

УДК 628.511.633.85

Дідур В., д-р техн. наук, проф., Чебанов А., інж. (Таврійський державний агротехнологічний університет)

Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмосепаратора з пиловловлювальним пристроєм

Установлено закономірності для обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пневмосепаратора шляхом визначення динамічних характеристик частинок дисперсної фази запиленого повітряного потоку під час пневмосепарації сипучих матеріалів на прикладі рушанки рицини.

Ключові слова: рицина, переробка, технологічна лінія, пневмосепаратор, пиловловлювальний пристрій, конструкційно-технологічні параметри.

Суть проблеми. Втрачений у 90-х роках досвід вирощування на півдні України технічної культури рицини, яка за останні роки, перш за все у наших сусідів, посідає чільне місце в енергетичному балансі як біосировина, частково можна пояснити екологічними проблемами, що виникають під час її переробки на олію та супутні продукти. Ці проблеми, насамперед, пов'язані з хіміко-біологічним складом насіння рицини, в якому містяться отруйні речовини – рицин, рицинін та алерген, що є небезпечними для людини та тварин. Тому на підприємствах, де переробляють рицину, встановлюються дуже жорсткі вимоги до запиленості повітря навколишнього середовища, зокрема робочої зони. В зв'язку з цим для забезпечення відсутності пилу в повітрі робочої зони запропоновано удосконалити технологічну схему пневмосепаратора, який є складовою частиною шельмашини, робоча зона якої є найбільш запиленою у всьому технологічному ланцюгу

переробки рицини. Удосконалена схема пневмосепаратора наведена на рис. 1. Особливістю цього пневмосепаратора є те, що він додатково оснащений пиловловлювальним пристроєм, виготовленим у вигляді вертикального каналу [1, 2]. Конструкційна особливість пиловловлювального пристрою призводить до виникнення просторового руху запиленого потоку в каналі, а моделювання його динаміки є складним теоретичним завданням. Для виявлення закономірностей, що визначають вплив різних факторів на ефективність процесу, необхідно вивчити динаміку частинок домішок в направленому вертикальному потоці.

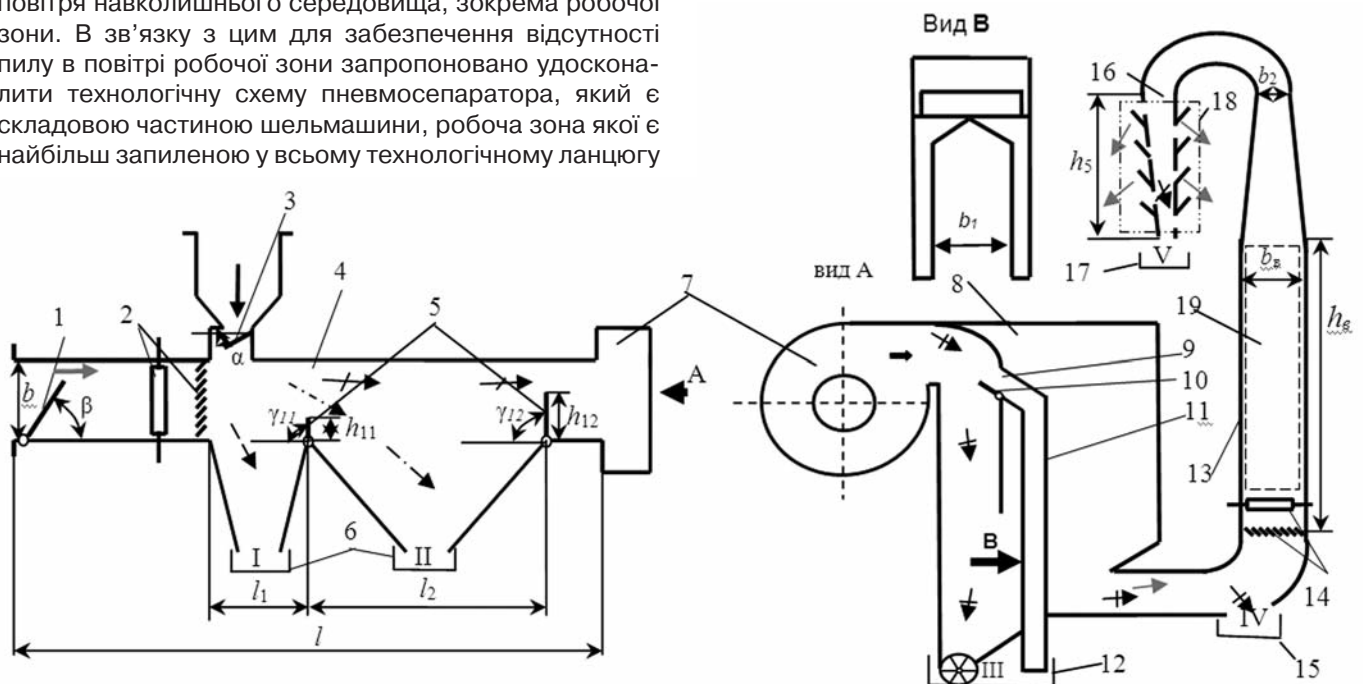


Рис. 1 – Технологічна схема експериментальної установки: 1 – регулятор подачі повітря; 2 – жалюзі епюри швидкості повітря в горизонтальному каналі; 3 – регулятор подачі суміші; 4 – горизонтальний канал; 5 – перегородки з заслінками; 6 – приймачі I та II фракції; 7 – вентилятор; 8 – пилоосаджувальна камера; 9 – щілина поперечна; 10 – клапан додатковий; 11 – рукава відвідні; 12 – приймач III фракції; 13 – вертикальний канал пиловловлювача; 14 – жалюзі вертикального каналу; 15 – приймач IV фракції; 16 – інерційний пиловловлювач; 17 – фільтр-приймач V фракції; 18 – фільтр; 19 – вікно оглядове
 → – рух рушанки рицини; ---→ – рух ядриці та її січки; -.-.-→ – рух лушпиння; +→ – рух частинок дрібного лушпиння та пилу; → – рух повітряного потоку

Аналіз відомих досліджень. На динаміку дисперсних частинок в повітряних потоках впливають чотири основні сили: тяжіння, тиску, внутрішнього тертя й інерції. Для моделювання динаміки руху дисперсної частинки у вертикальному повітряному потоці найчастіше використовують рівняння, побудовані на підставі законів Ньютона [3, 4]. Ці рівняння характеризують внутрішній механізм процесів, встановлюють взаємозв'язок між фізичними умовами процесу і змінами цих умов з плином часу. Тому в кожному конкретному випадку для конкретних матеріалів ці рівняння повинні бути доповнені додатковими умовами.

Мета роботи – обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри пневмосепаратора шляхом встановлення закономірностей руху дрібних частинок дисперсної фази рушанки рицини у вертикальному каналі пиловловлювача.

Основна частина. Технологічний процес розділення компонентів рушанки рицини реалізується повітряним потоком, який змінюється за допомогою регулятора 1 та жалюзі 2 (рис. 1). Згідно з технологічним процесом у завантажувальний бункер сепаратора надходить рушанка рицини, подача якої варіюється регулятором 3. Процес сепарації рушанки відбувається в горизонтальному каналі 4. Розділені фракції рушанки за допомогою регульованих перегородок 5 надходять до встановлених приймачів 6. В кінці горизонтального каналу встановлено вентилятор 7, який нагнітає запылений потік в пилоосаджувальну камеру 8. Камера обладнана пиловловлювальним пристроєм, що складається з поперечної щілини 9, додаткового клапана 10 та пиловідвідних рукавів 11. Вловлені в пилоосаджувальній камері компоненти рушанки потрапляють до приймача 12. Для додаткового очищення повітряного потоку встановлено пиловловлювач, що має вертикальний канал 13 та жалюзі 14. Вловлені компоненти виводяться до приймача 15.

Кінцеве очищення повітряного потоку відбувається в інерційному жалюзійному пиловловлювачі 16, де залишки пилу потрапляють до приймача 17, а чисте повітря виводиться через фільтр 18.

Оскільки закономірності процесу пиловідділення в пилоосаджувальній камері вивчені [5], то в подальшому слід особливу увагу приділити моделюванню процесу очищення повітряного потоку в пиловловлювальному пристрої.

Запылене повітря складається з середовища (повітряного потоку), яке діє вертикально, і дисперсної фази (частинок пилу і легких домішок). Частинки дисперсної фази комплексно характеризуються як геометричними ознаками (дисперсним складом, формою, макро- і мікрорельєфами поверхні), так і фізико-механіч-

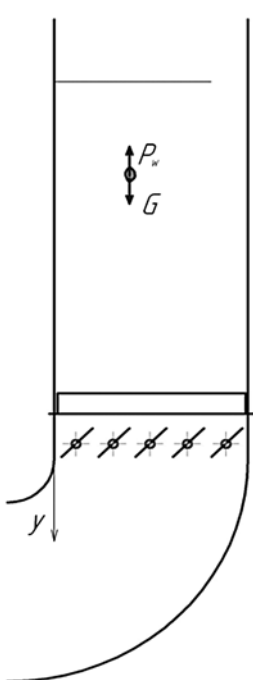


Рис. 2 – Схема сил, що діють на дисперсну частинку у вертикальному каналі

ними властивостями: масовими (щільністю однієї частинки та їх сукупності); аеродинамічними; електрофізичними; теплофізичними та ін.

Досліджуючи рівняння вертикальної швидкості руху дисперсних частинок у вертикальному каналі пиловловлювача пристрою та їх переміщення, можливо обґрунтувати деякі конструкційні параметри пневмосепаратора.

Для дослідження рівнянь були прийняті такі обмеження та припущення: діапазон варіювання швидкості повітряного потоку у вертикальному каналі становить 2-7 м/с, що обумовлено технологічними вимогами до якості сепарації рушанки в горизонтальному каналі; діапазон варіювання розмірів частинок дисперсної фази у вертикальному каналі обмежений 0,5-4 мм; частинки дисперсної фази мають складну форму, а не кулеподібну, як прийнято представляти в дослідженнях, тому згідно з [7] і [8] в розрахунки було введено відповідний коефіцієнт, що враховує аеродинамічну форму поверхні дисперсної частки $C_x/2=0,7-0,8$; потік повітря за перетином вертикального каналу рівномірний; момент інерції, який діє на частинку, рівний нулю.

З урахуванням цього були отримані залежності зміни вертикальної швидкості руху частинок дисперсної фази на вході до вертикального каналу пневмосепаратора (висота каналу $h_b=0$) в залежності від розмірів частинок (рис. 3) та швидкості їх переміщення.

Плюсове значення вертикальної швидкості переміщення частинок свідчить про те, що частинка рухається вниз по осі Y (рис. 3), а мінусове, навпаки, – рухається вгору. Рух частинки вгору є небажаним, оскільки веде до збільшення кількості частинок, що потрапили до фільтра. Як видно з рис. 3, збільшення швидкості повітряного потоку веде до винесення частинок з вертикального каналу. Причому за швидкості потоку 5,4-7 м/с 100% дисперсних частинок направляється у фільтр.

На рис. 4 наведена залежність ефективності очищення повітря у вертикальному каналі від його швидкості з урахуванням гранично допустимої запыленості робочої зони. Як бачимо, максимальна норма гранично допустимої концентрації пилу в повітрі робочої зони, яка становить 4 мг/м^3 , задовольняється за швидкості повітря $V_n=3,8$ м/с, при цьому ефективність очищення вертикальним каналом J буде становити 48%. За швидкості повітря $V_n=2$ м/с ефективність очищення вертикальним каналом J становить 100%. Тому обґрунтований діапазон швидкості повітряного потоку на вході у вертикальний канал (без урахування його висоти), з точки зору

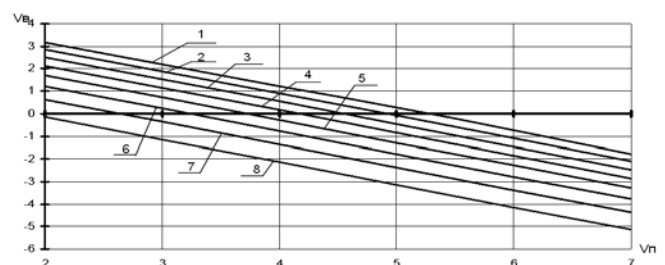


Рис. 3 – Залежності вертикальної швидкості переміщення частинки дисперсної фази V_b від швидкості повітряного потоку V_n за умов: $a = 4$ мм (1); $a = 3,5$ мм (2); $a = 3$ мм (3); $a = 2,5$ мм (4); $a = 2$ мм (5); $a = 1,5$ мм (6); $a = 1$ мм (7); $a = 0,5$ мм (8) ($C_x/2=0,75$; $\rho_q = 0,001$ кг/см³; $\rho = 1,26$ кг/м³)

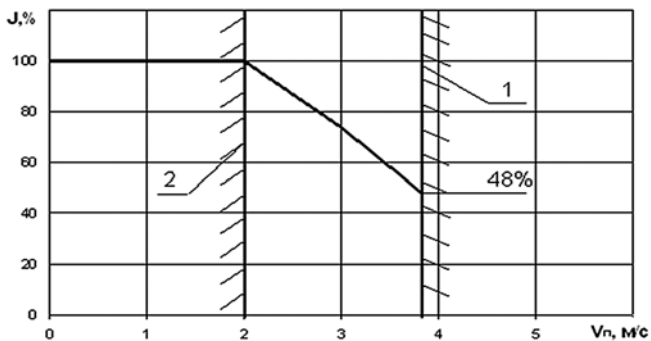


Рис. 4 – Залежність ефективності очищення повітря у вертикальному каналі $J, \%$ від швидкості V_n : 1 – концентрація пилу в повітрі робочої зони становить $G=4\text{мг/м}^3$; 2 – концентрація пилу в повітрі робочої зони становить $G=0\text{мг/м}^3$

нормованої запиленості повітря, становить 2-3,8 м/с. Слід зазначити, що зменшення швидкості повітряного потоку у вертикальному каналі веде до уловлення частинок меншого розміру, проте це викликає зниження якості сепарації в горизонтальному каналі.

Висота вертикального каналу безпосередньо впливає на швидкість повітряного потоку у ньому. З підвищенням висоти каналу зменшується швидкість частинок дисперсної фази, що веде до збільшення кількості вловлених частинок за аеродинамічними властивостями, проте це викликає збільшення гідравлічного опору сепаратора, що веде до зміни швидкості повітряного потоку в горизонтальному каналі пневмосепаратора та потребує підвищення енергоємності процесу.

Аналізом залежностей встановлено, який час необхідно подолати частинці пилу у вертикальному каналі до моменту, коли її вертикальна швидкість буде дорівнювати нулю: $V_v = 0$ м/с, тобто коли частинка досягає швидкості витання.

З використанням встановлених закономірностей отримано залежності можливого переміщення частки пилу у вертикальному каналі від швидкості повітряного потоку. З аналізу залежностей встановлено, що при висоті вертикального каналу $h_v = 9000$ мм ефектив-

ність становить 100% за швидкості $V_n = 7$ м/с. Для уловлення частинок пилу дисперсної фази з урахуванням гранично допустимої концентрації пилу в повітрі робочої зони висота каналу (h_v) має становити 1400 мм. За цієї висоти межу швидкості повітря по перетину вертикального каналу (V_n) можна збільши-

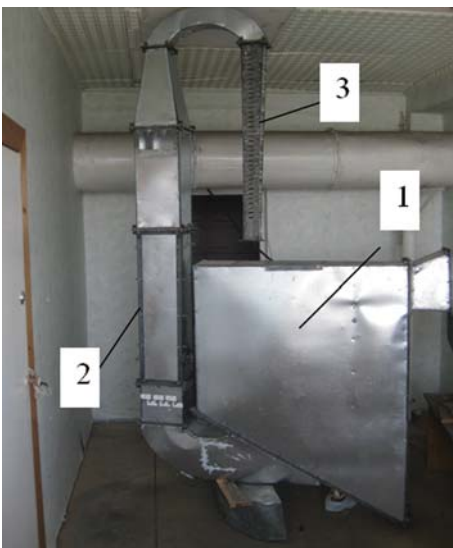


Рис. 5 – Експериментальна установка пневмосепаратора з пиловловлювальною камерою: 1 – пиловловлювальна камера; 2 – вертикальний канал; 3 – інерційний жалюзійний пиловловлювач

ти до 4,8 м/с, а швидкість, за якої відбувається вловлювання 100% пилу (V_n), також збільшити до 3,2 м/с.

Виходячи з цього, обґрунтований діапазон швидкості повітря у вертикальному каналі пиловловлювача (V_n) становить 3,2-4,8 м/с. Результати наведених розрахунків співпадають із даними експериментальних досліджень, отриманих за допомогою експериментальної установки (рис. 5).

Висновки. За результатами досліджень обґрунтовано технологічну швидкість повітряного потоку у вертикальному каналі та його конструкційну висоту. Так, за висоти каналу 1400 мм і швидкості потоку в діапазоні 3,2-4,8 м/с концентрація пилу рицини в робочій зоні не буде перевищувати гранично допустиму концентрацію. Теоретично обґрунтовані параметри пневмосепаратора перевірені експериментально.

Список літератури

1. Пиловловлювач аеродинамічної сепарації сипких матеріалів, в тому числі і рушанки рицини: Д.п. 58227 Україна, МПК В01 D45/00/ В.А. Дідур, А.Б. Чебанов (Україна). – U201010090; заявл. 16.08.2010; Опубл. 11.04.2011, Бюл. №7. – 2 с.
2. Дідур В.А. Оптимізація параметрів пневмосепаратора для сепарації рушанки рицини / В.А. Дідур, А.Б. Чебанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип.10. – Т.8. – С. 70-77.
3. Гольдштик М.А. Процессы переноса в зернистом слое. – Новосибирск: Ин-т теплофизики АН СССР СО, 1984. – 163 с.
4. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
5. Харченко С.О. Обгрунтування параметрів процесу очищення повітряного потоку пилоосаджувальною камерою вібровідцентрових зернових сепараторів: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ХНТУСГ. – Харків, 2007. – 20 с.
6. Дідур В.А. Динаміка дисперсної фази запиленого повітряного потоку у вертикальному потоці пневмосепараторів рушанки рицини / В.А. Дідур, А.Б. Чебанов // Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – Вип. 124. – Т.1. – С. 52-63.
7. Васильева Г.А. Исследование аэродинамической характеристики зернистого материала: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.14/ Одесский технол. ин-т. пищевой пром. им. Ломоносова. – Одесса, 1973. – 20 с.
8. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков В.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 392 с.

Аннотация. Установлены закономерности для обоснования конструктивно-технологических параметров пневмосепаратора путем определения динамических характеристик частиц дисперсной фазы пылевых воздушных потоков при пневмосепарации сыпучих материалов на примере рушанки клеверины.

Summary. The regularities to support structural and technological parameters sifter by identifying dynamical properties of the dispersed phase in the dusty air flows at air separation bulk materials on the example seed of castor oil.