

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

КИРИЛЮК Олександр Вікторович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЕРОДИНАМІЧНОГО
СЕПАРАТОРА САД-4**

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
д.т.н., проф. Дерев'янко Д.А.

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Кирилук О. В. **Підвищення ефективності аеродинамічного сепаратора САД-4.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020 р.

Кваліфікаційна робота охоплює оцінку технологічних схем аеродинамічного сепарування вихідного зернового матеріалу, визначає позитивні та негативні сторони технічних засобів виконання технологічного процесу очищення зерна від домішок.

У кваліфікаційній роботі вирішується науково-практичне завдання підвищення ефективності серійного аеродинамічного сепаратора САД-4, з цією метою встановлено основні аеродинамічні характеристики повітряного потоку в пневмо-сепаруючому каналі, визначено вплив особливостей налаштування системи подачі матеріалу та подачі повітря на рівномірність розподілу вихідного матеріалу за фракціями.

Запропонована удосконалена конструкція струменевого генератора, яка дозволяє підвищити інтенсивність повітряного потоку в нижній ділянці вертикальної площини повітряного каналу за рахунок налаштування кута нахилу напрямних пластин.

Ключові слова: аеродинамічний сепаратор, повітряний потік, струменевий генератор, рівномірність потоку, повітряний канал

ANNOTATION

Kyryliuk O. V. **Improving the efficiency of the aerodynamic separator SAD-4.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in 208 – agroengineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2020

Qualification work covers the evaluation of technological schemes of aerodynamic separation of the source grain material, indicates the positive and negative aspects of the technical means of performing the technological process of cleaning grain from impurities.

In the qualification work the scientific and practical task of increasing the efficiency of serial aerodynamic separator SAD-4 is solved, for this purpose the main aerodynamic characteristics of air flow in the pneumatic-separating channel are established,

An improved design of the jet generator is proposed, which allows to increase the intensity of the air flow in the lower part of the vertical plane of the air channel by adjusting the angle of the guide plates.

Keywords: aerodynamic separator, air flow, jet generator, flow uniformity, air channel

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ	6
1.1. Технологічні схеми аеродинамічного сепарування	6
1.2. Аналіз технічних засобів реалізації принципу аеродинамічного сепарування	8
1.3. Висновки до розділу 1	12
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА САД-4	13
2.1. Теоретичні передумови аеродинамічного сепарування	13
2.2. Дослідження аеродинамічних характеристик аеродинамічного сепаратора САД-4	16
2.3. Висновки до розділу 2	18
РОЗДІЛ 3. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА	19
3.1. Вплив конструкційних параметрів струменевого генератора на розподіл швидкостей повітряного потоку	19
3.2. Дослідження удосконаленої конструкції струменевого генератора	20
3.3. Висновки до розділу 3	25
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28

ВСТУП

Актуальність теми. Сепарування зернової маси, отриманої від зернозбирального комбайна, належить до важливого технологічного процесу отримання очищеного зерна на різних етапах його обробки. Перший етап передбачає первинну післязбиральну обробку до якого належать процеси очищення від домішок, сортування та калібрування зерна як насіннєвого матеріалу та зерна продовольчого призначення. Наступний етап процесу сепарування включає стадії глибокої обробки зерна для отримання круп та борошна.

Отримання добротних сходів посівів не можливе без якісного очищення зерна від насіння бур'янів і інших домішок та ефективного калібрування. Так, вченими доведено можливість збільшення врожайності до 5 ц/га за рахунок використання відкаліброваного за вагою 1000 зернин посівного матеріалу. Найбільшого поширення в умовах господарств для процесу очищення та калібрування використовують аеродинамічні сепаратори. Дослідження серійних машин [1] вказує на недостатню ефективність використання повітряного потоку у повітряних каналах. Як наслідок, у фракції повноцінного посівного зерна може бути до 25% неповноцінного зерна, або присутність домішок зі схожими параметрами. Вказане негативно впливає на кінцевий результат застосування отриманого обробленого у повітряному потоці матеріалу.

У зв'язку із цим виникає необхідність дослідити конструкційні та технологічні характеристики аеродинамічного сепаратора з метою виявлення можливих шляхів підвищення його ефективності на очищенні та калібруванні зернового матеріалу.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень – підвищення ефективності аеродинамічного сепаратора за рахунок покращення повітряного режиму роботи шляхом удосконалення струменевого генератора.

Для досягнення поставленої мети підлягають вирішенню такі завдання:

- виконати оцінку повітряно-сепаруючих систем серійних аеродинамічних сепараторів;
- встановити основні фактори впливу на характер розподілу повітряного потоку у повітряному каналі;
- проаналізувати взаємозв'язок між конструкційними та технологічними параметрами та режимами роботи процесу сепарування;
- дослідити та оцінити ефективність удосконаленої системи повітря-розподілу сепаратора;

Об'єкт дослідження – конструкція повітря-розподільної системи аеродинамічного сепаратора САД-4.

Предмет дослідження – вплив конструктивних параметрів повітря-розподільного каналу на швидкість та рівномірність розподілу повітряного потоку.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань використовували теоретичні дослідження із застосуванням теорії математичного моделювання та використанням основних положень пневматики та гідравліки, теплотехніки.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати досліджень кваліфікаційної роботи викладено у роботах:

1. Кирилюк О. В. Встановлення фракційного складу компонентів вихідної зернової суміші для аеродинамічного сепаратора САД-4. *Біоенергетичні системи : Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. Ч.1 С. 189–190.

2. Кирилюк О. В. Вплив технологічних властивостей вихідної суміші на продуктивність аеродинамічного сепаратора. *Матеріали науково-практичної конференції «Наукові читання–2020»*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 45–46.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота включає вступ, три розділи основної частини, загальні висновки, список використаних літературних джерел та додатки, викладена на 29 сторінках комп'ютерного тексту.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ

1.1 Технологічні схеми аеродинамічного сепарування

Основна технологічна функція аеродинамічних сепараторів полягає у відокремленні із зернової суміші домішок, котрі відрізняються від зерна за аеродинамічними ознаками та властивостями.

Принцип роботи полягає у використанні характеру руху часточок зернової суміші у повітряному потоці залежно від їх аеродинамічних властивостей, що відмінні для різних культур (табл. 1.1) [2].

Таблиця 1.1

Аеродинамічні властивості зерна різних культур

Культура	Коефіцієнт аеродинамічного опору	Швидкість витання м/с	Культура	Коефіцієнт аеродинамічного опору	Швидкість витання м/с
Просо	0,045-0,073	6,7-8,8	Рис-зерно	-	7,5-11,2
Гречка	-	7,4-9,0	Горох	0,190-0,220	14,5-17,5
Овес	0,169-0,30	7,1-9,1	Кукурудза	0,62-0,236	12,5-14,0
Ячмінь	0,191-0,272	8,4-9,8	Чечевиця	0,359-0,601	8,3-9,8
Пшениця	0,084-0,65	8,9-11,5			

Повітроочисні машини застосовують для очищення зернової маси від половини, пилу та інших домішок в процесі післязбиральної обробки, в лініях вальцьових млинів, для відділення лузги з продуктів лушіння насіння соняшнику олійного виробництва та культур котрі мають оболонки (просо, гречка, овес) на круп'яних заводах, а також для контролю продукту та відходів виробництва.

Усі аеродинамічні сепаратори відрізняють за наступними ознаками [3]:

- за конструктивним виконанням – сепаратори з механічним або пневматичним транспортуванням;

- за способом використання повітряного потоку вирізняють сепаратори з розімкнутим та зімкнутим потоками з разовим чи багаторазовим продуванням зерноsumіші;

- за тиском повітряного вентилятора – низького тиску (до 1 кПа) та середнього тиску (1–3 кПа).

Оскільки в повітряному потоці знаходиться не одна частинка, а зернова суміш з частинками відмінними за аеродинамічними властивостями, то, підбравши відповідну швидкість повітряного потоку, можна розділити суміш у повітряно-сепаруючому каналі. Залежно від технологічного призначення використовують різні пневмо-сепаруючі канали, що відрізняються розмірами, формою (прямокутні, круглі), із замкнутим і незамкнутим циклом використання повітряного потоку (рис. 1.1) [2].

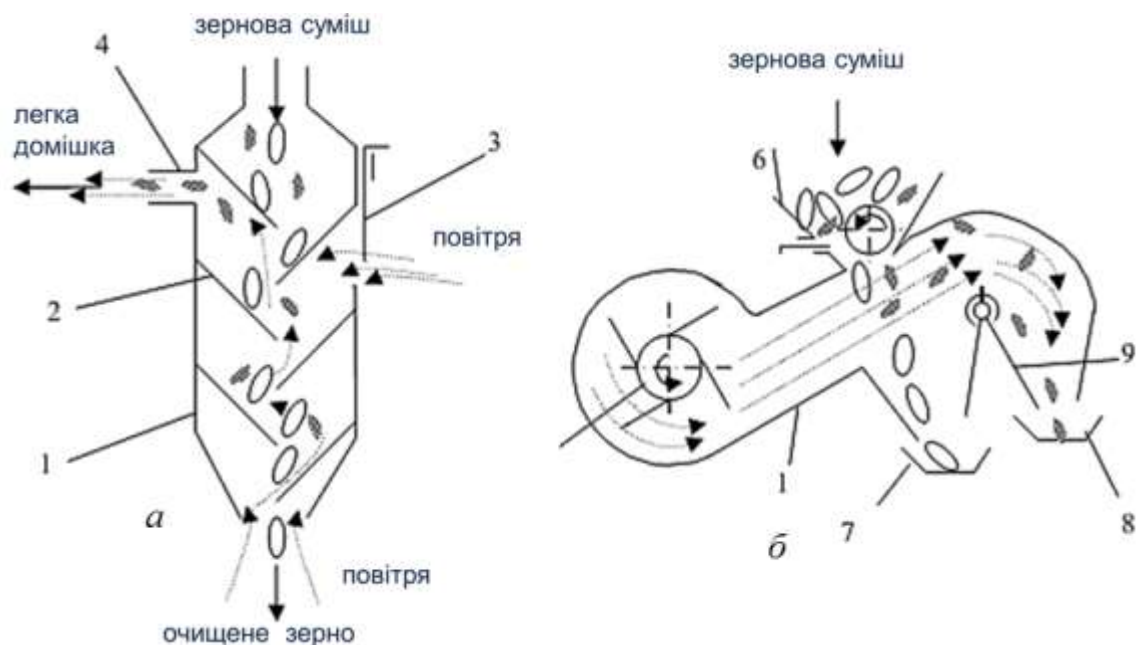


Рис. 1.1. Найбільш поширені схеми аспіраційних каналів: *а* – з вертикальним повітряним потоком; *б* – з напірним похилим потоком; 1 – канал; 2 – полиця; 3 – заслінка; 4 – вивідний патрубок; 5 – вентилятор; 6 – бункер з живильним механізмом; 7, 8 – лотки для фракції зерна; 9 – скатна дошка.

Швидкість повітряного потоку в каналі (рис. 1.1, *a*) регулюється за допомогою заслінки 3 таким чином, щоб відокремлювались тільки легкі домішки та спрямовувались у вихідний патрубок 4. В похилому каналі (рис. 1.1, *б*) швидкість потоку регулюють заслінкою вентилятора. Повноцінне зерно має вищу критичну швидкість ніж легкі домішки, тому у вертикальному каналі воно рухається вертикально вниз до нижнього патрубку, а легка домішка – у патрубок 4 (рис. 1.1, *a*). У похилому каналі зерно рухається по балістичній траєкторії, тому повноцінне зерно падає у ближчий лотік 7, а легка домішка та неповноцінне зерно спрямовується у лотік 8 (рис. 1.1, *б*). Сила тиску на зерно та швидкість повітряного потоку залежить від критичної швидкості та кута нахилу каналу до горизонту. Зі збільшенням кута нахилу від 0 до 90° зростають витрати енергії на поділ зерна. Тому за однакових умов більш прийнятними можна вважати похилі канали, а вертикальні рекомендувати тільки для видалення легких домішок [2].

Аспіраційні канали входять до складу конструкцій серійних пневматичних сепараторів, зерноочисних машин та систем пневмотранспорту.

1.2 Аналіз технічних засобів реалізації принципу аеродинамічного сепарування

На зернопереробних підприємствах, залежно від призначення, використовують різні модифікації повітряних сепараторів, в яких зернова суміш сепарується у вертикальних чи похилих пневматичних каналах.

Повітряного сепаратора РЗ-БАБ (рис. 1.2) працює з незамкнутим циклом використання повітряного потоку. Вихідна зернова суміш (I) в цьому сепараторі надходить в приймальну камеру 2, а потім на вібротковий живильник 1, який рівномірно розподіляє зернову суміш по ширині пневмосепаруючого каналу 6 і вводить її в канал горизонтально, що забезпечує мінімальну швидкість суміші при входженні її в канал і, як наслідок, високу ефективність сепарування.

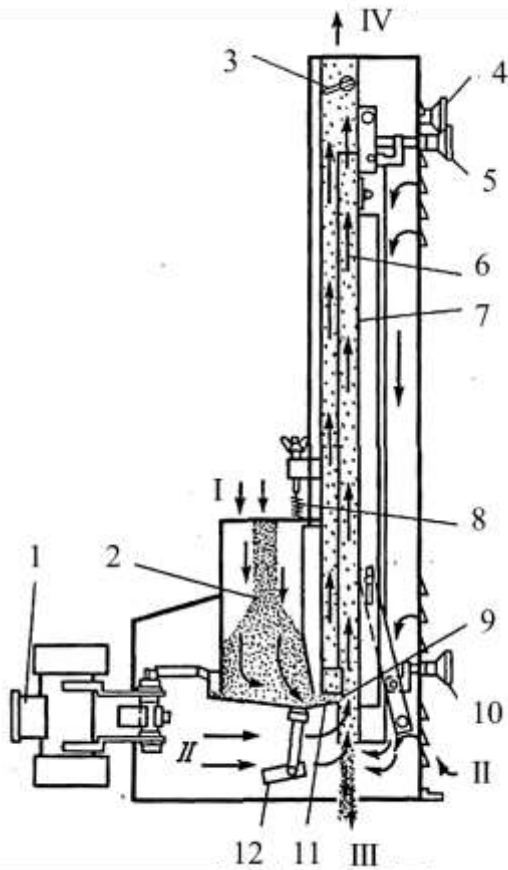


Рис. 1.2. Технологічна схема повітряного сепаратора РЗ-БАБ:

1 – віброживильники; 2 – приймальня камера для зерна; 3 – регулятор витрати повітря; 4, 5, 10 – регулювальні гвинти; 6 – пневмосепарувальний канал; 7 – рухома стінка каналу; 8 – пружини; 9 – живильна щілина; 11 – днище вібрототка; 12 – обмежувач днища вібрототка; I – вихідне зерно; II – повітря; III – очищене зерно; IV – легкі домішки.

Технічна характеристика сепаратора РЗ-БАБ наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Технічна характеристика сепаратора РЗ-БАБ

Показник	Значення
Продуктивність на очищенні, т/год	10,5
Ефективність очищення, %	65-75
Витрати повітря, м ³ /год	4800
Частота коливання вібрототка, рад/с	24
Розмір пневмо-каналу, мм	1005×180×1450
Габаритні розміри, мм	1130×950×1450
Маса, кг	350

Зміною положень (рис. 1.2) половинок стінки 7 і дросельної заслінки 3 добиваються режиму руху повітря, при якому повітряний потік, піднімає легку фракцію вгору і переміщує її в аспіраційну систему. Важка фракція (зерно

основної культури), що має більшу критичну швидкість, падає вниз і потрапляє у вивідний патрубок.

Вібролотік сепаратора РЗ-БАБ забезпечує рівномірний розподіл та розшарування зернової маси на вході у повітряний канал, а можливість регулювання форми повітряного каналу (швидкості повітря) по висоті, істотно підвищує ефективність очищення зерна від легких домішок [2]. Недоліком даного сепаратора можна вважати відсутність операції калібрування зерна, що робить дане обладнання тільки як додатковий елемент до систем очищення з використанням інших ознак подільності.

Сепаратор САД-4 виробництва ТОВ НПП «АЕРОМЕХ» (рис. 1.3) призначений для очищення зернового матеріалу від домішок у похилому повітряному каналі. За один прохід можна відібрати від 50 до 70 % домішок, що знаходяться у вихідному матеріалі [4]. Конструкцією сепаратора САД-4 передбачено калібрування очищеного зерна на чотири фракції за питомою масою.

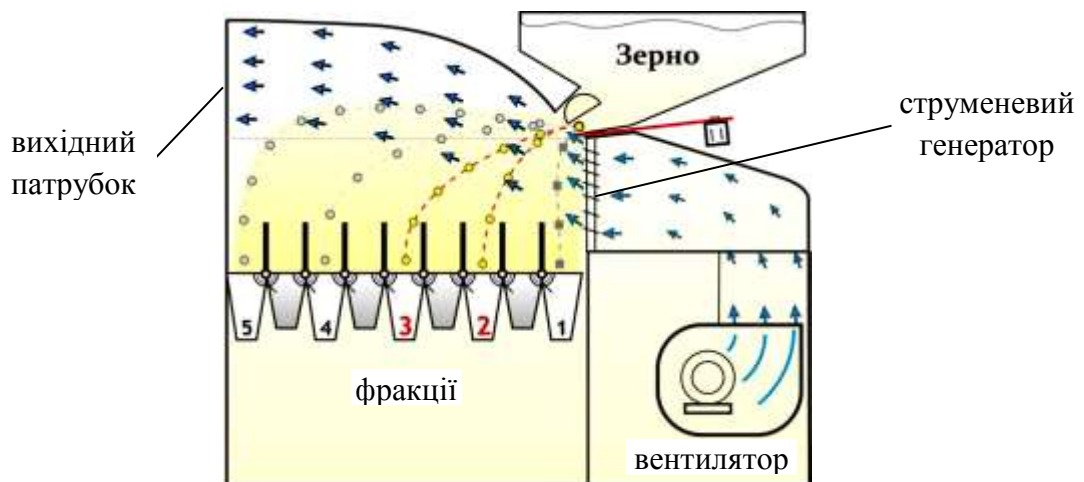


Рис. 1.3 Структурно-функціональна схема сепаратора САД-4.

Основна перевага обладнання ґрунтується на можливості налагодити чотири режими роботи: попереднє очищення насіння; первинне очищення насіння; калібрування насіння; одночасне очищення та калібрування – змішаний режим. Принцип роботи сепаратора базується на розподіленні вихідного матеріалу на фракції у повітряному потоці. При цьому характер руху

часточок зернової суміші у повітряному потоці залежить від їх питомої ваги та аеродинамічних властивостей – критичної швидкості та коефіцієнта аеродинамічного опору.

Умовою ефективної роботи сепаратора є відповідність подачі вихідної сировини та інтенсивність повітряного потоку. У зв'язку із цим, при налаштуванні режимів роботи сепаратора, необхідно встановити експлуатаційну продуктивність за формулою [4]:

$$Q_e = Q_n \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.1)$$

де Q_n – задана продуктивність сепаратора, т/год;

K_1 – коефіцієнт, що залежать від об'ємної маси матеріалу;

K_2 – коефіцієнт, що враховує ступінь засміченості та вологості вихідної суміші.

Під час проведення власних теоретичних досліджень отримали залежності, подані на рис. 1.4 [5].

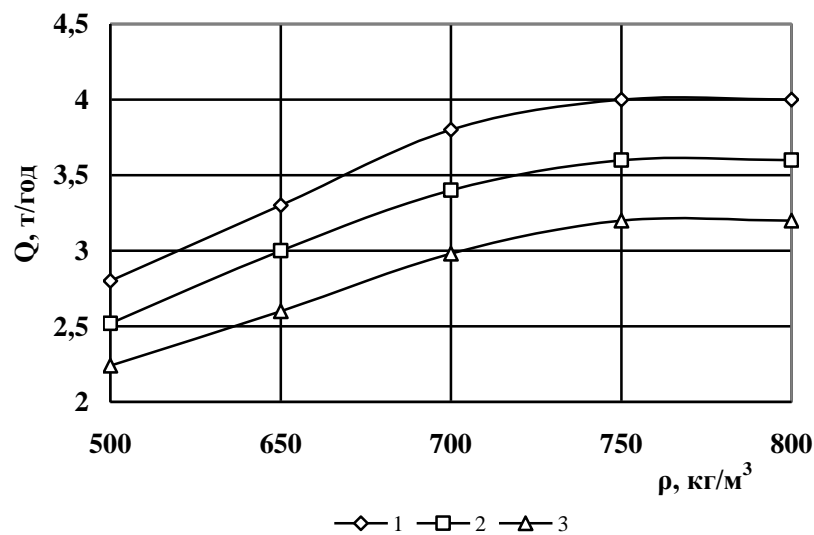


Рис. 1.4. Залежність продуктивності сепаратора САД-4 від об'ємної маси вихідної суміші при вологості 18 % за умови засміченості: 1 – 5 %; 2 – 10 %; 3 – 15 %.

Дослідження проводили при номінальній продуктивності сепаратора САД-4 на рівня 4 т/год. Відповідно до отриманих графічних залежностей (рис. 1.4), на продуктивність сепаратора має суттєвий вплив ступінь засміченості зерна домішками. Так, зі збільшенням засміченості до 15% продуктивність сепаратора знижується на 1,1–1,8 т/год [5].

1.3. Висновки до розділу 1

1. Сепарування за аеродинамічними властивостями набуло широкого використання, оскільки кожна зернова чи бобова культура має індивідуальні аеродинамічні властивості. Найбільшого поширення у конструкціях аеродинамічних сепараторів набули вертикальні та похилі повітря-сепаруючі канали. Процес сепарування у вертикальному каналі більш енергоємний, порівняно із похилим.

2. Зростання засміченості та вологості компонентів вихідної суміші призводить до зниження вихідної (паспортної) продуктивності сепаратора САД-4. Зі збільшенням вмісту домішок від 5 % до 15 % продуктивність сепаратора знижується в середньому на 20 %, незалежно від об'ємної маси вихідної суміші.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА САД-4

2.1. Теоретичні передумови аеродинамічного сепарування

Ефективність процесу сепарування характеризується мірою віддільності визначеного компонента суміші в найбільш чистому стані. Основним показником ефективності процесу сепарування вважається ступінь відділення визначеного компонента суміші – відношення кількості відділеного компонента до загальної кількості того ж компонента, що знаходиться у вихідній суміші [6, 7, 8]:

$$\eta = \frac{P_x}{P_0} \quad (2.1)$$

де P_x – кількість відібраного у сепараторі компонента, %;

P_0 – загальна кількість того ж компонента у базовій суміші суміші, %.

Повне відділення характеризує максимальну ефективність сепаратора. На практиці, цей показник становить від 50 до 70 % за один прохід.

Якість процесу розділення залежить від швидкості повітряного потоку, що створюється вентилятором. Основною аеродинамічною характеристикою часточки є критична швидкість – швидкість повітряного потоку, при якій частинка знаходиться в стані витання. Відповідно до табл. 1.1, швидкість витання для різних культур різна, визначена у вертикальному повітряному потоці, найбільш простий для математичної обробки спосіб, але найбільш енергоємний при реалізації. У аеродинамічного сепаратора САД-4 поділ на фракції відбувається у похилому повітряному потоці, відповідно до рис. 1.3.

На зерно або будь-яку іншу часточку зернової суміші, яка потрапляє у повітряний потік, діє сила тяжіння (G) та аеродинамічна сила опору (R) середовища (рис. 2.1), які визначаються за формулами [9, 10, 11, 12]:

$$R = \frac{1}{2} k \cdot \rho \cdot S_m \cdot (v - u)^2, \quad (2.2)$$

$$G = m \cdot g, \quad (2.3)$$

де G – сила тяжіння, Н;

R – сила аеродинамічного опору, Н;

S_m – площа мідельного перерізу частинки у повітряному потоці, м²;

u – швидкість зернівки, м/с;

v – швидкість повітряного потоку, м/с.

k – коефіцієнт аеродинамічного опору;

ρ – густина повітря, кг/м³.

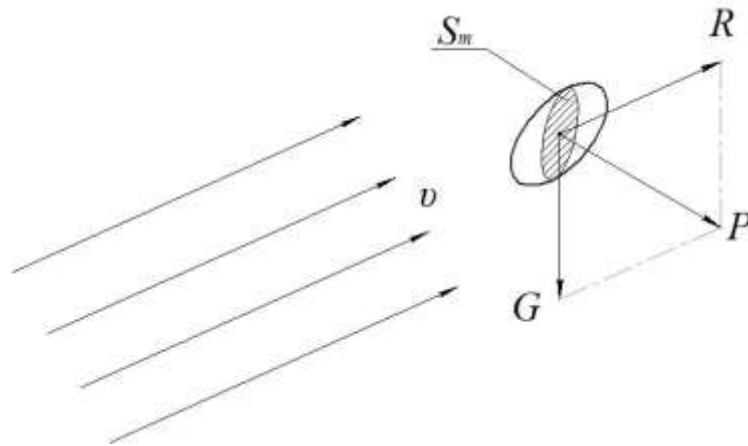


Рис. 2.1. Схема дії сил на зернину у повітряному потоці: v – швидкість повітряного потоку; S_m – площа мідельного перерізу зернини; G – сила тяжіння; R – сила аеродинамічного опору; P – результуюча сила.

Відповідно до рис. 2.1. впливає, що співвідношення між силою тяжіння (G) та силою аеродинамічного опору (R) визначає результуючий напрям руху частинки – в напрямку результуючої сили (P). Якщо сили G та R будуть рівними між собою, то зернина буде знаходитись у стані рівноваги, при цьому швидкість повітряного потоку називається критичною, а швидкість зернини рівна нулю ($u=0$) [11, 12, 13, 14]. Для визначення відносної швидкості зернини необхідно прирівняти рівняння (2.2) та (2.3), отримаємо:

$$(v-u) = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{k \cdot \rho \cdot S_m}}. \quad (2.4)$$

Відносна швидкість векторно спрямована у напрямку рівнодіючої сили та залежить від фізико-технологічних властивостей зернини (рис. 2.2).

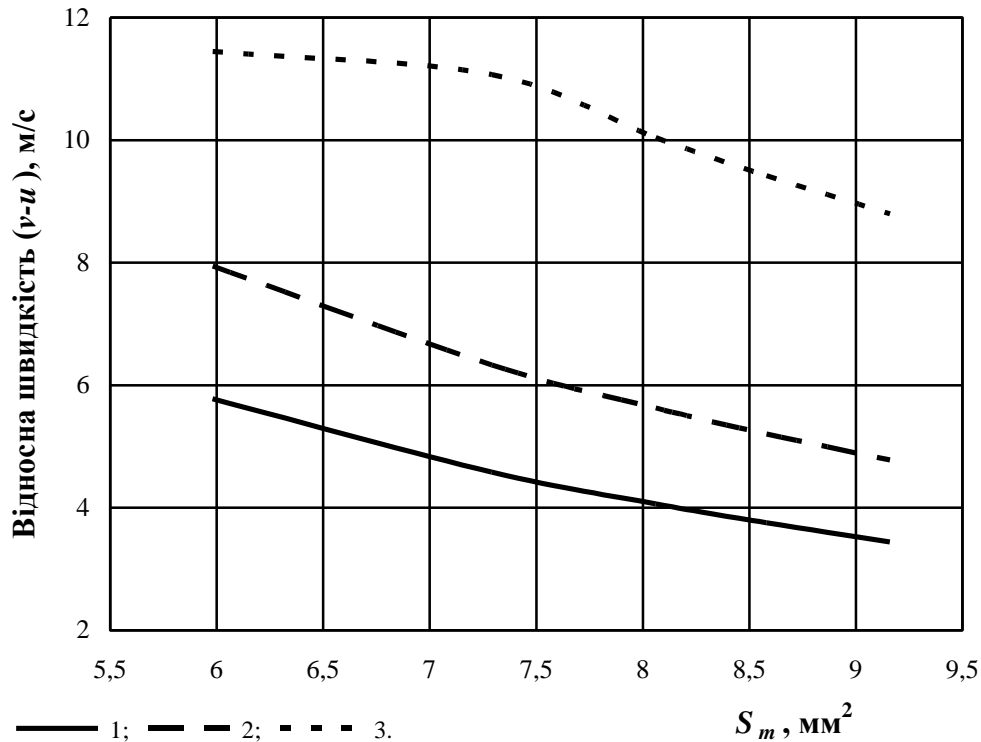


Рис. 2.2. Залежність відносної швидкості зернини пшениці від її площі мідельного перерізу за умови швидкості потоку повітря: 1 – 6 м/с; 2 – 8 м/с; 3 – 12 м/с.

Графічні залежності на рис. 2.2 отримані при масі 1000 зернин пшениці рівній 40 г та з врахуванням відомих геометричних параметрів [14, 15, 16, 17]. Зі збільшенням площі мідельного перерізу (рис. 2.2) при незмінній вазі відносна швидкість переміщення зернини у повітряному потоці знижується, незалежно від швидкості повітряного потоку. Це може свідчити про суттєвий вплив положення зернини відносно повітряного потоку. Тому, важливим може бути кут напрямку повітряного потоку до горизонту. Слід відмітити майже незмінну

відносну швидкість зернини в діапазоні збільшення площі мідельного перерізу від 6,5 до 7,5 мм² при швидкості повітряного потоку 12 м/с.

2.2. Дослідження аеродинамічних характеристик сепаратора САД-4

Для підвищення ефективності сепаратора САД-4, важливо встановити інтенсивність повітряного потоку в перерізі повітряного каналу. Дослідження швидкості повітряного потоку проводили з використанням комплексу обладнання фірми Testo (Німеччина). Результати вимірювань (рис. 2.3) вказують на лінійний характер зміни швидкості повітряного потоку залежно від налаштувань системи подачі вентилятора.

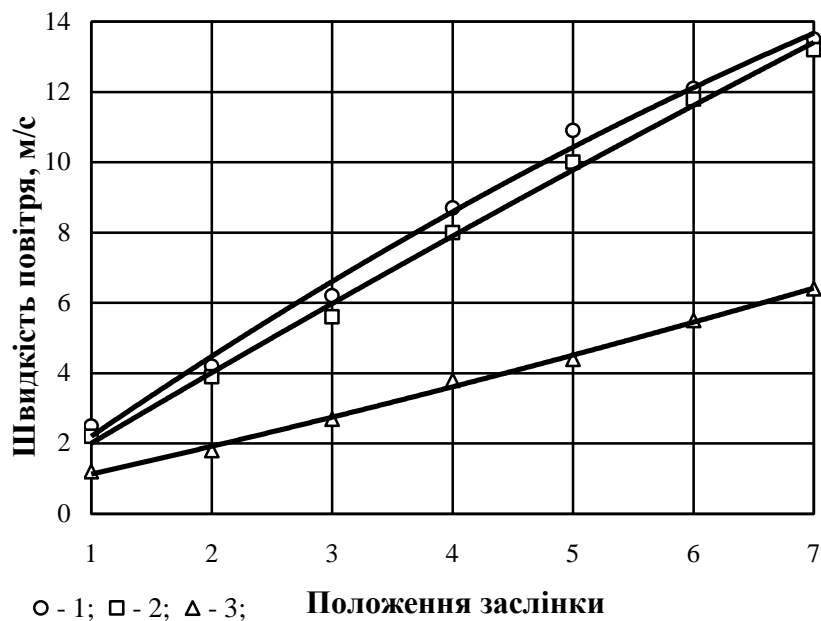


Рис. 2.3. Результати дослідження швидкості повітряного потоку у зонах вертикальної площини повітряного каналу сепаратора САД-4: 1 – верхня ділянка; 2 – середня ділянка; 3 – нижня ділянка

Відповідно до рис. 2.3. можна сказати, що спостерігається суттєва відмінність у 48,9–52 % швидкості повітряного потоку в нижній ділянці перерізу вихідного патрубку від верхньої та середньої ділянок, незалежно від

положення важеля подачі повітря вентилятором. Натомість, швидкості повітряного потоку верхньої та середньої зон вихідного патрубка майже ідентичні при положеннях важеля 1, 2, 6 та 7, але проявляється незначна відмінність у 8,2–9,7 % при положеннях 3, 4 та 5.

Оскільки присутня значна турбулентність повітряного потоку, у рахунок бралися середні значення повітряного потоку під час кожного етапу вимірювання. Результати вимірювання швидкості повітряного потоку у ділянках вертикальної площини подано на рис. 2.4.

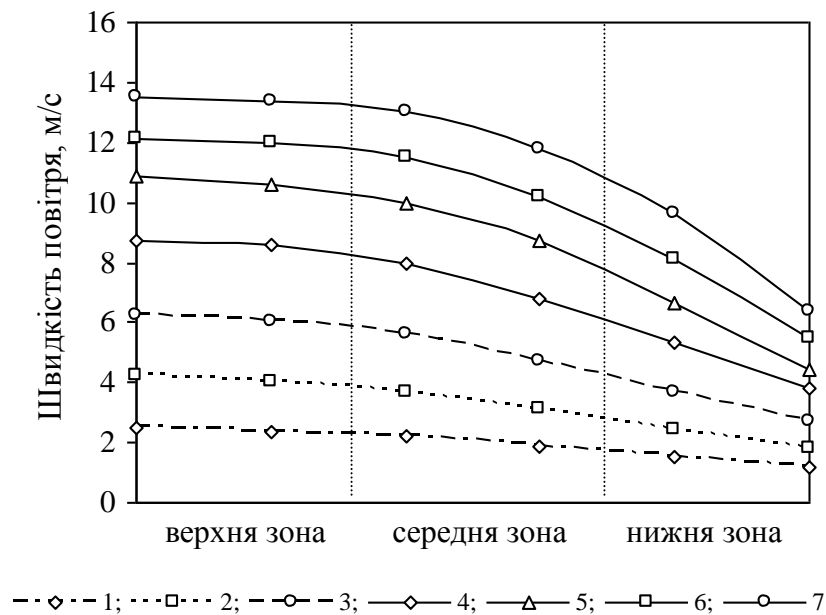


Рис. 2.4. Розподіл швидкості повітряного потоку у вертикальній площині перерізу вихідного патрубку у зонах вимірювання відповідно до положення регулятора подачі вентилятора

Найбільша різниця між швидкостями повітряного потоку (рис. 2.4) у вертикальній площині вихідного патрубку між зонами вимірювання спостерігається при максимальній подачі вентилятора («положення 7»). Майже незмінна швидкість повітряного потоку у вертикальній площині при першому положенні регулятора подачі повітря («положення 1»).

2.3. Висновки до розділу 2

1. Зернини з меншими геометричними розмірами потребують налаштування вищої швидкості повітряного потоку, порівняно із зернинами з більшою площею мідельного перерізу при умові однакової ваги. Зі зростанням ваги зернини швидкість повітряного потоку також необхідно збільшувати при аналогічних геометричних параметрах. Це можна пояснити необхідністю подолання зростаючої сили ваги за рахунок збільшення швидкості потоку повітря.

2. Результати досліджень вказують на недосконалість системи розподілу повітряного потоку струменевим генератором, оскільки характер зміни швидкості повітряного потоку повинен бути ідентичним для будь-якого положення важеля подачі повітря вентилятором по всій площі перерізу повітряного каналу. Задовільним можна вважати роботу струменевого генератора на незначних швидкостях повітряного потоку при положеннях важеля інтенсивності на позначках 1, 2 та 3.

РОЗДІЛ 3

УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА

3.1 Дослідження фракційного складу вихідної зернової суміші

Нами проведено дослідження серійного аеродинамічного сепаратора САД-4 в лабораторних умовах. Мета досліджень полягала у встановленні пропорційності поділу на фракції вихідної зернової суміші та виявлення ефективності очищення зерна від сторонніх компонентів. Для цього використовували зерно пшениці зібране в умовах фермерського господарства. Результати досліджень подано у табл. 3.1 [18].

Таблиця 3.1

Розподіл зернової маси за фракціями

Положення важеля	Вихід, відповідно до фракцій, %					
	1-ша	2-га	3-тя	4-та	5-та	легка
4	1,5	63,9	24,5	4,0	3,4	2,7
6	0,8	51,2	36,3	4,5	4,2	3,0

Процес сепарування проводився при наступних налаштуваннях: положення заслінки зернового бункера встановлено на позначці 1; положення інтенсивності подачі повітря через струменевий генератор змінювали та встановлювали послідовно на позначці 4 і 6. Результати досліджень (рис. 3.1) на позначці 4 вказують на досить нерівномірний (61,6%) поділ між другою та третьою фракціями. Причиною отриманого результату може бути недостатня інтенсивність та рівномірність у робочій площині повітряного потоку. При налаштуванні струменевого генератора на позначці 6, нерівномірність поділу на фракції знижується до 29,1%, що є ознакою збільшення інтенсивності

повітряного потоку. При цьому, майже не спостерігається повноцінного зерна у першій фракції.

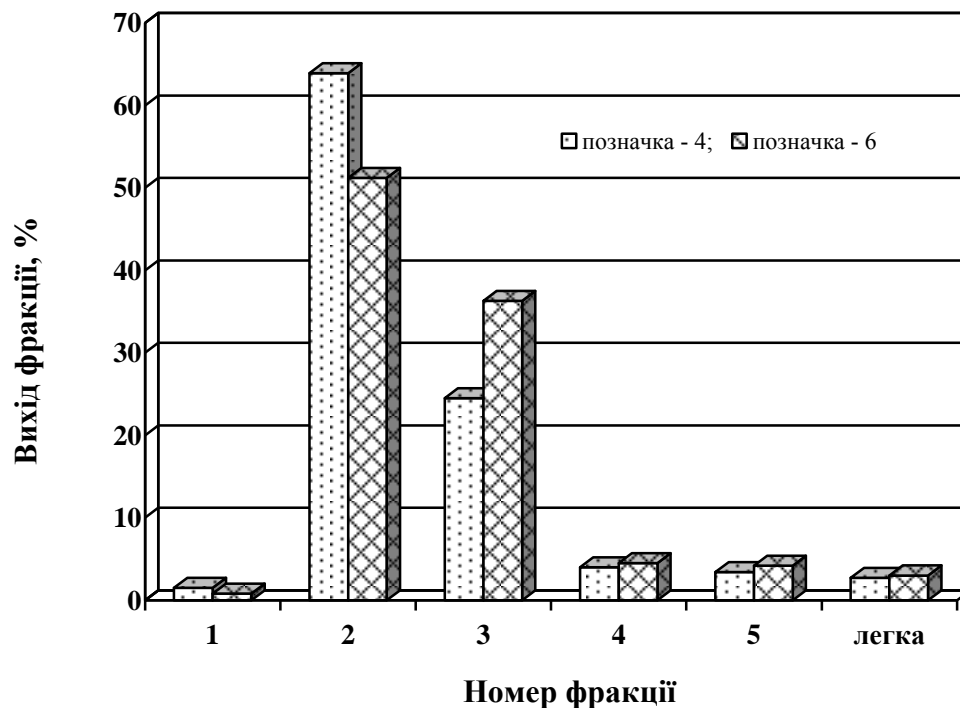


Рис. 3.1. Розподіл вихідної зернової суміші на фракції за умови положення важеля інтенсивності повітряного потоку на позначці 4 та 6

При налаштуванні інтенсивності повітряного потоку на позначці 6 зменшився вміст щуплого зерна та зернової домішки у другій та третій фракціях. При цьому збільшився вміст домішок у фракції 5 та у легкій фракції – вихід за межі аеродинамічного сепаратора. Присутність легких домішок у другій, третій та четвертій фракціях може вказувати на недосконалість струменевого генератора. Слід відмітити, що до першої фракції, поряд із мінеральними домішками, потрапляє повноцінне зерно, чого не повинно бути.

3.2. Дослідження удосконаленої конструкції струменевого генератора

В попередньому розділі відмічалось, що достатня рівномірність повітряного потоку у площині повітряного каналу спостерігається при

положенні важеля інтенсивності на позначках 1, 2 та 3. Відповідно до рекомендацій [8, 13, 19, 20], швидкість витання для зерна пшениці становить 8,9–11,5 м/с, що при четвертому положенні регулятора швидкість може бути недостатньою, оскільки у верхній та середній ділянці вертикальної площини швидкість повітря становить 8,1–8,8 м/с, а у нижній ділянці – лише 3,9 м/с. При шостому положення важеля швидкість повітря має максимальне значення 12,1 м/с, а мінімальне – 5,5 м/с. Все вказує на необхідність коригування інтенсивності повітряного потоку у вертикальній площині для підвищення його рівномірності. З цією метою нами пропонується удосконалити струменевий генератор (рис. 3.2).

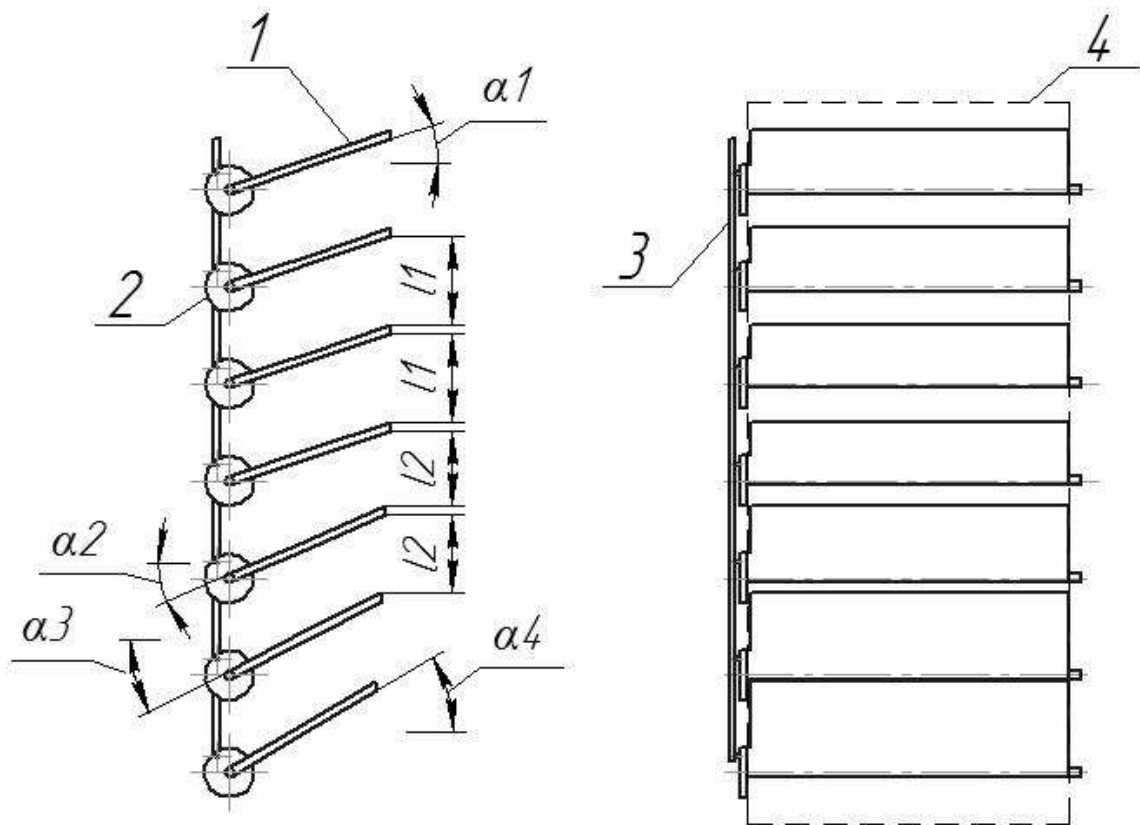


Рис. 3.2. Схема удосконаленого струменевого генератора: 1 – пластина напрямна; 2 – вісь пластини; 3 – регулювальний пристрій; 4 – стінка корпусу

Метою удосконалення струменевого генератора є підвищення рівномірності інтенсивності повітряного потоку у вертикальній робочій площині за рахунок розробки регульовального пристосування.

Основна мета удосконаленого пристрою (рис. 3.2) струменевого генератора полягає у можливості підлаштування кута нахилу напрямних пластин для коригування інтенсивності повітряного потоку через щілини між пластинами, використовуючи в основі рівняння нерозривності потоку. В такому випадку можна вирівняти інтенсивність потоку повітря у вертикальній площині робочого каналу (рис. 3.3).

Принцип роботи запропонованого удосконалення полягає в наступному. За умови налаштування інтенсивності подача повітря вентилятором на позначці положення важеля аеродинамічного сепаратора починаючи від «четвертої» необхідно змінити кут нахилу нижньої площини вертикального перерізу робочої камери. Як видно із рис. 3.2, кут нахилу напрямних пластин змінюють таким чином, щоб забезпечити однакову відстань l_2 між краями цих пластин, при цьому має виконуватись умова $l_1 \neq l_2$ відповідно до рівняння нерозривності потоку суцільного середовища, та умова $l_1 > l_2$. Таке регулювання вимагає встановлення відмінних кутів нахилу пластин нижньої ділянки таким чином, щоб виконувалась умова $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \alpha_4$. При цьому відстань між осями напрямних пластин залишається незмінною. Удосконалений струменевий генератор виконується в вигляді окремого корпуса-вставки із конструкційними габаритами, котрі відповідають геометричним параметрам серійного струменевого генератора. Механізм зміни положення напрямних пластин варто вивести на зовні для зручності налаштування та обладнати боковину стінки інформаційним забезпеченням.

Відповідно до отриманих під час досліджень графічних залежностей (рис. 3.3), інтенсивність повітряного потоку зростає зі зміною положення важеля регулювання подачі повітря вентилятором в бік збільшення. При цьому варто відмітити суттєву рівномірність швидкості потоків повітря у робочій площині пневматичного каналу.

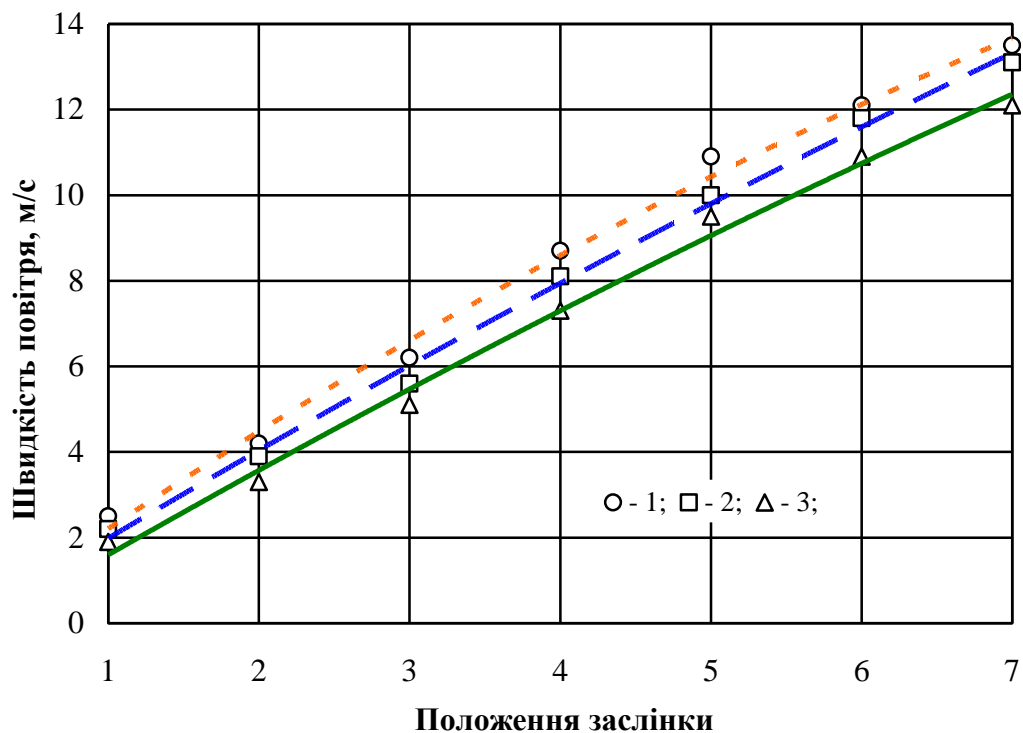


Рис. 3.3. Дослідження інтенсивності розподілення удосконаленим струменевим генератором повітряного потоку у зонах вертикальної площини повітря-сепаруючого каналу: 1 – верхня ділянка; 2 – середня ділянка; 3 – нижня ділянка

Швидкість повітряного потоку (рис. 3.3) у нижній ділянці вертикальної площини повітряного каналу наближається до показників швидкості потоку повітря у середній та верхній ділянках. Порівняно із серійним струменевим генератором, швидкість потоку повітря при положенні 1 збільшилась на 0,7 м/с, при положенні 2 – на 1,5 м/с, при положенні 3 – на 2,4 м/с, при положенні 4 – на 3,5 м/с, при положенні 5 – на 5,1 м/с, при положенні 6 – на 5,4 м/с, при положенні 7 – на 5,7 м/с. В наслідок застосування удосконаленого струменевого генератора має збільшитися середня швидкість повітряного потоку у робочій площині, що досить важливо при налаштуванні на заданий режим роботи.

Порівняльну оцінку середньої швидкості повітря у вертикальній площині серійного сепаратора та за умови використання запропонованого удосконалення наведено на рис. 3.4.

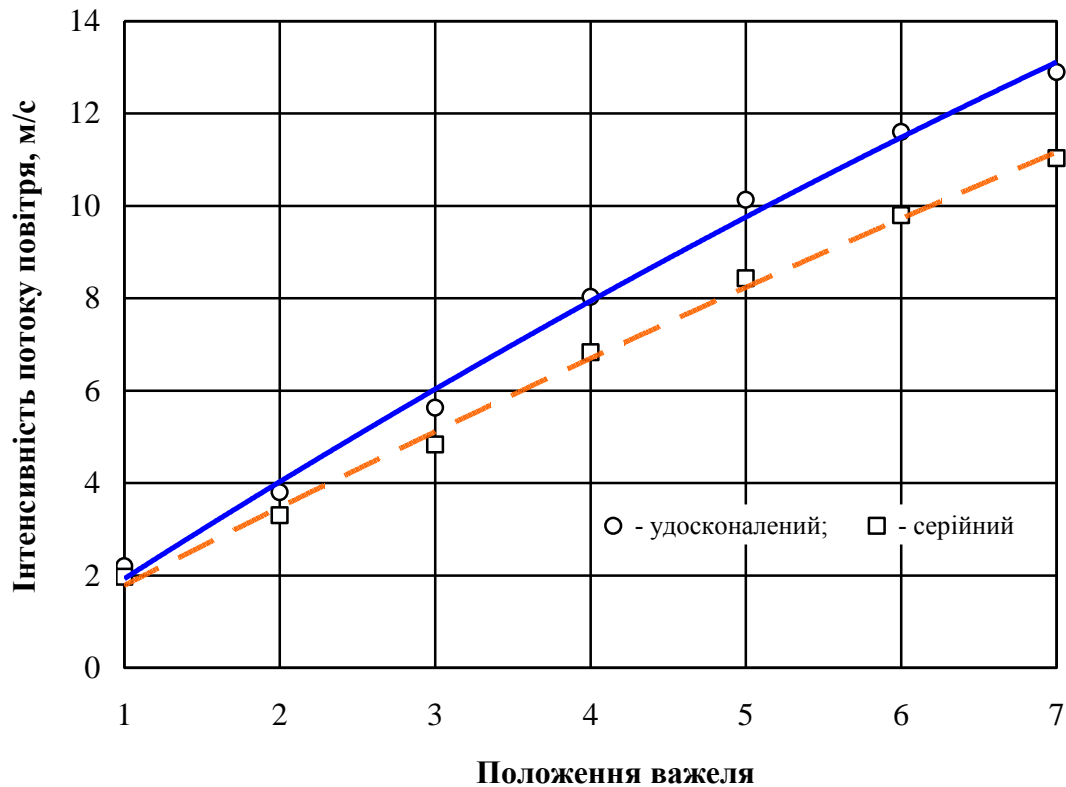


Рис. 3.4. Усереднені швидкості повітряного потоку у вертикальній площині повітряного каналу серійного сепаратора та при удосконаленні струменевого генератора

Удосконалений струменевий генератор (рис. 3.4) характеризується вищою середньою швидкістю повітряного потоку у всьому діапазоні регулювання подачі повітря, порівняно із серійним обладнанням. Це відбулося за рахунок значного приросту швидкості повітряного потоку у нижній ділянці вертикальної площини. Так при положенні 1 середня швидкість збільшується на 11,7 %, при положенні 2 – на 15,1 %, при положенні 3 – на 16,5 %, при положенні 4 – на 17,6 %, при положенні 5 – на 20,2 %, при положенні 6 – на 18,4 %, при положенні 7 – на 17,3 %. Зростання середньої швидкості

повітряного потоку позитивно впливатиме на ефективність сепарування відповідно до технологічних вимог.

Отримання заданого фракційного виходу вимагає попереднього встановлення інтенсивності повітряного потоку відповідно до технологічних властивостей вихідної зернової суміші.

3.3 Висновки до розділу 3

1. Найбільш нерівномірний розподіл компонентів зернової вихідної суміші на фракції спостерігається при положенні важеля інтенсивності повітряного потоку на позначці 4. За умови збільшення інтенсивності повітряного потоку при переведенні на позначку 6 нерівномірність розподілу компонентів вихідної зернової суміші між другою та третьою фракціями знижується з 61,6% до 29,1%. При цьому компоненти третьої фракції присутні у другій фракції, що може свідчити про недостатній рівень розподілу повітряного потоку у робочій площині.

2. Запропоноване удосконалення струменевого генератора збільшення швидкості повітряного потоку у нижній ділянці на 0,7–5,7 м/с залежно від зміни положення важеля подачі повітря вентилятором. Це дає змогу отримати приріст середньої швидкості повітряного потоку у робочій площині пневмо-сепаруючого каналу на 11,7–20,2 %, порівняно із серійною конструкцією струменевого генератора.

ВИСНОВКИ

1. Оцінка технологічних схем повітряних сепараторів вказала, що найбільшого поширення у конструкціях аеродинамічних сепараторів набули вертикальні та похилі повітря-сепаруючі канали. При цьому встановлено, що процес сепарування у вертикальному каналі більш енергоємний, порівняно із похилим каналом.

2. При оцінці впливу технологічних властивостей вихідної суміші встановлено, що зі зростанням засміченості та вологості компонентів вихідної суміші призводить до зниження вихідної (паспортної) продуктивності аеродинамічного сепаратора САД-4. Так, зі збільшенням вмісту домішок від 5 % до 15 % продуктивність сепаратора знижується в середньому на 20 %, незалежно від об'ємної маси вихідної суміші при вологості 18%.

3. Дослідження впливу інтенсивності повітряного потоку виявили необхідність збільшення повітряного потоку для частинок компонентів з меншими геометричними розмірами аналогічної ваги, порівняно із зернинами з більшою площею мідельного перерізу. При цьому зростання ваги зернини вимагає збільшення швидкості повітряного потоку за умови аналогічних геометричних параметрах. Це можна пояснити необхідністю подолання зростаючої сили ваги за рахунок збільшення швидкості потоку повітря.

4. Дослідження налаштувань швидкості повітряного потоку вказують на недосконалість системи розподілу повітряного потоку за допомогою серійного струменевого генератора. Для ефективної роботи системи очищення від домішок та калібрування характер зміни швидкості повітряного потоку повинен бути однаковим за інтенсивністю подачі повітря вентилятором по всій площі перерізу повітряного каналу та зростати пропорційно зміни положення регулювального важеля в зростаючий бік. Встановлено, що незначних швидкостях повітряного потоку при положеннях важеля інтенсивності на позначках 1, 2 та 3 роботу струменевого генератора можна вважати припустимою.

5. Експериментальні дослідження вказали на суттєву нерівномірність розподілу компонентів вихідної зернової суміші за фракціями при положенні важеля інтенсивності повітряного потоку на позначці «4». За умови збільшення інтенсивності повітряного потоку при переведенні на позначку «6» нерівномірність розподілу компонентів вихідної зернової суміші між другою та третьою фракціями знижується з 61,6% до 29,1%. При цьому якість очищення бажає на краще, оскільки компоненти третьої фракції були виявлені у другій фракції, що може свідчити про недостатній рівень розподілу повітряного потоку у робочій площині.

6. Удосконалений струменевий генератор має гнучкі характеристики щодо налаштування інтенсивності повітряного потоку та його кута спрямування відносно компонентів зернової суміші за рахунок використання рухомих напрямних пластин. Результати досліджень вказали, що запропоноване удосконалення забезпечує збільшення швидкості повітряного потоку у нижній ділянці на 0,7–5,7 м/с залежно від зміни положення важеля подачі повітря вентилятором, та отримали приріст середньої швидкості повітряного потоку у робочій площині пневмо-сепаруючого каналу на 11,7–20,2%, порівняно із серійною конструкцією струменевого генератора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голячук С. Є. Сепарування зернових мас з використанням сил гравітації. *Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ»*. 2012. Вип. 39. С. 27–33
2. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв : навч. посібник / за ред. О. В. Дацишина. Вінниця: Нова книга, 2008. 488 с.
3. Хомик Н. І., Олексюк В. П., Цьонь О. П. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції : курс лекцій. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288 с.
4. Руководство по эксплуатации. Сепаратор аэродинамический. Кременная: ООО «НПП Аэромех», 2016. 56 с.
5. Деревянко Д. А., Кирилюк О. В. Вплив технологічних властивостей вихідної суміші на продуктивність аеродинамічного сепаратора. *Матеріали науково-практичної конференції «Наукові читання–2020»*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 45–46.
6. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підруч. / І. С. Гулий, М. М. Пушанко, А. О. Орлов та ін. ; за ред. І. С. Гулого. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.
7. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник. Х.: Світ Книг, 2014. 495 с.
8. Технология переработки зерна / под ред. Г. А. Егорова. М.: Колос, 1977. 376 с.
9. Подпратов Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : навч. посібник. К.: Вища освіта, 2004. 272 с.
10. Мерко І. Т., Моргун В. О. Наукові основи і технологія переробки зерна : підручник. Одеса: Друк, 2001. 348 с.
11. Харчові технології у прикладах і задачах: підручник / Товажнянський Л. Л. та ін. К.: Центр учбової літератури, 2008. 576 с.

12. Хомик Н. І., Гаврон Н. Б., Рубінець Н. А. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції : курс лекцій. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2016. 248 с.
13. Пузік Л. М., Пузік В. К. Технологія зберігання і переробки зерна : навч. посіб. Х. : ХНАУ, 2013. 312 с.
14. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Воробйова Н. В. Фізико-механічні властивості зерна різних сортів і ліній пшениць. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. 3(45). С. 11–18.
15. Бачинська, П. С., Харченко Є. І., Ноздрюхіна І. В. Технологічні властивості зерна пшениці різної крупності. *Хранение и переработка зерна*. 2017. 1(209). С. 34–38.
16. Яценко Ю. В. Окремі фізико-механічні властивості комбікормів та їх вихідних інгредієнтів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. 1. С. 191–195.
17. Кирпа М. Я., Скотар С. О. Способи сепарування насіння кукурудзи та його якість. *Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 99. С. 151–158.
18. Дерев'янку Д. А., Кирилюк О. В. Встановлення фракційного складу компонентів вихідної зернової суміші для аеродинамічного сепаратора САД-4. *Біоенергетичні системи : Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. Ч.1 С. 189–190.
19. Зберігання і переробка продукції рослинництва. / Г. І. Подпряттов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. К.: Мета, 2002. 495 с
20. Кречот М. М. Обґрунтування параметрів процесу та розробка пневматичного сепаратора для розділення насінневих сумішей овочевих культур: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2014. 240 с.