УДК 631.632

В.М. Сало, проф., д-р техн. наук, Д.І. Петренко, канд. техн. наук,
О.В. Нестеренко, ас., Д.О. Гриценко, студ.
Кіровоградський національний технічний університет

Перспективні напрямки розвитку зерноочисної техніки переробних підприємств

Означені проблемні питання підготовки зернового матеріалу на переробних підприємствах. Визначений перспективний напрям розвитку пневматичної зерноочисної техніки – застосування в каналах штучно створених силових полів. Обґрунтована можливість підвищення продуктивності відцентрово-пневматичного сепаратора ЗАВ 40.02.000.
харчове машинобудування, підготовче відділення, відцентрово-пневматичний сепаратор, питома продуктивність, циліндричний барабан, пруткова навивка

Однією з основних задач, яка ставиться перед харчовою промисловістю і харчовим машинобудуванням, є створення високоефективного технологічного обладнання, яке, базуючись на використанні прогресивних технологій, значно підвищує продуктивність праці, зменшує негативну дію на навколишнє середовище і сприяє економії сировини, паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів. В цьому контексті важливе значення для розвитку харчових виробництв відіграє науково-технічний прогрес, який полягає в пошуку нових, піонерських рішень в конструкції машин і апаратів.

Матеріал, який надходить до переробних підприємств, містить в своєму складі до 10…15 % домішок різного походження, що знижує продовольчу цінність зерна. Тому стандартами (ГОСТ, ДСТУ) передбачаються норми приймання зернового матеріалу на переробних підприємствах. Так, для продовольчого призначення вміст сміттних домішок для пшениці і жита допускається не більше 5%, для інших зернових – 8 %, для рису – 10 %; вміст зернових домішок не більше 15 % [1, 2].

Тому в технологічному процесі переробки зернового матеріалу передбачаються операції по його очищенню і доведенню до базисних кондицій. Оскільки обладнання по очищенню не задіяне безпосередньо у переробці зерна, тобто зміні його форми, структури, хімічного складу тощо, то нагальним є зменшення частки питомих витрат по очищенню зерносумішей в загальних витратах.

Серед найпоширеніших методів очищення найбільшого поширення набули розділення за розмірами не решетах та за аеродинамічними ознаками в повітряних каналах. При цьому рівень розвитку за продуктивністю та енергетичними витратами решітних зерноочисних машин дещо випереджає рівень повітряних сепараторів. В зв'язку з необхідністю співставлення по продуктивності технологічного обладнання переробних підприємств актуальною задачею сьогодні є розробка і дослідження саме повітряних систем зерноочисних машин.

Аналіз конструкцій та характеристик повітряних систем існуючих зерноочисних машин показав, що вони не забезпечують високого ступеня очищення, мають значні енергоємність і металоємність, а можливості інтенсифікації пневмосепарації лише за допомогою гравітаційних сил майже вичерпані.

© В.М. Сало, Д.І. Петренко, О.В.Нестеренко, Д.О.Гриценко, 2011

Серед машин, в яких використовуються штучно створені силові поля, вигідно вирізняється відцентрово-пневматичний сепаратор ЗАВ 40.02.000 [3]. Застосована в конструкції даного відцентрово-пневматичного сепаратора комплексна дія на зерновий матеріал відцентрових сил та сили повітряного потоку, з урахуванням розміщення зерносуміші в пневмоканалі в один шар, дозволяє отримати потрібне віяло розсіювання і забезпечити необхідну якість процесу, оскільки кути відриву насіння і домішок суттєво відрізняються.

Недоліками представленого сепаратора є зростання опору сітчастого барабана при збільшенні частоти обертання, що призводить до незадовільної обробки компонентів зерносуміші повітряним потоком та нестабільний рух часток по його поверхні із-за наявності поперечних перетинок сітчастого профілю, особливо на початковому етапі, коли швидкість їх руху значно нижча ніж швидкість поверхні барабана, оскільки матеріал переміщується в пневмоканалі по барабану з ковзанням.

Вирішення проблеми підвищення технологічної ефективності досягається шляхом встановлення оригінального барабана з прутковою навивкою круглого профілю (рис. 1).

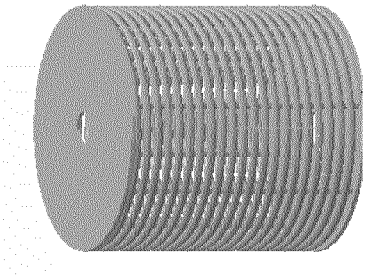


Рисунок 1 - Циліндричний барабан з прутковою поверхнею

Очищення зернового матеріалу у відцентрово-пневматичному сепараторі можна умовно розділити на чотири етапи (рис. 2).

При надходженні до повітряного каналу матеріал проходить шлях від вихідного вікна бункера до місця подачі у повітряному каналі, яке визначається кутом φ_0. При цьому повинні забезпечуватись відповідні швидкість введення V_0 і товщина шару матеріалу перед введенням h_0, які обумовлюються кутом нахилу подаючого лотка α_0 до горизонту, його довжиною S та параметрами бункера.

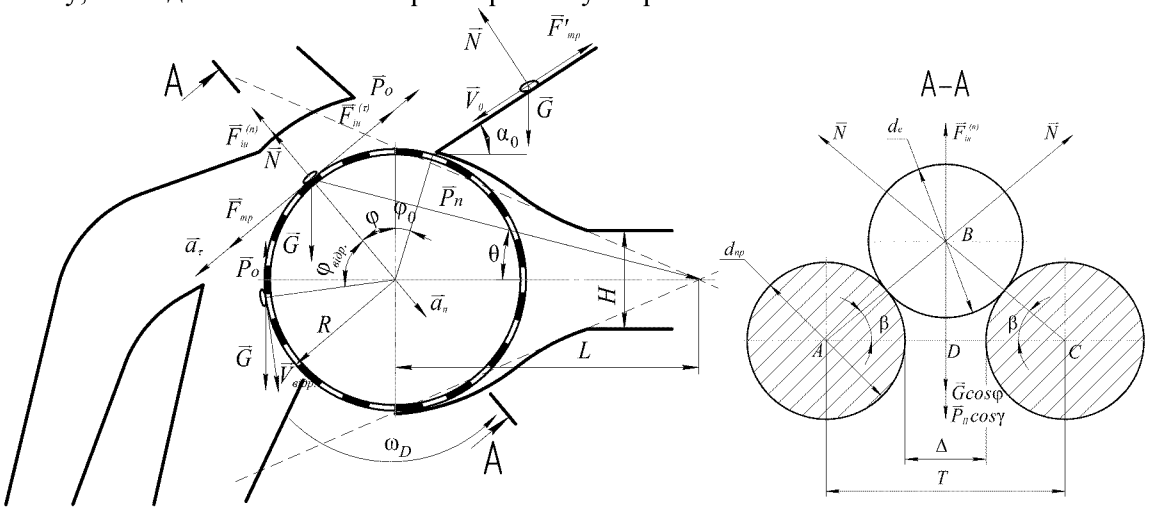


Рисунок 2 – Схема об’єкту досліджень

При переході від подаючого лотка на поверхню циліндричного барабана з прутковою поверхнею повинна дотримуватись умова одношарового розміщення матеріалу на цій поверхні у повітряному каналі. Це забезпечується відповідними кінематичними параметрами циліндричного барабана.

Перехід матеріалу від бункера до повітряного каналу відбувається в декілька шарів. Згідно проведеного літературного аналізу встановлено, що більш якісне повітряне очищення матеріалу відбувається при обробці зернового матеріалу у повітряному каналі в один шар. Запишемо умову переходу матеріалу від подаючої поверхні до пруткового барабана з урахуванням живого перерізу останнього:

$$V_D = V_0 \cdot \frac{h_0}{h_D \cdot \kappa_{ж}}, \tag{1}$$

де V_D і V_0 – відповідно колова швидкість поверхні пруткового барабана та швидкість введення матеріалу до повітряного каналу, м/с;

h_0 і h_D – товщина шару матеріалу відповідно при подачі і при русі по поверхні пруткового барабана в повітряному каналі, м;

$\kappa_{ж}$ – коефіцієнт живого перерізу поверхні барабана

$$\kappa_{ж} = 1 - \frac{d_{пр} \cdot z_{пр}}{B};$$

B – ширина пруткового барабана, м;

$d_{пр}$ – діаметр прутка навивки, м;

$z_{пр}$ – кількість прутків, шт.

Аналіз рівняння (1) показує, що для забезпечення необхідного обробітку матеріалу в один шар колова швидкість барабана повинна бути більшою від швидкості введення матеріалу на величину h_0 / h_D.

Визначимо необхідну частоту обертання барабана

$$n_D = \frac{60 \cdot V_D}{\pi \cdot D}, \tag{2}$$

або, виходячи з умови нерозривності потоку:

$$n_D = \frac{60 \cdot V_0}{\pi \cdot D} \cdot \frac{h_0}{h_D \cdot \kappa_{ж}}, \tag{3}$$

де n_D – частота обертання пруткового барабана, об/хв;

D – діаметр барабана, м.

Питома продуктивність сепаратора по ширині каналу визначається як:

$$q_B = \frac{Q}{B} \tag{4}$$

де Q – секундна продуктивність сепаратора, кг/с:

$$Q = V_D \cdot L_D \cdot h_D \cdot \rho, \tag{5}$$

L_D – робоча довжина барабана, м;

ρ – об'ємна маса зерна, кг/м^3.

З врахуванням залежностей (1), (3), (5) рівняння (4) прийме вигляд:

$$q_B = n_D \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot \rho \cdot h_D}{60} \cdot \kappa_{ж}, \tag{6}$$

де q_B – питома продуктивність ширини сепаратора, кг/м·с;

Представимо графічно залежність потрібної частоти обертання пруткового барабана від початкової швидкості введення матеріалу в канал при різній початковій товщині матеріалу (рис. 3).

З графіка (рис. 3) видно, що збільшення початкової товщини шару матеріалу вимагає значного збільшення частоти обертання барабана, що при сталому значенні швидкості повітря призведе до швидкого відриву часток ще на початковому етапі взаємодії останніх з барабаном, не даючи змоги отримати необхідне для сепарації «віяло розсіву». Узгодження швидкості повітряного потоку зі значною частотою обертання барабана суттєво підвищує енергоємність процесу.

Таким чином, діапазон раціональних значень початкової товщини шару матеріалу слід шукати в зоні мінімальних значень, узгоджуючи їх з потрібною швидкістю введення. Згідно з рекомендаціями І.П. Бєзручкіна, А.Я. Маліса, А.Р. Демидова, А.І. Нелюбова, Е.Ф. Вєтрова, А.І. Буркова, Н.П. Сичугова та інших авторів [1, 4, 5, 6], оптимальні швидкості введення матеріалу до повітряного каналу знаходяться в межах 0,2…0,5 м/с.

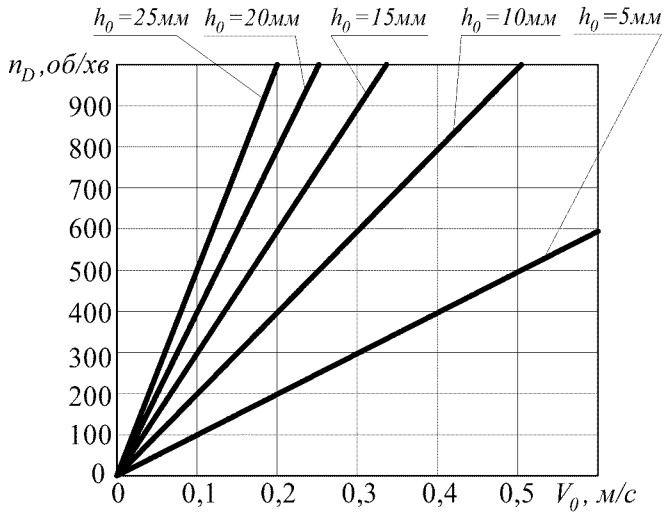
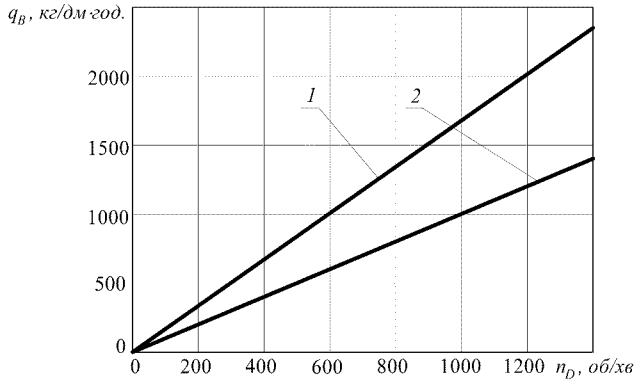


Рисунок 3 – Залежність частоти обертання пруткового барабана n_D від початкової швидкості V_0 введення матеріалу в канал при різній початковій товщині матеріалу h_0



1 – об'ємна маса зерносуміші $\rho = 450$ кг/м^3; 2 – об'ємна маса зерносуміші $\rho = 755$ кг/м^3

Рисунок 4 – Залежність питомої продуктивності ширини повітряного каналу від частоти обертання пруткового барабана

Для вказаних значень початкової швидкості необхідна частота обертання барабана становитиме (рис. 3) $n_D = 400...1000$ об/хв.

Питома продуктивність сепаратора для вказаного діапазону швидкостей становитиме (рис. 4):

– для зерносуміші з об'ємною масою $\rho = 450$ кг/м^3 – $q_B = 600...1600$ кг/дм·год.;

– для зерносуміші з об'ємною масою $\rho = 755$ кг/м^3 – $q_B = 400...1000$ кг/дм·год.

Як засвідчує рівняння (6), на питому продуктивність сепаратора має вплив і коефіцієнт живого перерізу ширини барабана, величина якого визначається діаметром прутка навивки барабана.

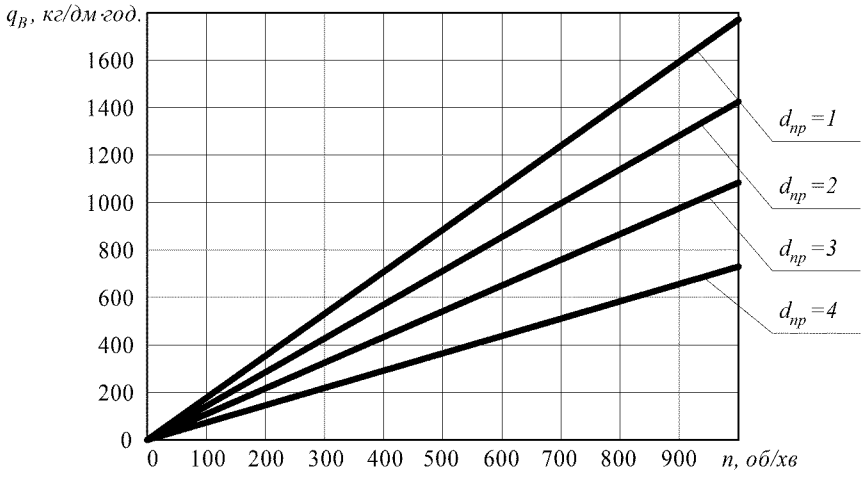


Рисунок 5 – Залежність питомої продуктивності ширини повітряного каналу від діаметра прутка при різній частоті обертання циліндричного барабана

При зменшенні діаметра прутка питома продуктивність ширини повітряного каналу (рис. 5) зростає внаслідок збільшення живого перерізу каналу.

Для визначення якісного впливу на процес пневмосепарації параметрів пруткової поверхні циліндричного барабана, необхідно дослідити характер переміщення матеріалу у повітряному потоці по його зовнішній поверхні.

Висновок. Проведені попередні теоретичні дослідження питомої продуктивності пневмосепарації відцентрово-пневматичним сепаратором виявили її залежність від параметрів пруткової поверхні барабана та його частоти обертання. Так, зменшення діаметра прутків циліндричного барабана в межах $d_{пр} = 4...1$ мм має значний вплив на

живий переріз повітряного каналу і забезпечує збільшення продуктивності сепаратора q_B від 700 до 1800 кг/дм·год. При цьому збільшення живого перерізу каналу має обмеження із-за конструктивних особливостей виготовлення циліндричного барабана. Тому основним регулятором питомої продуктивності тут виступає частота обертання барабана, яка в базовій моделі сепаратора ЗАВ 40.02.000 обмежена, як зазначалося вище, якісними показниками процесу.

За результатами теоретичних досліджень встановлено, що одношарове розміщення зерносуміші об'ємної маси $\rho = 755\,кг/м^3$ по площі живого перерізу забезпечується при наступних діапазонах зміни раціональних значень параметрів запропонованого відцентрово-пневматичного сепаратора: швидкості введення матеріалу до повітряного каналу V_0 = 0,2…0,5 м/с, питомої продуктивності сепаратора $q_B = 400...1000$ кг/дм·год., частоти обертання барабана $n_D = 400...1000$ об/хв.

Тому застосування запропонованої конструкції барабана з прутковою поверхнею круглого профілю, яка усуває недоліки базової конструкції, дозволить підвищити питому продуктивність відцентрово-пневматичного сепаратора без значної зміни енергетичних витрат.

Список літератури

1. Бурков А. И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / А.И.Бурков, Н. П. Сычугов. – Киров: Изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.
2. Боуманс Г. Эффективная обработка и хранение зерна / Г. Боуманс; [пер. с англ. В. И. Дашевского]. – М. : Агропромиздат, 1991. – 608 с.
3. Безручкин И. П. Очистка зернового материала центробежно-пневматическим сепаратором : Исследование рабочих процессов и органов машин для уборки зерновых культур и послеуборочной обработки зерна / И. П. Безручкин, Е. Г. Баженов, В. В. Попов // Труды ВИСХОМ. – Москва. – 1969. – Вып. 57. – С. 301–320.
4. Безручкин И. П. Исследование аэродинамических свойств зерен в вертикальном потоке / И. П. Безручкин // Сельскохозяйственная машина. – 1936. – № 3. – С.16–22.
5. Малис А. Я. Машины для очистки зерна воздушным потоком / А. Я. Малис, А. Р. Демидов. – М. : Машгиз, 1962. – 175 с.
6. Нелюбов А. И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А. И. Нелюбов, Е. Ф. Ветров. – М. : Машиностроение, 1977. – 190 с.

В. Сало, Д. Петренко, А. Нестеренко, Д. Гриценко

Перспективные направления развития зерноочистительной техники перерабатывающих предприятий

Обозначены проблемные вопросы подготовки зернового материала на перерабатывающих предприятиях. Определено перспективное направление развития пневматической зерноочистительной техники – использование в каналах искусственно созданных силовых полей. Обоснована возможность повышения производительности центробежно-пневматического сепаратора ЗАВ 40.02.000.

V. Salo, D. Petrenko, A. Nesterenko, D. Gricenko

Perspective directions of development are graincleansing technique processing enterprises

The problem questions preparation of grain-growing material are marked on processing enterprises. Certain perspective direction development of pneumatic graincleansing technique is application in the channels of the artificially created power fields. Reasonable possibility increase of the productivity centrifugal-pneumatic separator ZAV 40.02.000.

Одержано 02.10.11