкі, так і тверді вони мають сферичну форму; коефіцієнт опору частинок розраховується за формулою Хендерсона для нерозріджених і розріджених, до-, транс- і надзвукових, ламінарних, перехідних і турбулентних умов обтікання частинок; температура частинки визначається за формулою теплообміну частинки з навколишнім середовищем; враховувався вплив температури на масу частинки, яка змінюється.



а б в

Рисунок 5 — Розподіл статичного тиску в горизонтальних перерізах пиловловлювача: а — модель А; б — модель Б; в — модель В.



а б в

Рисунок 6 — Розподіл статичного тиску у вертикальному перерізі пиловловлювача: а — модель А; б — модель Б; в — модель В.

Взаємодія частинок з поверхнями твердих тіл моделюється або як повне прилипання частинок до поверхні (притаманне краплям рідини за не дуже високих швидко-

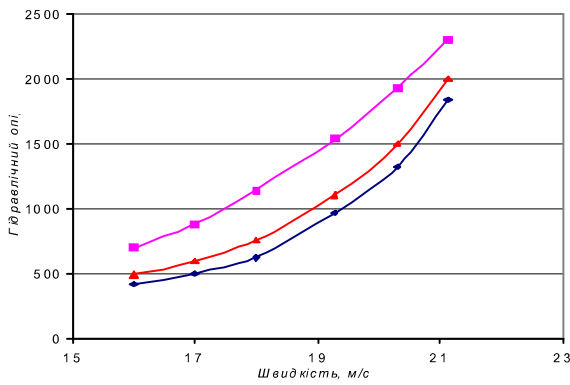


Рисунок 7 — Залежність гідравлічного опору пиловловлювача від швидкості надходження пилоповітряної суміші до апарата.

стей співударяння), або як ідеальне чи неідеальне відбивання (притаманне твердим частинкам).

Виходячи з континуальної моделі двофазової течії, тобто течії взаємопроникаючих континуумів газової фази й частинок різних фракцій, а всі частинки поділяються на фракції за будь-якою ознакою, що дозволяє однозначно задавати початкові умови руху частинок у перетині, для якого цей рух розраховується. Наприклад, якщо у деякій точці початкового перетину можуть перебувати частинки різних розмірів, то таким параметром є розмір частинок. При попаданні частинки на стінку визначається сумарна інтенсивність налипання частинок на ці поверхні по всіх поверхнях, на які випали частинки.

Використання жалюзі складної конструкції є доцільним з точки зору зменшення гідравлічного опору пиловловлювача. Так, влаштування завитків на кінці жалюзі радіусом $R_z=10$ мм (рисунок 7), дає змогу знизити гідравлічний опір моделі В з 930 до 706 Па при швидкості потоку повітря у вхідному патрубку 18 м/с, що може бути пояснено випрямленням повітряного потоку в патрубок виходу очищеного повітря, яке призводить до зменшення турбулентних пульсацій.

При дослідженні впливу кількості жалюзі відокремлювача на гідравлічний опір пиловловлювача одержали залежність, показану на рисунку 8. Використання жалюзійного відокремлювача з кількістю жалюзі $Z_p < 12$ є недоцільним, оскільки при цьому значно зростає крок жалюзі t_p , що у свою чергу призведе до зниження ефективності пиловловлювача.

Дослідження проводили при швидкості потоку повітря у вхідному патрубку 18 м/с. При збільшенні числа жалюзі від 12 до 15 гідравлічний опір пиловловлювача ΔP зростає, після чого дещо спадає до значення $\Delta P \approx 950$ Па і до $Z_p=21$ є практично сталим. При кількості жалюзі 22–24 опір апарата різко зростає до значення $\Delta P=1020$ Па, що може бути пояснено виникненням повітряних потоків у жалюзійному відокремлювачі, які були описані вище.

Коли кількість жалюзі $Z_p=25-30$, гідравлічний опір пиловловлювача повертається до значення $\Delta P \approx 950$ Па. При збільшенні Z_p понад 30 — гідравлічний опір знову

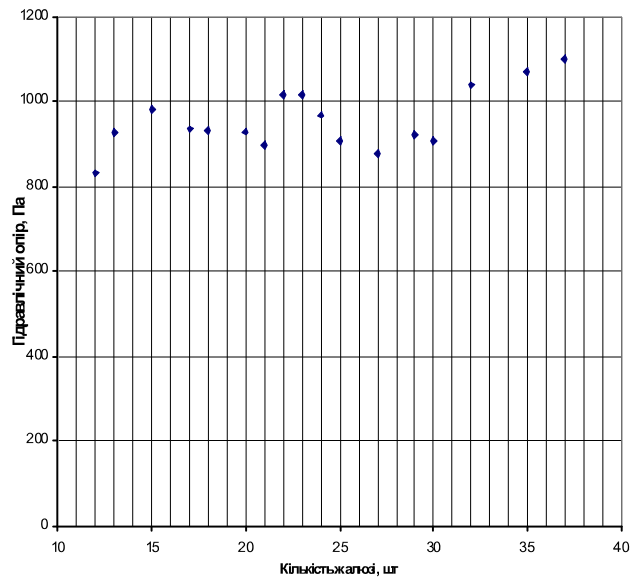


Рисунок 8 — Залежність гідравлічного опору пиловловлювача від кількості жалюзі у відокремлювачі.

починає зростати, що може бути пояснено значним зменшенням щільності між жалюзі. Таким чином, як вказувалося вище, виникає необхідність визначення оптимальної кількості жалюзі Z_{p0} , при якій гідравлічний опір пиловловлювача буде мінімальним за достатньої його ефективності. Значення Z_{p0} залежить від продуктивності апарата та співвідношення геометричних розмірів жалюзійного відокремлювача. У розглянутому прикладі різниця між гідравлічним опором ΔP пиловловлювача при $Z_p=21$ та $Z_p=22$ складає 18%, тому з метою зниження енерговитрат на очищення при проведенні експериментів необхідно дослідити ефективність використання жалюзійного відокремлювача зі спеціальною формою жалюзі.

Наявність жалюзійного відокремлювача, розташованого на вертикальній осі циклона коаксіально корпусу призводить до зменшення перепаду статичного тиску в сепараційній зоні пиловловлювача, що у свою чергу знижує інтенсивність радіального стоку.

Проведені дослідження підтвердили доцільність встановлення жалюзійного відокремлювача на осі пиловловлювача, а це дає змогу розробити конструкцію циклонного апарата з жалюзійним відокремлювачем, описати рекомендовані співвідношення його геометричних розмірів та технологічні параметри процесу очищення потоку повітря в такому пристрої.

Висновки

Представлено схему обезпилювання з використанням запропонованого пиловловлювача від деревного пилу третьої конструкції при роботі аспіраційної установки, яка дозволила підвищити на 2–3 % ефективність вловлення дрібнодисперсного пилу, знизивши тим самим викиди шкідливих речовин, а також досягти нормованих значень гранично допустимих норм (ГДК та ГДВ), зменшивши при

цьому енерго- та металосмість в 1,2 раза, а це відкриває широкі перспективи для її впровадження в аналогічних виробництвах у процесі деревообробки.

Література

1. Батлук, В.А. Зниження запиленості деревообробного підприємства у м. Мукачеве / В.А. Батлук, К.І. Азарський // Науковий вісник “Проблеми деревообробки на рубежі XXI століття: наука, освіта, технологія”. — Львів. — 1999. — С. 112 — 114.

2. Батлук, В.А., Батлук, В.В., Макачук, В.Г. The Problem of Highly Effectiv Cleaning of air from dust/ Motrol motoryzacja I energetyka rolnictwa motorization and power in Agriculture 11/ 2009. Lublin .Pag. 26 — 31.

3. Батлук, В.А., Високоєфективне вловлення високо-

дисперсного пилу / В.А. Батлук, Р.А. Яцюк, К.І. Азарський, Я.В. Мота, Б.П. Чайківський// Науковий Вісник Львівської державної академії Ветеринарної медицини. — 2000. — № 6. — С. 135—138.

4. Батлук, В.А. Математична модель процесу очищення запиленого потоку в технологіях машинобудування / В.А. Батлук, І.В. Проскуріна, В.В. Батлук // Вісник нац. тех. ун-ту України “КПІ”.Серія Машинобудування. — 2010.— №3 (58). — С. 87—94.

5. Батлук, В.А. Рівняння опору для випадку одномірного руху пилу у відцентрово-інерційних пиловловлювачах / В.А. Батлук, В.В. Батлук, Е.В. Романцов //Промислова гідравліка і пневматика. — 2010. —№ 2 (28). — С.36—43.

6. Батлук, В.А., Батлук, В.К., Черненко, М.М. // Ступеневий пиловловлювач з відокремлювачемзі зміною кута атаки жалюзі (Деклараційний патент на корисну модель №3987 В01Д45/00 від 06.05.04. №20040503353 Опубл. 15.12.04, бюл. 12.).

Надійшла 14.03.2012 року