

М.І. Васильковський, доц., канд. техн. наук, О.М. Васильковський, доц., канд. техн. наук, С.М. Лещенко, О.В. Нестеренко, аспіранти
Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження роботи пневмосепаруючого каналу на фізичній моделі

Стаття присвячена дослідженню пневмосепарації зерна з метою підвищення її ефективності. Авторами запропоновано нове технічне рішення для досягнення поставленої мети.
сепарація, повітряний потік, розшарування, багаторівневе введення зерна

Пневмосепарація є одним із найпоширених методів очищення зерна, який внаслідок його універсальності та відносної нескладності використовується в більшості сучасних зерноочисних та насінеочисних машин. Але існуючі пневмосепаруючі органи зерноочисних машин (ЗОМ) вже не відповідають сучасним вимогам до них як за показниками технологічної ефективності, так і енергоємності. Тому їх дослідження і вдосконалення з метою покращення означених показників є важливою і актуальною задачею.

Метою даної роботи являється підвищення ефективності роботи найбільш поширених в сучасних ЗОМ вертикальних пневмосепаруючих каналів (ПСК).

Багаточисельними дослідженнями [1] встановлено, що основні технологічні показники пневмосепарації: повнота (якість) розділення матеріалу та питома продуктивність ПСК пов'язані між собою зворотною залежністю, в наслідок чого підвищення (збільшення) одного з них обов'язково веде до зменшення іншого. Тому для досягнення поставленої мети необхідно дослідити механізм функціонування цієї залежності і визначити фактори впливу на цей механізм для його покращення.

З фізичної суті процесу пневмосепарації витікає, що для його ефективного здійснення необхідно забезпечити в ПСК відповідну швидкість повітряного потоку, яка максимально наближається до величини швидкості витання очищуваного зерна, і при цьому не перевищує його.

В реальних умовах роботи ПСК, навіть при рівномірному введенні матеріалу, його опір повітряному потоку в різних зонах робочого перерізу суттєво відрізняються. Він є найбільшим в зоні введення матеріалу в канал, де його щільність максимальна, декілька меншим – в зоні його виведення з каналу, у протилежній (зовнішній) стінці і найменшим – в центральній частині поперечного перерізу, де має місце найбільше розшарування матеріалу, та мінімальна його щільність. Тому фактичні значення швидкостей повітряного потоку в означених зонах також суттєво відрізняються. А саме, якщо його середнє значення по робочому перерізу ПСК дорівнює швидкості витання зерна, то в зонах введення і виведення матеріалу вона завжди менша цього значення. А в центральній зоні – перевищує її. Тому в результаті такого розподілу швидкостей повітряного потоку, ефективність виділення легких домішок в зонах введення і виведення зерна завжди нижча ніж в центральній частині робочого перерізу ПСК. Але, внаслідок підвищення швидкості повітря в центральній частині каналу там зростає вірогідність погіршення чіткості сепарації, що веде до збільшення втрат повноцінного зерна у відходах. При цьому, така негативна закономірність суттєво посилюється зі збільшенням питомого навантаження на робочий переріз ПСК.

Відомим засобом зменшення цього негативного впливу підвищених навантажень на ПСК, який дозволяє отримати підвищення ефективності пневмосепарації, пов'язаний з штучним підвищенням опору повітряному потоку в його центральній частині за рахунок використання додаткового пристрою із гофрованих пластин [1]. Він дозволяє вирівнювати значення його швидкостей в означених зонах при більш високих питомих навантаженнях на ПСК і тим покращує його роботу. Але використання цього напрямку пов'язане з підвищенням загального опору ПСК, тобто із збільшенням його енергоємності, а також з необхідністю узгодження опору відповідного технічного пристрою і оброблюваного матеріалу, який в реальних умовах експлуатації ЗОМ суттєво змінюється в залежності від величини питомого навантаження. Тому він не знайшов широкого застосування в сучасних ЗОМ.

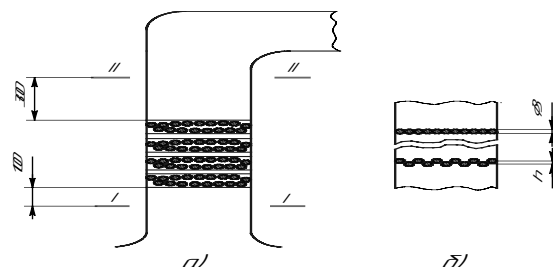
Більш перспективним являється запропонований нами напрямок підвищення ефективності пневмосепарації, який базується на обмеженні опору оброблюваного матеріалу в зоні його введення в ПСК. Для цього введення зерна в ПСК здійснюється не суцільним потоком, а у вигляді декількох тонких струменів обмеженої щільності, які перетинають його робочу зону паралельними траєкторіями поряд, або на різних рівнях одна над однією.

Задачею наших досліджень було визначення впливу щільності оброблюваного матеріалу в ПСК на опір і рівномірність швидкостей повітряного потоку та оцінка енергоємності вдосконаленого процесу.

Зважаючи на те, що процес пневмосепарації носить нестационарний характер, а тривалість перебування зернової частки в каналі досить незначна (0.3...0.5 с), його експериментальне дослідження в реальних умовах не дозволяє в повній мірі прослідкувати і визначити його закономірності та врахувати взаємодію всіх основних факторів. Тому дослідження процесу здійснювали на його "фізичній" моделі, в якій реальну рухому зернову суміш було замінено групою нерухомих металевих стержнів, діаметром близьким до середньої товщини зерна пшениці (3 мм). Їх було розташовано в каналі горизонтально перпендикулярно до його бокових стінок та напрямку руху повітряного потоку. Згідно дослідження [2], гідравлічний опір такої фізичної моделі означених стержнів, обтікаємих повітряним потоком, характеризується такими ж законами, як і опір зернового шару в реальних умовах процесу пневмосепарації.

Для експерименту був використаний вертикальний ПСК, в якому по всьому поперечному перерізу 100x100 мм. встановлювали один до одного означені металеві стержні, відстань між якими поступово збільшували за рахунок вертикального пересування всіх парних стержнів відносно решіт непарних, розташовуючи їх в шаховому порядку в два ряди. (рис 1, б.)

Досліди проводили на швидкості повітряного потоку в ПСК рівній 6,5 м/с, а заміри статичного тиску здійснювали за допомогою мікроманометра в двох перерізах: I-I та II-II на відстані 100 мм під та 300 мм над місцем розташування моделі. Втрати тиску в робочій зоні визначали за різницею його статичного значення в означених перерізах.



а) - розташування пруткових решіток в ПСК для багатошарового процесу. б) – варіанти розташування стержнів в прутковій решітці для одношарового процесу.

Рисунок 1 – Схема дослідного ПСК

На рис. 2 представлений графік зміни опору ΔH для решітки рис.1 б з двохранним розміщенням її стержнів в залежності від відстані h між їх центрами. З одержаного графіка видно, що при щільному розташуванні стержнів в притул один до одного, опір решітки є максимальний. А при поступовому збільшенні відстані h до 3-4 мм. опір решітки швидко зменшується, а потім при $h > 5$ мм. він стабілізується, і далі остається, практично, на постійному рівні.

Аналіз отриманої залежності і відповідні розрахунки свідчать, що для забезпечення раціонального і стабільного зниження опору ΔH (понад 4,5 разів) для щільного однорядного шару необхідно здійснити відповідне його розшарування, при якому відстань (зазор) між сусідніми стержнями (частками) стане більшим 2,8-3 мм., тобто приблизно рівним розміру (діаметру) стержня (зернової частки) при їх взаємному розташуванню в сусідніх рядах в "шаховому порядку".

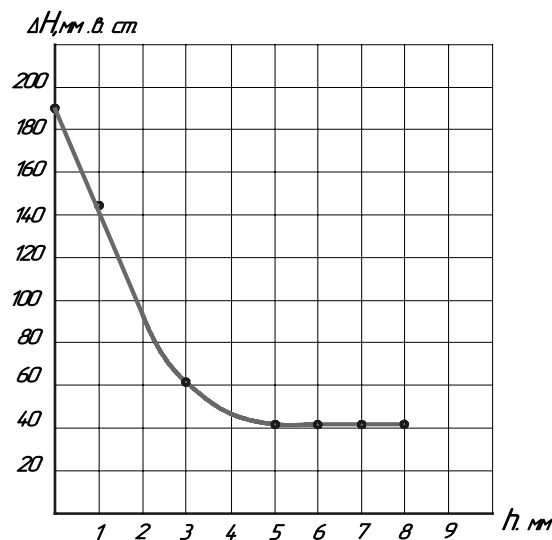


Рисунок 2 – Залежність опору решітки ΔH від відстані між її стержнями h

На наступному етапі досліджень для визначення впливу взаємодії декількох шарів зернового матеріалу на його опір повітряному потоку була створена "фізична" модель багатшарового зернового матеріалу із 4-х рівнозначних за опором решіток (рис. 1 а), побудованих аналогічно вищерозглянутої. Але взаємне розташування стержнів всіх решіток було підбрано згідно реальної епюри поля швидкостей повітряного потоку в ПСК при його питомому зерновому навантаженню 50 кг/см.год., характеристику якого було отримано під час попередніх досліджень.

Визначення опору решіток та швидкості повітряного потоку здійснювали за допомогою мікроманометрів в перерізах ПСК 1-1 та 2-2 (рис. 1 а) як при відсутності решіток, так і при їх наявності від одної до чотирьох.

Відносна нерівномірність поля швидкостей повітряного потоку в ПСК оцінювали коефіцієнтом варіації δ , якій визначали за формулою:

$$\delta = \frac{\sigma_c}{\bar{v}} 100, \quad (1)$$

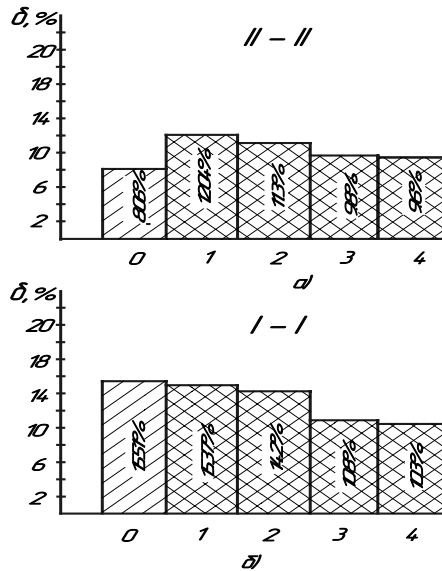
де $\sigma_c = \sqrt{\frac{\sum (v_i - \bar{v})^2}{n-1}}$ - середньоквадратичне відхилення величини швидкості, м/с;

v_i – місцева швидкість в точці заміру, м/с;

\bar{v} – середньоарифметична швидкість повітря в каналі, м/с;

n - кількість точок заміру швидкості;

На рис. 3 представлено результати визначення відносної нерівномірності повітряного потоку в означених перерізах ПСК. Їх аналіз свідчить, що з підвищенням кількості решіток в ПСК нерівномірність швидкостей повітряного потоку зменшується в обох його перерізах. Отримані нами результати експериментальних досліджень відповідають теоретичним висновкам Г.І. Таганова [3], згідно яких використання сіток в ПСК, в наслідок дії їх опору, дозволяє вирівнювати поля швидкостей повітряного потоку.



а) – в перерізі II-II; б) – в перерізі I-I для умов: 0- відсутність решітки; 1-4 – кількість решіток в каналі
Рисунок 3 – Діаграми нерівномірності поля швидкостей повітряного потоку

На рис. 4 представлено закономірності зміни енергоємності пневмосепарації зерна в залежності від питомого навантаження на ПСК для: 1 – запропонованого багаторівневого введення матеріалу; 2 – звичайного (традиційного) введення суцільним зерновим потоком (за даними дослідження С.С Шклярова [4]).

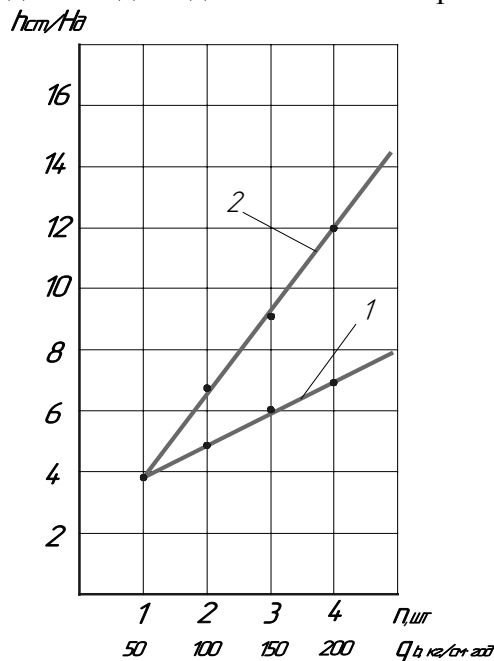


Рисунок 4 – Порівняльна характеристика зміни енергоємності процесу пневмосепарації, $h_{ст}/H_d$, від навантаження q_v для: 2 - звичайного введення матеріалу; 1- багаторівневого введення

Аналіз представлених на рис. 4 залежностей 1 і 2 свідчить, що збільшення продуктивності пневмосепарації зерна як за рахунок підвищення питомого навантаження при звичайному (традиційному) введенні матеріалу в ПСК, так при вдосконаленому багаторівневому введенні, збільшують його опір і енергоємність пневмосепарації. Але їх збільшення при звичайному введенні (2) для підвищених питомих навантажень суттєво перевищують відповідні значення для вдосконаленого багаторівневого введення матеріалу.

Тому в пневмосепараторах ЗОМ, призначених для попереднього і первинного очищення зерна, які працюють на підвищених питомих навантаженнях, використання вдосконалених ПСК з багаторівневим введенням оброблюваного матеріалу в канал забезпечить як підвищення технологічної ефективності пневмосепарації, так і зменшення їх енергоємності.

Таким чином, в результаті проведеного дослідження встановлено:

1. На ефективність пневмосепарації зерна найбільш суттєво впливає нерівномірність швидкостей повітряного потоку, яка пов'язана з опором робочого перерізу ПСК.

2. Для збільшення ефективності пневмосепарації зерна необхідно зменшувати його опір повітряному потоку, насамперед в зоні введення матеріалу за рахунок його відповідного розшарування.

3. Забезпечення ефективного розшарування зерна досягається поділенням суцільного зернового потоку перед його введенням в ПСК на декілька тонких струменів, які перетинають його робочу зону паралельними траєкторіями на різних рівнях.

4. Найбільш раціональне і стабільне зниження опору щільного однорядного зернового шару відповідає умовам його розташування, при яких відстань (зазор) між сусідніми частками становить приблизно середньому розміру (діаметру) зернової частки.

5. Ефективність розшарування зернового матеріалу перед його введення в ПСК зростає з підвищення питомих навантажень. Тому його реалізацію необхідно забезпечувати в пневмосепараторах ЗОМ, призначених для попереднього і первинного очищення зерна.

Список літератури

1. Малис А.Я., А.Р. Демидов. Машины для очистки зерна воздушным потоком – М.: Машгиз, 1962. - 175 с.
2. Аэров О.М., Годес М.Э. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов. 1968, стр.105
3. Таганов Г.И. Выравнивающее действие сеток в потоках жидкостей и газов – Тр.ЦАГИ, вып.604,14 с.
4. Шкляров С.С. Сопrotивление аспирационного канала воздушному потоку. Тракторы и сельхозмашины №2, 1970.

Статья посвящена исследованию пневмосепарации зерна с целью повышения ее эффективности. Авторами предложено новое техническое решение для достижения поставленной цели.

The article is devoted to research of pnevmoseparatsyy corn with the purpose of increase of its efficiency. By authors new technical solution is offered for achievement of the put purpose.