

- для шпона товщиною 1,45 мм при спресуванні пакета від 7,3 % до 20,8 % міцність зростає і при дальшому збільшенні спресування пакета міцність починає знижуватись;
- для шпона товщиною 0,50 мм при спресуванні пакета від 8,1 % до 31,59 % міцність зростає.

За результатами виконаної роботи можна зробити такі висновки.

При збільшенні частки спресування пакета шпону при виготовленні гнутоклеєних елементів міцність останніх збільшується. Для шпону товщиною 0,5 мм це збільшення майже рівномірне у досліджуваних межах. Так, від 8 % спресування до 32 % міцність гнутоклеєних елементів зростає у 1,71 разів. Отже, якщо переслідується мета отримання взірців гнутоклеєних меблів високої міцності, то необхідно використовувати тонкий шпон з великим відсотком спресування пакета шпону. Як підтвердження, можна зіслатися на дані англійської акціонерної компанії "Камбія", що шкільні меблі, а саме надзвичайно міцні стільці фірма виготовляла з гнутоклеєних елементів, склеєних зі шпону товщиною 0,7 мм. Це можна пояснити тим, що тонкий шпон має менше мікротріщин, набутих у процесі його лущення, а також він відносно глибоко просочується клеєм, який переходить в твердий стан і зміцнює його механічні властивості.

Гнутоклеєні елементи, виготовлені зі шпону товщиною більше 1 мм, мають меншу міцність і збільшення їх міцності незначне зі зростанням частки спресування, і коли спресування досягає 20 %, міцність їх падає. Це можна пояснити тим, що чим товстіший шпон, тим більше він має глибоких мікро тріщин і відносно на меншу глибину просочується клеєм, що сприяє розшаруванню зруйнованих волокон деревини під дією радіальних сил у процесі розгину елемента. Отже для великих товщин шпона можна зупинитись на спресуванні пакета в межах 10-14 %, що економічно обґрунтовано.

Ці явища добре спостерігаються на графічній залежності рис. 1 і можуть бути використані для складання технологічних режимів склеювання гнутоклеєних блоків у виробничих умовах.

УДК 621.928.9

*Доц. В.П. Куц; інж. О.М. Марціяш – Тернопільський
ДТУ ім. Івана Пулюя*

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ЦИКЛОНА З СТУПЕНЕВИМ ВІДВЕДЕННЯМ ПИЛУ

Наводяться результати теоретичних розрахунків гідравлічного опору створеного авторами нового пиловловлюючого апарата за декількома відомими методами і обґрунтовується вибір найпридатнішого з них для цього апарата шляхом порівняння результатів розрахунків з результатами експериментальних досліджень.

*Doc. V.P. Kuts; eng. O.M. Martsiyash – Ternopil State
Technical University named after Ivan Pulyui*

The methods of calculation of the hydraulic resistance of the cyclone with gradual dust cleaning

The results of theoretical calculations of the hydraulic resistance of the new apparatus of dust trap created by the author for several known methods; The choice of the most suitable of them for this device by the comparison of the results of calculation with the results of the experimental researches.

Постановка питання

Якість роботи пиловловлюючого обладнання оцінюється його ефективністю, гідравлічним опором і пропускною здатністю (продуктивністю).

Для циклонів, які є, мабуть, найпоширенішими апаратами інерційної очистки, необхідно розрізняти загальну і фракційну ефективність вловлювання. Фракційна ефективність представляється у вигляді графіка, на якому показано процентний вміст (за вагою) частинок, які вловлюються, залежно від їх розміру. Якщо відомий розподіл частинок пилу, що вловлюються, за розмірами, то із кривої фракційної ефективності апарата може бути вирахована його загальна ефективність. Таким чином, фракційна ефективність залежить від розподілу частинок пилу за розмірами, і без знання цього розподілу неможливо за загальною ефективністю апарата судити про його якість.

Іншим показником роботи циклонів є величина втрат енергії на тертя в апараті, яку зручно виражати в частках швидкісного напору на вході в циклон. За величиною гідравлічного опору пиловловлювача визначають енергетичні затрати на процес очистки.

Визначення ефективності пиловловлювача і гідравлічного опору є основою методики розрахунку пилоочисного обладнання. При вдосконаленні пилоочисного обладнання прагнуть збільшити ефективність і зменшити гідравлічний опір, а тому знання факторів, які впливають на ці показники, є необхідною умовою внесення змін у конструкцію чи режим роботи апарата. При досягненні позитивних результатів вносяться відповідні зміни до методики розрахунку вдосконаленого обладнання.

При створенні нового обладнання необхідно таку методику розробити і перевірити її достовірність співставленням розрахованих показників з результатами експериментальних досліджень. Основою такої методики часто служать методики розрахунку подібних за принципом дії пиловловлювачів, до яких вносяться відповідні поправки, зумовлені особливостями нового апарата і умовами його експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Створення авторами пиловловлювача зі ступеневим відведенням пилу [1] є одним з можливих шляхів вдосконалення циклонних апаратів. За основу прийнято конструкцію відцентрово-інерційного пиловловлювача з жалюзійним відводом повітря [2]. Особливістю, що відрізняє цей апарат від циклонів, є те, що газ, який в нього поступає, потрапляє у вихідну трубу не через її нижній отвір, як у циклонах, а через бокову поверхню вихідної труби, виконаної всередині апарата у вигляді жалюзійної решітки. Встановлення глухого

конічного днища під решіткою перешкоджає потраплянню газового потоку у решітку знизу і створює умови для реалізації в апараті поряд з циклонною сепарацією процесу жалюзійного розділення. Однак в цьому апараті, як і у циклонах, за рахунок зростання концентрації твердих частинок біля стінки корпусу, куди вони відкидаються відцентровою силою, і за рахунок зменшення поперечного перерізу конічної частини пиловловлювача при русі їх донизу можливий винос частинок пилу газовим потоком вверху, що зменшує ефективність очистки.

Постановка завдання

Для усунення цього недоліку в створеному пиловловлювачі передбачено відбір частинок пилу за висотою апарата: перший – при переході циліндричної частини корпусу в конічну, другий – на половині висоти конічної частини, третій – внизу конічної частини, де встановлений випускний клапан. Все це повинно сприяти підвищенню ефективності очистки за рахунок зменшення концентрації частинок пилу біля корпусу апарата і зменшення виносу їх з нижньої частини апарата потоком газу, що піднімається.

На рис. 1 представлено схему пиловловлювача, а в табл. 1 наведено значення розмірів циклона діаметром 400 мм, продуктивністю 0,44 м³/с (1600 м³/год.). Саме такий апарат був виготовлений і досліджувався за стандартною для такого класу обладнання методикою [3].

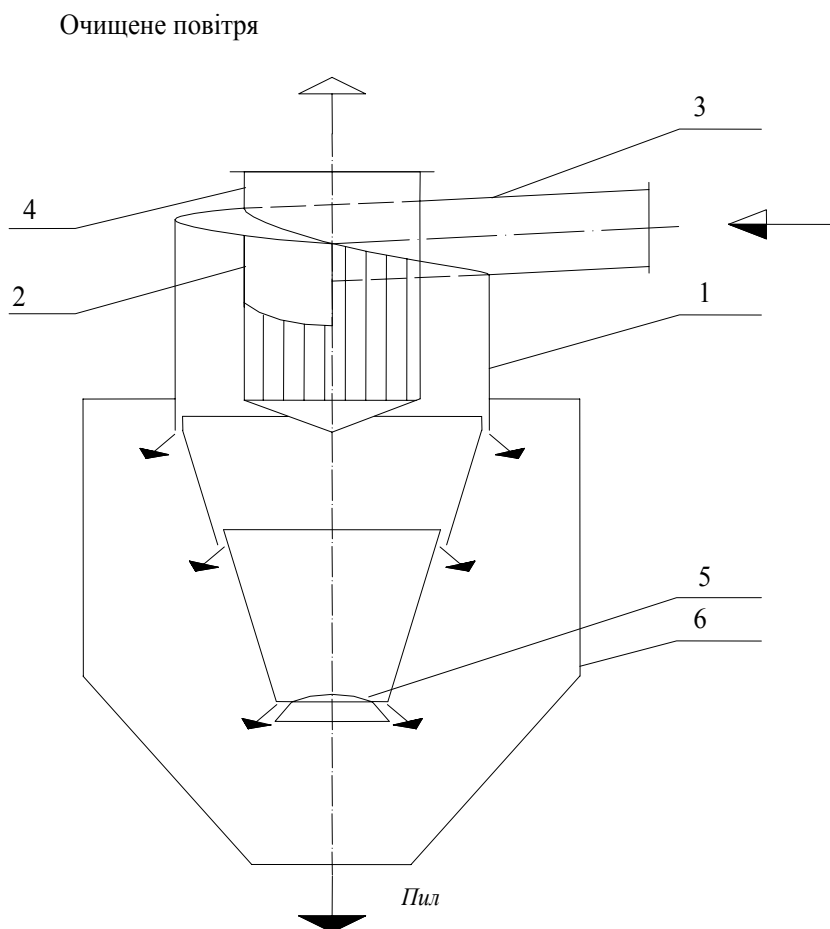


Рис. 1. Циклон з ступеневим відведенням твердої фази: 1 – циліндро-конічний корпус; 2 – жалюзійна решітка; 3 – патрубок підводу пиловітряного потоку; 4 – патрубок відводу очищеного повітря; 5 – випускний клапан; 6 – бункер

Згідно з вимогами [3] експериментальні дослідження повинні проводитись у два етапи: спочатку на незапиленому повітрі визначається гідравлічний опір пиловловлювача і досліджується вплив на його величину режимних і конструктивних параметрів, а потім при тих же умовах визначається ефективність пиловловлювання на стандартному пилові. Виконання в повній відповідності з рекомендованою методикою експериментальних досліджень створеного циклона зі ступеневим відведенням пилу дало змогу отримати результати, які повністю довели необхідність і доцільність створення пиловловлювача такої конструкції. Результати експериментів є основою для розробки методики теоретичних розрахунків основних показників роботи цього пиловловлювача і оцінки придатності використання відомих методик теоретичного визначення цих показників.

Табл. 1. Розміри створеного пиловловлювача продуктивністю 0,44 м³/с

Назва	Позначення	Значення, м (крім α)
Внутрішній діаметр корпусу апарата	D	0,4
Внутрішній діаметр вихлопної труби	d	0,236
Внутрішній діаметр пиловипускного отвору	d_l	0,12
Ширина вхідного патрубку в циклоні	b	0,08
Ширина вхідного патрубку на вході	b_l	0,104
Довжина вхідного патрубку	l	0,240
Діаметр середньої лінії циклона	D_{cp}	0,32
Висота установки фланця	$h_{фл}$	0,04
Кут нахилу кришки і вхідного патрубку	α	11°
Висота вхідного патрубку	a	0,192
Висота вихлопної труби	h_T	0,78
Висота циліндричної частини циклона	H_u	0,832
Висота конуса циклона	H_k	0,8
Висота зовнішньої частини вихлопної труби	h_g	0,12
Загальна висота циклона	H	1,752
Діаметр бункера	$D_{б}$	0,6
Висота циліндричної частини бункера	$H_{б}^ц$	1,2
Висота конічної частини бункера	$H_{б}^к$	0,6
Діаметр пиловипускного отвору бункера	$d_{l\ б}$	0,24

Для теоретичного визначення гідравлічного опору створеного апарата було визнано доцільним використати найпоширеніші методики розрахунку цього показника для циклонів, адже в основі його конструкції є конструкція циклона НИИОГаз ЦН-11, і методику розрахунку відцентрово-інерційного пиловловлювача з жалюзійним відводом повітря [2], оскільки в ньому використано основний елемент цього апарата – циліндричну жалюзійну решітку.

Такий підхід був використаний авторами при розробці методики розрахунку гідравлічного опору батарейного циклона з жалюзійними елементами [4], в якому теж були використані аналогічні жалюзійні решітки. І хоча використання методик розрахунку для циклонів ускладнювалося тим, що в циклонах і елементах батарейного циклона був різний підвід запиленого потоку в апарат (тангенціальний і осьовий) і доводилось умовно приводити еле-

менти батарейного циклона до вигляду одиночного циклона однакової продуктивності, результати теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень були цілком придатні для порівняння, а розходження зумовлювались факторами, які знаходили логічне обґрунтування.

Оскільки циклон зі ступеневим відведенням пилу дуже близький за конструкцією до циклонів, використання методик для циклонів найдоцільніше. Суть і послідовність проведених розрахунків наводиться нижче. Перепади тиску в циклонах можуть бути зумовлені втратами тиску у вхідному патрубку внаслідок тертя, втратами при розширенні або стисненні газу на вході, втратами в циклоні внаслідок тертя об стінки, втратами кінетичної енергії в циклоні, втратами на вході у вихідну трубу, гідростатичним напором між вхідним патрубком і вихідною трубою, рекуперацією енергії у вихідній трубі [5].

Всі ці причини по-різному враховуються різними авторами. Одні пропонують детальні теорії з врахуванням ряду причин, інші враховують тільки втрати кінетичної енергії в циклоні, бо вони значно переважають втрату від всіх інших причин. Залежно від швидкості пилогазового потоку на вході і безрозмірного коефіцієнта втрати тиску перепад тиску в циклоні може бути визначений за формулою

$$\Delta p = \xi \frac{u_1^2 (\rho + \rho_q^1)}{2}, \quad (1)$$

де: Δp – перепад тиску, Па; ξ – безрозмірний коефіцієнт втрати тиску; u_1 – швидкість газу на вході в циклон, м/с; ρ – густина газу, кг/м³; $\rho_q^1 = c(\rho_q - \rho)$ – густина частинок з врахуванням концентрації c , кг/м³.

Хоч теоретично густина середовища збільшується внаслідок наявності твердих частинок, і це має призвести до збільшення перепаду тиску відповідно з цим рівнянням, на практиці, з інших причин, наявність частинок зменшує перепад тиску в циклоні.

Детально розроблений метод розрахунку коефіцієнта втрат тиску [6] ґрунтується на двох факторах: втраті тиску на вході в циклон і втраті тиску внаслідок тертя об стінки (позначені індексом i), а також втраті тиску в центральній області і на вході у вихідну трубу (позначені індексом e).

Коефіцієнт втрати тиску ξ виражається через швидкість газів на вході в апарат $u_{\tau, \max}$ і задається у вигляді функції від коефіцієнта опору ε , який визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\xi}{\left(\frac{a \cdot b}{0,785 D_e} \right)^2 \cdot \left(\frac{u_{\tau, \max}}{u_e} \right)}, \quad (2)$$

де: a – висота входу в циклон, м; b – ширина входу в циклон, м; D_e – діаметр вихідної труби циклона, м; u_e – швидкість газового потоку на вході у вихідну трубу, м/с; Коефіцієнт опору ε сумою двох компонентів

$$\varepsilon = \varepsilon_i + \varepsilon_e, \quad (3)$$

які знаходяться за такими виразами:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta p_i}{u_{\tau, \max}^2 (\rho + \rho'_u) \cdot 2} = \frac{D_e}{D} \left\{ \frac{1}{\left[1 - \frac{2u_{\tau, \max} (H - S) \mu'}{u_e \cdot D_e} \right]^2} - 1 \right\}, \quad (4)$$

$$\varepsilon_e = \frac{\Delta p_e}{u_{\tau, \max}^2 (\rho + \rho'_r) \cdot 2} = \frac{K}{\left(\frac{u_{\tau, \max}}{u_e} \right)^{2/3} + 1}, \quad (5)$$

де: D – діаметр циклона, м; H – висота циклона, м; S – глибина вихідної труби циклона, м; μ' – коефіцієнт тертя газ-стінка; K – поправочний коефіцієнт.

Співвідношення швидкостей $u_{\tau, \max}/u_e$ може бути виражено через розміри циклона, коефіцієнт μ' і конструкційний коефіцієнт втрат на вході α

$$\frac{u_{\tau, \max}}{u_e} = \frac{\pi D_e (D - b)}{2ab\alpha + \pi(H - S)(D - b)\mu'}. \quad (6)$$

Величина α залежить від форми входу і може бути більшою або меншою за одиницю.

Для ряду співвідношень $u_{\tau, \max}/u_e$ у роботі [7] визначено величину $\xi / \frac{ab}{0,785D_e^2}$. Вона, як і величина K , залежить від форми входу в трубу. Отже,

для розрахунку коефіцієнта втрати тиску ξ за цим методом необхідно знайти значення ε_i і ε_e за рівняннями (4) і (5) і співвідношення $u_{\tau, \max}/u_e$ за рівнянням (6), потім ε за рівнянням (3), а тоді застосувати рівняння (2).

Інший метод розрахунку втрати тиску [8] ґрунтується на визначенні втрат тиску в різних точках через швидкісний напір:

- на вході – $u_i^2 (\rho + \rho'_u) / 2$;
- на виході – $u_e^2 (\rho + \rho'_u) / 2$;
- втрати всередині циклона.

Втрати, які виникають у вхідній і вихідній трубах, крім цього, повинні бути розраховані за нормальними рівняннями для перепаду тиску в газоходах (рівняння Фаннінга). Вважають, що втрати всередині циклона є втратами внаслідок тертя об стінки і втратами кінетичної енергії. Було встановлено, що втрати кінетичної енергії є подвоєна різниця між швидкісним напором на вході і на периферії внутрішньої області, тобто $(\rho + \rho'_r) (u_{\tau, \max}^2 - u_i^2) / g$, тоді як коефіцієнт втрат на тертя φ є відношенням окружної швидкості u_i' на радіусі входу $(D/2 - b/2)$ до лінійної швидкості у вхідному газоході u_i , тобто

$$\varphi = \frac{u'_i}{u_i} = \frac{\sqrt{\frac{D_e}{2(D-b)} + \frac{4GA}{ab}} - \sqrt{\frac{D_e}{2(D-b)}}}{2 \frac{GA}{ab}}, \quad (7)$$

де: G – постійна тертя (безрозмірна константа втрат на тертя Стентона і Панелла), дорівнює 0,05 для газових циклонів; A – площа поверхні циклона, яка контактує з газами, м^2 ; ab – площа поперечного перерізу вхідної труби, м^2 .

Значення коефіцієнта втрат на тертя може бути знайдено із графіка залежності його від $2(D-b)/D_e$ для різних значень GA/ab [5]. Повна втрата тиску може бути розрахована із комбінацій коефіцієнтів втрат:

$$\Delta p = \frac{\rho + \rho'_c}{2} \left\{ u_i^2 2\varphi \frac{2(D-b)}{D_e} + 2u_e^2 \right\}. \quad (8)$$

Втрати тиску у відцентрово-інерційних пиловловлювачах з жалюзійним відводом повітря можуть бути визначені двома способами:

а) за формулою

$$\Delta p = \xi \frac{\rho w_{пл}^2}{2}, \quad (9)$$

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

Значення ξ для цих пиловловлювачів залежно від величини коефіцієнта живого перерізу використаних жалюзійних решіток наведено в (9); поправочні коефіцієнти на діаметр, запиленість газів, компоновання пиловловлювачів інших розмірів і інших умов роботи приймаються такими, як при розрахунку циклонів.

б) шляхом графічного розв'язку залежності $\Delta p = kQ^m$ у такому вигляді

$$\lg \Delta p = \lg k + m \lg Q,$$

де: Q – витрата газу (продуктивність апарата), $\text{м}^3/\text{с}$; k – коефіцієнт пропорційності; m – показник степеня.

Такі залежності для чотирьох різновидностей пиловловлювачів цього типу також наведено в (9). За наведеними вище методиками розраховувався гідравлічний опір створеного циклона зі ступеневим відведенням пилу при тих параметрах (швидкості, витрати, розміри), при яких проводились його експериментальні дослідження. Співставлення даних теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень дало можливість не тільки оцінити придатність використаних методик для розрахунку гідравлічного опору створеного пиловловлювача, але й провести їх порівняльну оцінку.

Так, розрахунки гідравлічного опору за методикою [6] показали, що розходження між теоретичними і експериментальними значеннями дуже значні і цей метод не може бути використано для створеного апарата. Причиною таких значних розходжень, на наш погляд, є те, що відношення величин вхідної і вихідної швидкостей повітряного потоку для циклонів становить 2,85 а для створеного нами апарата такої ж продуктивності – 6,26. А саме від-

ношення $u_{\tau, \max}/u_e$ є визначальним у формулах (5), (4), (2). І, якщо для циклонів розходження між теоретичними і експериментальними значеннями часто більші, ніж удвічі, то для створеного пиловловлювача вони ще більші.

Результати розрахунків за методами [8] і [9] досить близькі до даних експериментальних досліджень. Вони свідчать про придатність їх для розрахунку гідравлічного опору створеного циклона із ступеневим відведенням пилу практично без внесення будь-яких коректив. Результати розрахунків за всіма використаними методами наведено в табл. 2.

Табл. 2. Результати розрахунків гідравлічного опору та результати експериментальних досліджень

Продуктивність Q , м ³ /с	0,167	0,25	0,333	0,417	0,472	0,514
Швидкість у плані $w_{пл}$, м/с	1,33	1,99	2,65	3,32	3,76	4,09
Вхідна швидкість u_i , м/с	10,9	16,28	21,68	27,16	30,76	33,46
Вихідна швидкість u_e , м/с	1,74	2,6	3,47	4,34	4,92	5,35
Гідравлічний опір Δp , Па (за методикою [6])	674,8	1505,4	2669,7	4189,9	5374,3	6359,2
Гідравлічний опір Δp , Па (за методикою [8])	125,3	232,4	495,9	778,2	988,4	1181,0
Гідравлічний опір Δp , Па (за методикою [9])	108,0	243,0	431,9	677,9	869,4	1028,9
Експериментальні значення Δp , Па	126,3	282,8	501,4	795,0	1009,4	1194,4

На рис. 2 наведено графіки залежностей гідравлічного опору створеного пиловловлювача, побудовані за результатами розрахунків і даними експериментальних досліджень.

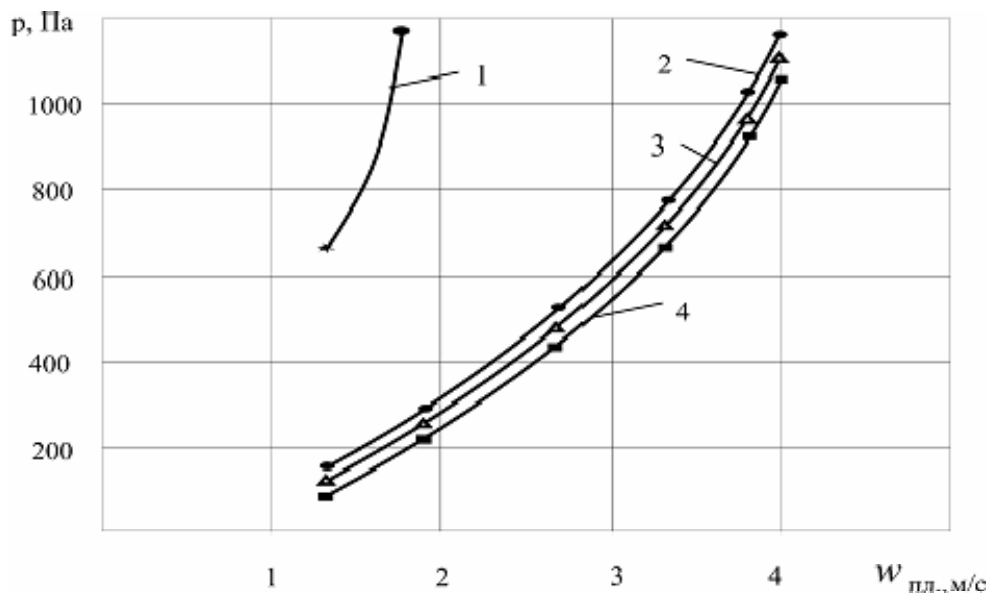


Рис. 2. Залежність гідравлічного опору від швидкості повітряного потоку:
 1 – розраховано за методикою (6); 2 – експериментальні дані; 3 – розраховано за методикою (8); 4 – розраховано за методикою (9)

Висновок

Отримані результати теоретичних розрахунків і їх порівняння з результатами експериментальних досліджень дають змогу зробити висновки про придатність методик [8, 9] для розрахунку гідравлічного опору створено-

го циклона зі ступеневим відведенням пилу. Вони можуть використовуватись як складова частина методики розрахунку конструктивних розмірів і показників роботи цього пиловловлювача.

Література

1. Пат. 62320А Україна, 7 ВО4С3/06. Циклон підвищеної ефективності із ступеневим відведенням твердої фази: Пат. 62320А Україна, 7 ВО4С3/06/ Куц В.П. Марціяш О.М., Ярош Я.Д. Заявл. 20.03.03; Опубл. 15.12.03. Бюл. № 12-2 с.
2. А.С. 598623 СССР, МКИ ВО4С 7/15. Центробежно-инерционный пылеуловитель/ Чернявский А.И., Батлук В.А., Куц В.П. (СССР). Заявл. 21.06.76. Опубл. 09.10.78. Бюл. № 21.
3. Коузов П.А., Иофинов Г.А. Единая методика сравнительных испытаний пылеуловителей для очистки вентиляционного воздуха. – Л: ВНИИОТ, 1967. – 103 с.
4. Куц В., Ярош Я., Марціяш О. Порівняльна оцінка методів розрахунку батарейного циклона з жалюзійними елементами/ Вісник Тернопільського держ. техн. ун-ту, 2003, т.8.№ 1 – С. 82-88.
5. Страус В. Промышленная очистка газов. Пер. с англ. – М.: Химия, 1981. – 616 с.
6. Darth W. – Brennst. – Warme – Kraft, 8,1 (1956).
7. Weidner G. – Ver. Deut. Ing. Tagungsheft, 3, 16 (1954).
8. Stairmand C.I. – Engineering, 168, 409 (1949).
9. 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.

УДК 674.04

Доц. Б.Я. Кшивецький, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ З'ЄДНАНЬ ТВЕРДОЛИСТЯНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ КЛЕЯМИ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛАЦЕТАТУ

Наведено результати досліджень довговічності клейових з'єднань твердолистяних порід деревини (дуб) клеями на основі ПВАД та Йоваколь прискореними температурно-вологісними методами та зроблено припущення щодо зміни міцності залежно від складу клею.

Doc. B.Ya. Kshivetsky – USUFWT

The results investigation of longevity joining of hard wood species by the base of polivinilatsetat

Investigation longevity joining of hard wood species by glues on the base of PVA and Jowacoll by speed-up thermo-humidity methods are given and some suppose sections as for changeling its strength in dependence from components the base of PVA of glue.

Останнім часом для будівництва, виготовлення столярно-будівельних та меблевих виробів людство використовує не цільну деревину, а клеєну, оскільки клеєна деревина має певні переваги порівняно з цільною. Але широке використання клеєної деревини потребує відповідних вимог до клейових з'єднань. Основними серед них є: забезпечення відповідної міцності, довговічності та екологічності. Екологічність деревних клейових з'єднань – є актуальною на сьогодні, оскільки пов'язана із забрудненням навколишнього середовища та вимогами сучасного життя.