

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр" на тему:

**Обґрунтування параметрів та конструкції пруткового барабана
сепаратора зерна**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІз-1-23
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Терніков Артур Володимирович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Степанов Станіслав Іванович

Дніпро, 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Терніков Артур Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів та конструкції пруткового барабана сепаратора зерна

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 11 » листопада 2024 року № 3769

2. Строк подання студентом роботи _____ до 05.12.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану проблеми в області механізації рослинництва та існуючих знарядь для викопування саджанців. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, новітні дослідження з обраної теми.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Аналіз умов експлуатації культиваторних лап для передпосівного обробітку ґрунту і шляхи підвищення їх довговічності 2. Дослідження технологічного процесу викопування саджанців 3. Методика та проведення експериментальних досліджень. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна ефективність . Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (2 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (2 аркуша, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
2	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
3	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
4	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
5	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз машин	до 20.09.2024 р.	Виконав
2	Дослідження технологічного процесу	до 20.10.2024 р.	Виконав
3	Експериментальний	до 10.11.2024 р.	Виконав
4	Охорона праці	до 27.11.2024 р.	Виконав
5	Економічний	до 01.12.2024 р.	Виконав
6	Презентація роботи	до 10.12.2024 р.	Виконав

Студент

_____ (підпис)

Терніков А.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Теслюк Г.В.

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			<u>Текстові документи</u>			
1	A4	52ДР.006000.000 ПЗ	Пояснювальна записка	54		
			<u>Демонстраційні матеріали</u>			
2	A4		Тема. Мета і задачі досліджень.	2	1-2	
3	A4		Теоретичні дослідження	5	3-4	
4	A4		Експериментальні дослідження	2	5-8	
5	A4		Економічна частина	1	9	
6	A4		Висновки	1	10	

					52ДР.006.000.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Да				
Розробив	Терніков				Відомість дипломної роботи	ліме	аркуш	аркуші
Перевірів	Теслюк Г.В						4	
Т. контр						ДДАЄУ		
Н. контр.	Золотовська							
Затверд.	Теслюк Г.В							

РЕФЕРАТ

Терніков А.В. Обґрунтування параметрів та конструкції пруткового барабана сепаратора зерна / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

У даній роботі була виявлена проблема поділу сипучих матеріалів, визначена енергоємність процесу переміщення маси частинок в похилому повітряному каналі по поверхні стрижневого барабана сепаратора і продемонстровані конструктивні параметри сепаратора. Обґрунтували та забезпечили безпечні умови роботи зерно-очисної техніки.

Визначено економічну ефективність.

Ключові слова: ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ПОВІТРЯНИЙ КАНАЛ, ВІДЦЕНТРОВО-ПНЕВМАТИЧНИЙ СЕПАРАТОР, ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА, БАРАБАН, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ	10
1.1 Огляд конструкцій розділення сипких матеріалів	10
1.2 Огляд результатів теоретичних досліджень процесу очищення зернових матеріалів з використанням відцентрових пневматичних сепараторів	14
Висновки, задачі досліджень	18
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	20
2.1. Аналіз об'єкту досліджень	21
2.2 Аналіз диференційних рівнянь та їх часткових розв'язків.	22
Висновки по розділу	29
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	30
3.1 Визначення ефективності розділення відцентрово- пневматичним сепаратором зерноsumіші	30
3.2. Залежність технологічних показників роботи відцентрово- пневматичного сепаратора від швидкості повітряного потоку у каналі	32
Висновки по розділу	40
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації сепаратора-очисника зерна	41
4.2 Заходи безпеки	43
Висновок по розділу	44
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ	45
Висновок по розділу	46

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

47

БІБЛІОГРАФІЯ

49

ДОДАТКИ

ВСТУП

Сепарація зернових культур повітряним потоком є процесом, який широко застосовується для очищення та сортування зерна за допомогою повітря. Цей метод ефективно використовується для відділення легших домішок, таких як пил, солома, дрібні частини рослин, а також для розділення зерна за його розмірами та щільністю.

Основні принципи сепарації повітряним потоком:

Використання повітряного потоку: Для сепарації застосовують потік повітря, який створюється спеціальними вентиляторами або повітряними камерами. Зерно і домішки потрапляють на сітку або поверхню, і під впливом потоку повітря легші частини (домішки) відриваються від важчих (зерен) і відносяться в сторону.

Гравітаційна сепарація: Поділяє зерно за вагою (щільністю). Легші частини зернових або домішки можуть бути віднесені вгору або в сторону.

Аеродинамічна сепарація: Використовує повітряний потік для відділення зерен за їх аеродинамічними властивостями.

Типи устаткування: Для таких процесів використовуються спеціальні сепаратори, наприклад, **пневматичні сепаратори**, де зерно і домішки транспортуються повітрям через кілька етапів фільтрації або через сітки з різними розмірами осередків.

Основні етапи процесу:

Подрібнене зерно чи насіння потрапляє до сепаратора. Повітряний потік направляється на змішану масу для видалення легких часток. Легкі частки (пил, солома, дрібне сміття) виводяться через отвори в спеціальний колектор, а важче зерно залишається на решетах або транспортується далі.

Цей метод ефективний, оскільки дозволяє досягти високої чистоти продукту без використання хімічних речовин, а також знижує механічні пошкодження зерна, що важливо для його подальшої обробки або зберігання.

Одним із способів підвищення ефективності очищення є подальше вдосконалення повітряної системи, спрямоване на посилення процесу

пневматичного поділу. Аналіз наукових робіт показує, що рішення поставленого завдання може бути досягнуто шляхом тонкошарової обробки зернових матеріалів в зоні дії штучно створюваних інерційних сил з використанням надкритичних швидкостей повітряного потоку.

Метою досліджень є підвищення продуктивності розділення сипких матеріалів шляхом обґрунтування параметрів конічного барабана з прутковою поверхнею сепаратора.

Об'єктом досліджень є процес розділення сепаратором сумішей під дією інерційних сил конічного барабана з прутковою поверхнею.

Предмет досліджень – параметри сепаратора відцентрово-пневматичного.

Апробація результатів подані та опубліковані тези наукової роботи.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

1.1. Огляд конструкцій розділення сипких матеріалів

В даний час виробництво рослинної продукції включає в себе різні технічні процеси, які взаємопов'язані і впливають як на якісні, так і на кількісні показники виробленого готового продукту. Залежно від різних факторів (регіону виробництва, використовуваних сільськогосподарських технологій, засобів механізації, наявності певної логістики і т.д.), продукція, що випускається з рядом характеристик має різну вартість, в результаті чого вона має певну маржинальність і конкурентоспроможність [2]. Системний підхід до вирішення цієї виробничої задачі дозволяє нам визначити ряд взаємопов'язаних технічних процесів, показаних на малюнку 1. Як показано на малюнку 1, він складається з декількох технічних операцій, кожна з яких може виконуватися з великою ймовірністю технічних параметрів. Кожен параметр технологічного процесу в тій чи іншій мірі впливає на кінцевий результат виробництва [3].



Рис. 1.1. Надсистема продукції виробництва рослинництва. Системи операцій технологічних: 1 – обробітку основного ґрунту; 2 – обробітку поверхневого; 3 – посіву (садіння); 4 – догляду за посівами; 5 – збирання; 6 – обробітку післязбирального [3].

Одним з елементів системи, що робить істотний вплив на виробництво рослинницької продукції, є система післязбиральної обробки зернового матеріалу, що надходить з поля [2]. Найбільш трудомісткою роботою при виробництві зерна є його очищення від сторонніх предметів в короткі терміни. Якісна і своєчасна очищення продовольчого і фуражного зерна підвищує його

поживні і смакові властивості. Посів якісно очищеного насіння знижує забруднення полів і підвищує схожість і врожайність [4].

За складом зерновий матеріал можна розділити на три основні групи: основна культура – повноцінне насіння, пошкоджене, бите, у плівці, голе, пусте, щупле, недорозвинуте; побічне насіння – насіння культурних рослин і бур'янів; домішки органічного і мінерального походження [5]. Сепарування елементів зернового матеріалу за різними ознаками дозволяє забезпечити необхідну чистоту насіння. В залежності від призначення зерна (для посіву, продовольчих чи фуражних цілей) до зерноочисних машин висувають відповідні вимоги по доведенню зерносуміші до необхідної чистоти. Так для продовольчого призначення вміст смітних домішок для пшениці і жита допускається не більше 5%, для інших зернових – 8 %, для рису – 10 %; вміст зернових домішок не більше 15 %. Сортова чистота насіння зернових культур I і II класу повинна бути 98 %...99 %, схожість 90 %...95 %; кількість обрешеного насіння 0,5 %...1 %, вологість насіння 14 %... 17 % [6].

Очищення і сортування базуються на використанні різниці фізико-механічних властивостей насіння культурних рослин і домішок, тобто їх розмірів, ваги, властивостей поверхні, форми і інших. Відповідно до властивостей, які найбільш притаманні для зернового матеріалу основної культури, при її очищенні застосовують різні способи розділення на компоненти. Найбільш поширеним методом є поділ матеріалу на ситі і за допомогою повітряного потоку, який в основному використовується узгоджено, але в якості окремого елемента мийки зерна [5, 7]. При цьому виникає необхідність уніфікації конструкції зерноочисної машини за продуктивністю та розмірами (в основному ширині) повітряної та решітної систем.

Застосування лише повітряної сепарації дозволяє видалити із зернової суміші більше 50 % всіх домішок [8]. Використовуючи різницю аеродинамічних властивостей можна очистити зерновий матеріал від полови, шматочків соломи, колосків, щуплих і битих насінин та більшості насіння бур'янів, в тому числі і карантинного. До того ж за допомогою повітряного потоку проводиться

сортування основної культури за об'ємом, питомою та абсолютною вагою [9]. Тому сьогодні актуальним завданням є вдосконалення процесу очищення зернових матеріалів повітряним потоком.

В ході розробки технології зерноочисника було запропоновано безліч конструктивних рішень для конструкції пневматичних сепараторів, які можна класифікувати за такими характеристиками (рис.1.2): методом розділення матеріалу, типом, формою і перерізом пневмосепаруючого каналу (ПСК), способом формування умов обробки матеріалу.

Класичними методами розділення матеріалу є методи «зважування» та «відхилення» (рис.1.2). Якщо зерновий матеріал ввести у вертикальний повітряний потік відповідної швидкості, то, згідно різниці аеродинамічних властивостей часток, матеріал розділиться на дві фракції: перша буде виноситись повітряним потоком, а друга падатиме донизу. Якщо ж такий матеріал ввести у похилий потік, то частки будуть відхилятися потоком від лінії вільного падіння на різну величину і розділяться на n -фракцій.

Схема повітряного очищення зерноsumішей методом «зважування» застосовується в пневмосепараторах ОПС-2, СП-2У і т.д., в зерноочисних машинах ОВС-25, МПО-50 [10], К-527А10 «Petkus» (Німеччина), SM-120 «Camas», С800D «Ab Line Machiner» (Швеція) і інші. Принцип очищення зернового матеріалу методом «відхилення» використаний в пневмосепараторах марки САД, УПС-500, зерноочисних машинах АКН-200 «Harple» (Німеччина), «Cimbria» (Данія), «Kamas» (Швеція) та ін.. Провідними науковцями галузі проводились порівняльні дослідження розділення методом «зважування» і «відхилення» [10]. Були отримані різні результати, і на сьогоднішній день немає спільної думки про те, який канал забезпечить кращий процес синтаксичного аналізу. Деякі дослідники [10] вважають, що ці пневматичні сепаратори мають як переваги, так і недоліки, тому їх не можна порівнювати безпосередньо.

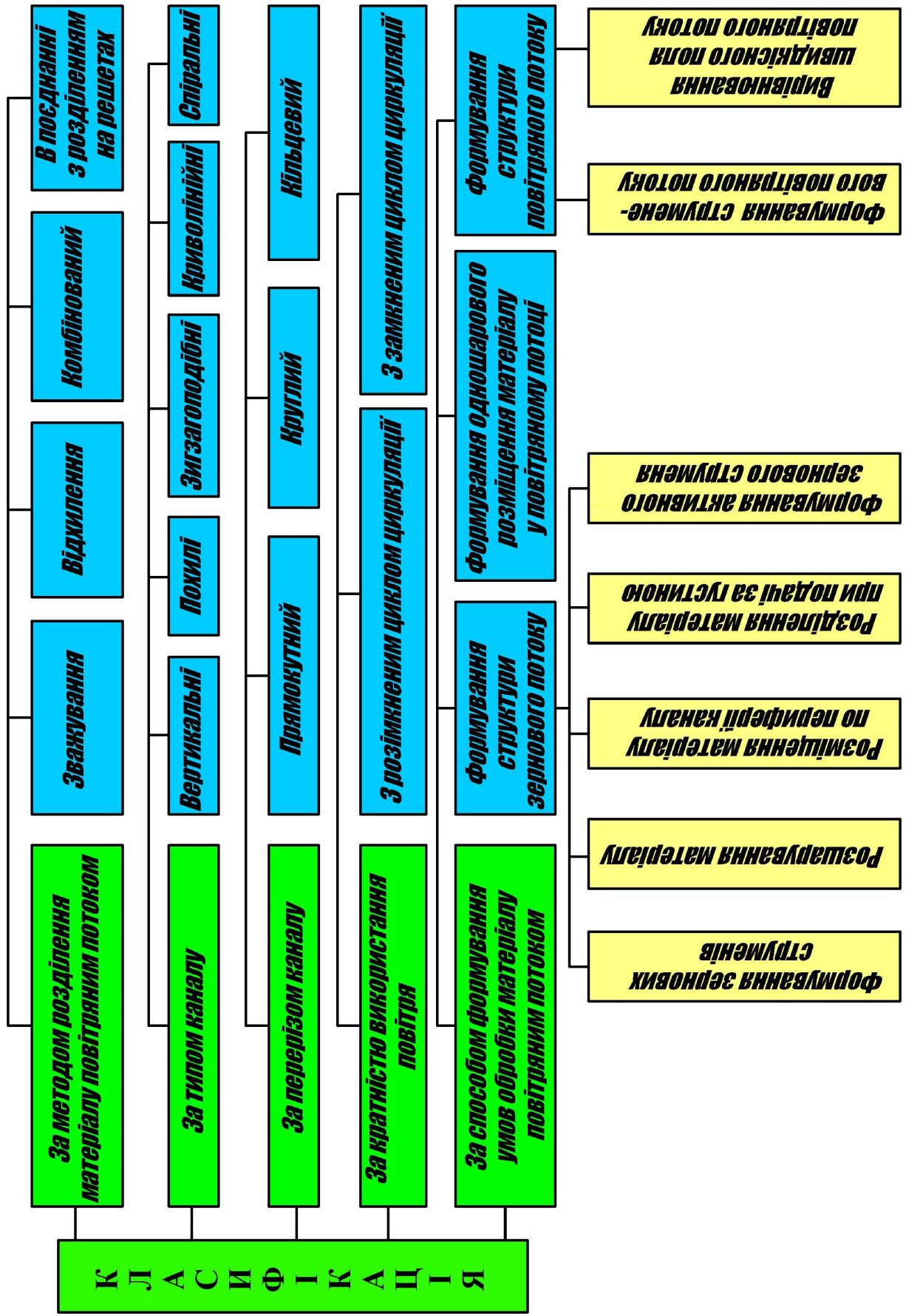


Рис. 1.2. Класифікація пневматичних сепараторів

1.2 Огляд результатів теоретичного дослідження процесу очищення зернових матеріалів з використанням відцентрових пневматичних сепараторів

На сьогоднішній день не існує загальноприйнятої методики теоретичного визначення якості процесу поділу зернових сумішей по потоку повітря. Таким чином, оцінка ймовірності поділу матеріалу за аеродинамічними властивостями проводиться статистичними методами на основі отриманих даних експериментальних. Отже, всі компоненти можна розділити зернової суміші на різні групи відповідно до закону нормального розподілу в залежності від швидкості наростання [12]:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.1)$$

де \bar{x} - середнє значення випадкової величини; σ - дисперсія.

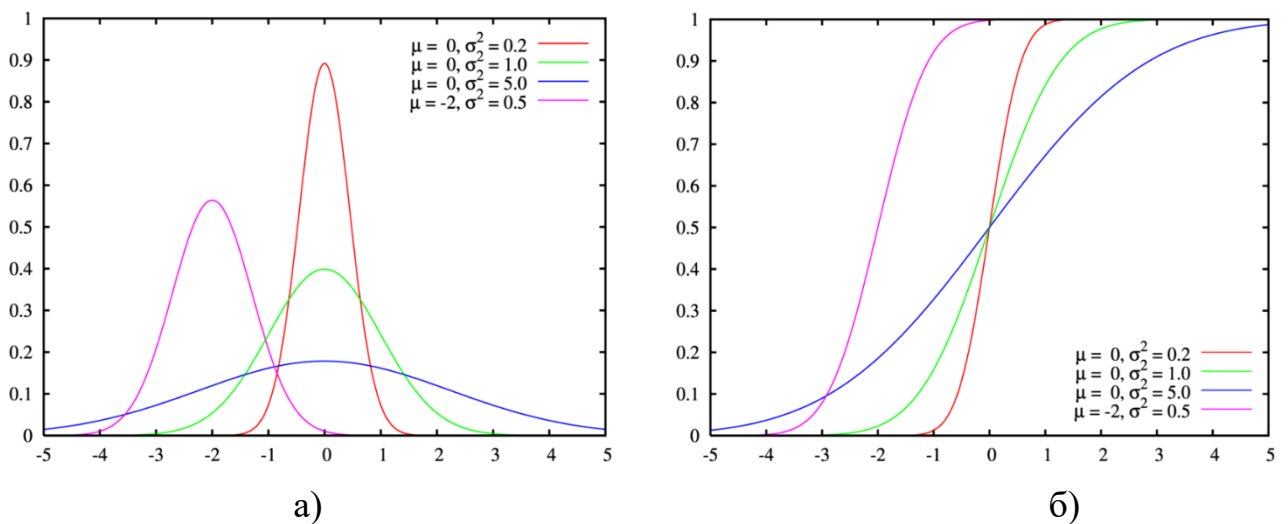


Рис. 1.3. Графіки нормального розподілу величини x : а) диференційні криві; б) інтегральні криві

Перетин кривих розподілу (рис.1.3) вказує на можливість або неможливість поділу компонентів зернової суміші в залежності від швидкості наростання.

Була зроблена спроба теоретично оцінити якість процесу пневматичного

розділення S.M.It його виконав Лещенко [13]. Запропоновано метод статистичного моделювання з використанням методу Монте-Карло та вивчено динаміку руху частинок. Моделювання будує дисперсійну криву відповідно до знайдених законів руху частинок і повторює етапи розрахунку для розрахунку траєкторії $\varphi_i(x)$ випадкових величин.

Кількісна оцінка якості поділу може бути виражена відношенням площі нерозділення фракцій до загальної площі даної фракції. Як правило, дробу мають суміжні перетини зліва і справа, тому (рис. 1.12), то можна записати:

$$k_{\varphi_i} = \frac{S_{l_i} + S_{n_i}}{S_i}. \quad (1.2)$$

З огляду на, що кожна площина на перетині дробів складається з 2 частин, отримаємо:

$$k_{\varphi_i} = \frac{S_{l_i} + S_{l_{(i+1)}} + S_{n_{(i-1)}} + S_{n_i}}{S_i}. \quad (1.3)$$

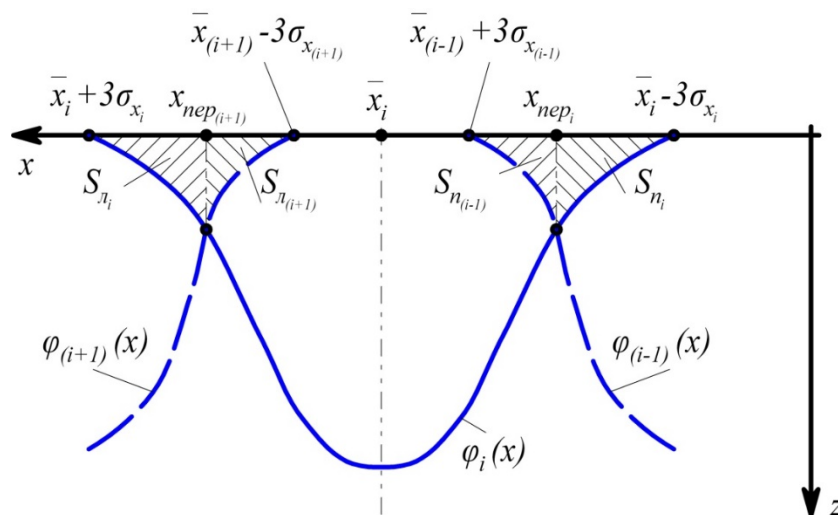


Рис. 1.4. Схема для визначення сепарації коефіцієнта суміші зернової

Таким чином, можна визначити якість поділу частинок твердих частинок, застосовуючи вищевказану методологію щодо теоретичних рівнянь руху.

Вагомий вклад в дослідження переміщення матеріалу по поверхні циліндричного барабана внесли І.П. Безручкін, В.М. Осецький, Г.Д. Терсков, М.Н. Летошнєв, М.Я. Резниченко, П.М. Василенко, П.М. Заїка, Б.І. Воротніков і інші. Так Безручкіним І.П. виявлена аналітична залежність кутової швидкості частинок, що знаходяться на поверхні циліндричного сітчастого сита, від аеродинамічної сили, вектор дії якої знаходиться в горизонтальній площині [14].

$$m \cdot \omega^2 \cdot R = \frac{\cos \psi \cdot (f \cdot G + P_n) - \sin \psi \cdot (G - f \cdot P_n)}{f} \quad (1.4)$$

де ω – кутова швидкість частки, с^{-1} ; G – сила ваги зерна, Н; ψ – кут повороту барабана, град; P_n – сила опору повітряного потоку, Н; R – радіус барабана, м; $f = \text{tg}\varphi$ – коефіцієнт тертя.

Він також сказав, що в залежності від величини відцентрової сили і кута тертя зерно буде ковзати по поверхні барабана зі швидкістю нижче або вище кругової швидкості обертання барабана, а потім відриватися від поверхні:

$$m \cdot g \cdot \sin \psi < f \cdot [m \cdot (g \cdot \cos \psi - \omega^2 \cdot R) + P_n \cdot \sin \psi] + P_n \cdot \cos \psi. \quad (1.5)$$

Аналізуючи рух частинок по поверхні барабана, дослідники виявили, що вони не враховували тангенціальну силу інерції, що виникає при наявності відносного руху матеріалу по циліндричній поверхні.

Рух частинок по циліндричній поверхні визначається наступним чином. М.Іт це вважається вами більш повним. Резниченко [9] провів важливий аналіз роботи попередників, який виявив закономірності руху матеріалів всередині та зовні циліндричного барабана.

Зокрема, були зроблені наступні узагальнення для переміщення по зовнішній поверхні барабана:

- рівняння руху диференціальне точки при умові $v_{\text{відн.}} \neq 0$ має вигляд:

$$\kappa = \frac{6 \cdot f}{1 + 4 \cdot f^2} \cdot \sin(\pm\psi) + \frac{2 \cdot (1 - 2 \cdot f^2)}{1 + 4 \cdot f^2} \cdot \cos(\pm\psi) + c \cdot e^{2f(\pm\psi)}, \quad (1.6)$$

де $\kappa = \frac{\omega^2 \cdot R}{g}$ – показник кінематичного режиму;

c – постійна інтегрування, яка залежить від початкових умов;

« \pm » – знак вибирається залежно від напрямку відносної швидкості руху точки;

- фізично реальне значення величини κ при русі по зовнішній поверхні барабана завжди менше величини $(-\cos\psi)$;

- точка буде знаходитись в стані спокою відносно барабану, якщо:

а) вона лежить в зоні, обмеженій рівняннями:

$$\kappa_{\text{бар}} = \frac{\sin\psi}{f} - \cos\psi \quad \text{та} \quad \kappa_{\text{бар}} = \frac{\sin(-\psi)}{f} - \cos(-\psi); \quad (1.7)$$

б) досягне швидкості барабану абсолютна швидкість точки;

- умови відділення частки від барабана мають наступний вигляд:

$$\kappa = -\cos\psi; \quad (1.8)$$

- траєкторія руху після відриву буде описуватись рівнянням (при $R=I$):

$$Y_1 = \frac{(X_1 + \sin^3\psi_{\text{відр.}})^2}{2 \cdot \cos^3\psi_{\text{відр.}}} + \frac{\cos\psi_{\text{відр.}}}{2} \cdot (\cos^2\psi_{\text{відр.}} - 3). \quad (1.9)$$

де X_1, Y_1 – відповідно координати по вісі абсцис і ординат в площині XOY ;

$\psi_{\text{відр.}}$ - кут відриву від поверхні барабана.

На початковому етапі кутова швидкість частки визначається рівнянням:

$$\dot{\psi}^2 = \frac{2 \cdot g}{R \cdot (1 + 4 \cdot f^2)} \cdot \left[\sqrt{1 + f^2} \cdot e^{-2f(\psi+\varphi)} + 3 \cdot f \cdot \sin\psi - (1 - 2 \cdot f^2) \cdot \cos\psi \right], \quad (1.10)$$

а нормальна реакція N виразом

$$N = g \cdot \left\{ \cos\psi - \frac{2}{1 + 4 \cdot f^2} \cdot \left[\sqrt{1 + f^2} \cdot e^{-2f(\psi+\varphi)} + 3 \cdot f \cdot \sin\psi - (1 - 2 \cdot f^2) \cdot \cos\psi \right] \right\}. \quad (1.11)$$

Дані рівняння справедливі, доки $\dot{\psi} < \omega$, $N > 0$.

Зазначені умови і визначають характер руху та місце відриву частки від

барабану.

При правильному перетворенні П. М. рівняння, отримане Заїкою м. дається. Зверніть увагу, що це пов'язано із законом руху, отриманим уа. Резніченко

Взаємодія повітряного потоку з фракціями, що рухаються по поверхні циліндричного барабана це відображено у творчості Тагінцева [12]. Він отримав наступні залежності:

$$\omega^2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot g}{R \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} \left[3 \cdot f \cdot \sin \psi + (2 \cdot f^2 - 1) \cdot \cos \psi + (1 - 2 \cdot f^2) \cdot e^{-2 \cdot f \cdot \psi} \right] + \frac{k_n \cdot V^2}{R} (1 - e^{-2 \cdot f \cdot \psi}) \quad (1.12)$$

де V – повітряного потоку швидкість, м/с.

Умова відриву частки від поверхні барабану має вигляд:

$$\omega_{\text{відр.}}^2 = \frac{g}{R} \cdot \left(\cos \psi + \frac{k_n \cdot V^2}{g} \right) \quad (1.13)$$

Висновки, задачі досліджень

В даний час поширені найбільш такі методи очищення та сортування [16]: поділ зернових Куп повітряним потоком; поділ зернових Куп за розміром частинок в ситі; розподіл зернових куп по довжині в трієри; поділ зернових куп за відмінностями у формі і властивостях поверхні частинок; очищення і сортування зернових куп за відмінностями в щільності.

Насправді, на додаток до здатності виконувати якісну очистку, Сучасні сепаратори повинні володіти Жовтневим якістю. До машини для миття зерна пред'являються наступні вимоги [16]: стабільно розподіляти партії зерна відповідно до зазначених вимог. Регулювати процес поділу, адаптуватися до партії зерна різної якості з різним вмістом домішок. Ним легко керувати та налаштовувати. Якісне очищення зернових культур (частина 4...5% забруднення сміттям за один прохід). Міцний. Мінімальний термін погашення. Рахунки за електроенергію, заробітна плата працівників тощо. У тому числі низькі

експлуатаційні витрати. Конструкція сепаратора повинна бути стійкою і безпечною. Мінімальне пошкодження посівів під час збирання [4-16].

Для досягнення вказаної **мети** поставлено наступні **задачі**:

- виявити проблеми сепарації сипких матеріалів;
- визначити щільність енергії процесу переміщення маси зерна в похилому повітрододі по поверхні барабана з розділовим стрижнем; обґрунтування конструктивних параметрів сепаратора;
- забезпечити безпечні умови роботи зерно-очисної техніки.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Аналіз об'єкту досліджень

В даному різноманітті ми вирішили продовжити роботу над вдосконаленням [10] пристроїв для очищення зерна від домішок, що відрізняються парусністю, у процесі транспортування зерна пневматичними транспортерами.

Недоліком конструкції є те, що в такому сепараторі необхідно встановлювати заповнює зазор за рахунок збільшення опору сітчастого барабана при збільшенні тиску і швидкості обертання маси частинок зсередини розвантажувального резервуара в область подає клапана, що призводить до незадовільної роботи сепаратора. роздільник.

Високий ефект пневмосепарації може досягаться в тому випадку, якщо в розвантажувальній ємності перебуває певний рівень зерна, чого неможливо досягти застосуванням даної конструкції живильних пристроїв.

Задачею запропонованого вдосконалення є підвищення ефективності процесу сепарації за рахунок покращення умов сепарації, а саме за рахунок усунення вказаних недоліків.

Вирішення цієї проблеми досягаться в сепараторі з розвантажувальним каналом за рахунок бункера, вентилятора, конічного барабана, його приводного механізму, пневматичного розділового каналу, того факту, що конічний барабан має зовнішню поверхню з круглим отвором або виконаний у вигляді спіралі, фокусує траєкторію частинок, що підлягають видаленню. очищається на відбиває екрані. [17].

Суть вдосконалення відцентрово-пневматичного сепаратора із конічним барабаном та відбивним екраном пояснюється (рис. 2.1), де на (рис. 2.1, а) зображено поперечний розріз відцентрово-пневматичного сепаратора, траєкторії руху часток, що сепаруються; (рис. 2.1, б) – конічний барабан, який має зовнішню поверхню утворену спіраллю, боковин із отворами, відбивний екран.

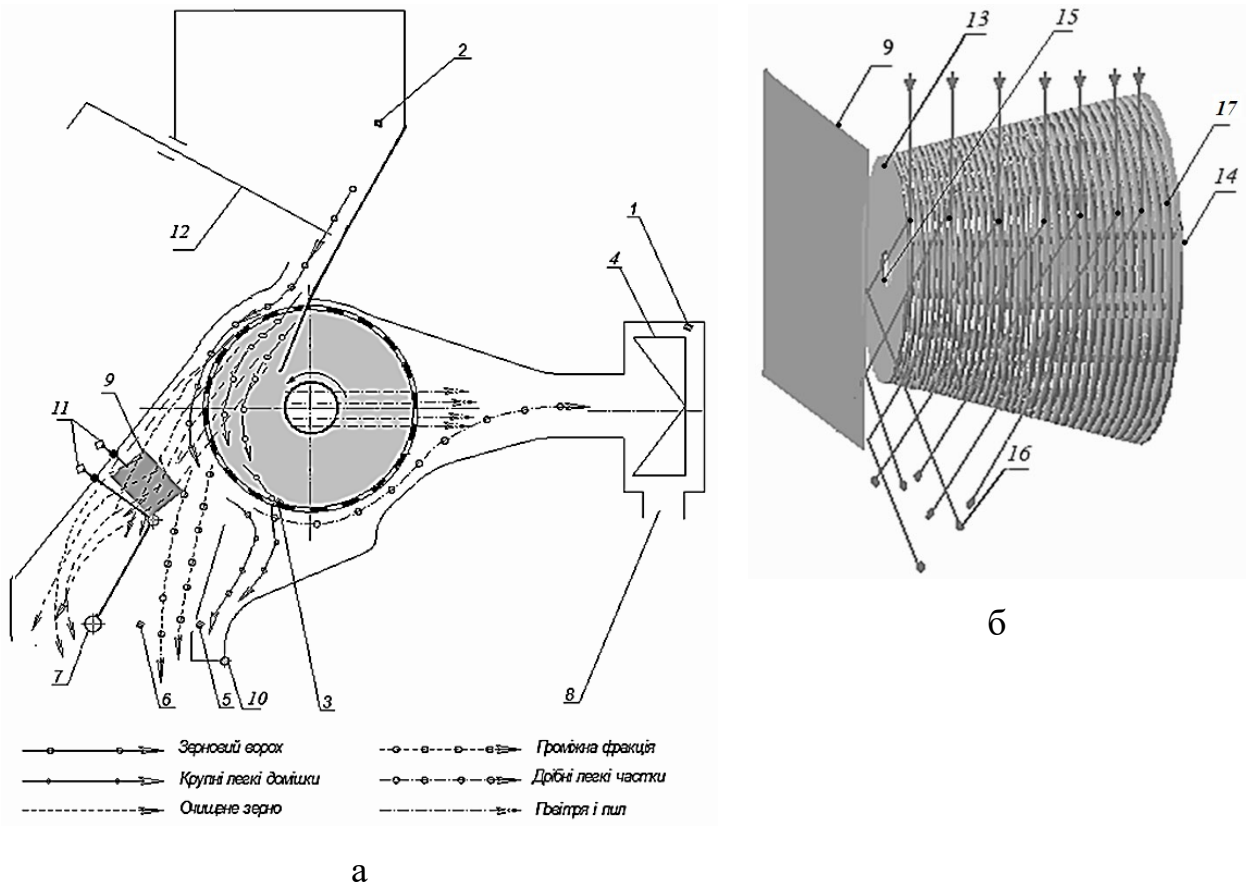


Рис. 2.1 Відцентрово-пневматичного сепаратора із конічним барабаном та відбивним екраном [17]

Відцентрово-пневматичний сепаратор із конічним барабаном та відбивним екраном (рис. 1, а) складається із корпусу 1, бункера 2, конічного барабану 3, вентилятора 4, вивантажувальних каналів: вивантажувальний зерновий приймальний канал 7, канал крупних легких домішок 5, приймальний канал проміжної фракції 6, викидного колектора 8, відбивного екрану 9, смісті для вивантаження крупних легких домішок 10, важелів регулювання відбивного екрану та вивантажувального каналу 11, засувки живильної щілини 12.

Відцентрово-пневматичний сепаратор із конічним барабаном та відбивним екраном (рис. 2.1, б) складається із спіралі 17, боковин 13, 14, повітряного отвору 15.

Відцентрово-пневматичний сепаратор із конічним барабаном та відбивним екраном працює таким чином. Зерно завантажується в бункер 2, звідки через

засувки живильної щілини 12 подається на конічний барабан 3. При його обертанні зерно за рахунок механічного удару, та удару об відбивний екран 9, під дією відцентрової сили розділяється на кілька фракцій, який концентрує очищене зерно на вивантажувальний зерновий приймальний канал 7. За рахунок направлено повітряного потоку, більш легкі фракції лушпиння потрапляють у приймальний канал проміжної фракції 6 та канал крупних легких домішок 5. Найбільш легкий матеріал виноситься повітряним потоком до викидного колектора 8, завдяки вентилятору 4. Крупні легкі домішки після їх накопичування у ємності для вивантаження крупних легких домішок 10 вивантажуються [17].

На (рис. 2.1, б) показані траєкторії руху зерна 16 відповідно конічного барабану та відбивного екрану 9. Конічна форма барабану на відміну від циліндричного, дозволяє відкидати зерно у бік на відбивний екран, що сприяє додатковому очищенню зерна та більш щільній концентрації його у вивантажувальному зерновому приймальному каналі 7.

2.2 Аналіз диференціальних рівнянь та їх часткових розв'язків.

1. За постановкою задачі початкова швидкість руху зернини V_0 повинна бути меншою колової швидкості поверхні барабана, тобто $V_0 < \omega_D R$. В протилежному випадку відбуватиметься уповільнення руху зернини, як наслідок порушення одношарового руху матеріалу (він буде рухатись в два і більше шарів).

2. Після попадання частки на решето вона може:

2.1) Рухатись уповільнено: до повної зупинки і почати рухатись в протилежну сторону; до деякої швидкості $V \in (0, V_0)$, після чого продовжити рух з прискоренням, при умові:

$$\sin \varphi - \frac{k_{\Pi} U^2}{g} \left(\frac{R^2 \dot{\varphi}^2}{U^2} + \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} \right) < 0, \quad (2.1)$$

i

$$\left| \sin \varphi - \frac{k_{\Pi} U^2}{g} \left(\frac{R^2 \dot{\varphi}^2}{U^2} + \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} \right) \right| > \frac{f}{\sin \beta} \left(\frac{k_{\Pi} U^2}{g} \frac{k_d + \sin \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} + \cos \varphi - \frac{R}{g} \dot{\varphi}^2 \right) \quad (2.2)$$

Вказаних явищ потрібно уникати, оскільки при уповільненні порушується одношаровість руху матеріалу.

2.2) Частка буде рухатись прискорено у випадках:

$$\text{a) } \left| \sin \varphi - \frac{k_{\Pi} U^2}{g} \left(\frac{R^2 \dot{\varphi}^2}{U^2} + \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} \right) \right| < \frac{f}{\sin \beta} \left(\frac{k_{\Pi} U^2}{g} \frac{k_d + \sin \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} + \cos \varphi - \frac{R}{g} \dot{\varphi}^2 \right); \quad (2.3)$$

$$\text{б) } \sin \varphi - \frac{k_{\Pi} U^2}{g} \left(\frac{R^2 \dot{\varphi}^2}{U^2} + \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} \right) > 0. \quad (2.4)$$

3. В момент, коли кутові швидкості частки і барабана вирівнюються частка може:

а) стати нерухомою по відношенню до поверхні барабана, якщо $\ddot{\varphi} \leq 0$ або

$$-(k_{\Pi} R - f_1) \frac{R}{g} \dot{\varphi}^2 + \sin \varphi - f_1 \cos \varphi - \frac{k_{\Pi} U^2}{g} \frac{f_1 (k_d + \sin \varphi) + \cos \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} \leq 0. \quad (2.5)$$

б) продовжувати прискорений рух при $\ddot{\varphi} > 0$

$$-(k_{\Pi}R - f_1)\frac{R}{g}\dot{\varphi}^2 + \sin \varphi - f_1 \cos \varphi - \frac{k_{\Pi}U^2}{g} \frac{f_1(k_d + \sin \varphi) + \cos \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} > 0 \quad (2.6)$$

4. Якщо частка зупиниться на поверхні барабана, то рух відносно барабана оновиться в момент коли $\ddot{\varphi} > 0$ або

$$\begin{aligned} \sin \varphi - \frac{k_{\Pi}U^2}{g} \left(\frac{R^2 \omega_D^2}{U^2} + \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} \right) > \\ > \frac{f}{\sin \beta} \left(\frac{k_{\Pi}U^2}{g} \frac{k_d + \sin \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} + \cos \varphi - \frac{R}{g} \dot{\varphi}^2 \right). \end{aligned} \quad (2.7)$$

5. Відрив частки від барабана наступить при виконанні умови

$$\frac{k_{\Pi}U^2}{g} \frac{k_d + \sin \varphi}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi}} + \cos \varphi - \frac{R}{g} \dot{\varphi}^2 < 0. \quad (2.8)$$

Рівняння не має аналітичного розв'язку, тому проаналізуємо його за допомогою ЕОМ.

Алгоритм розв'язування рівняння (2.45) наступний

- 1) Задаємо параметри задачі $\varphi_0, f, R, l_1, l_2, U, d_{\text{пр}}, d_{\text{е}}, \Delta, V_0, \omega_D$.
- 2) Задаємо крок по часу Δt
- 3) Знаходимо мінімальний кут $\varphi = \varphi_m$, при якому можна подавати зерновий потік. З (2.19) отримуємо рівняння для знаходження кута φ_m

$$-(k_{\Pi}R - f_1) \frac{V_0^2}{gR} + \sin \varphi_m - f_1 \cos \varphi_m - \frac{k_{\Pi} U^2}{g} \frac{f_1(k_d + \sin \varphi_m) + \cos \varphi_m}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi_m}} = 0. \quad (2.9)$$

Згідно отриманого рівняння будемо графік залежності кута введення матеріалу до повітряного каналу φ_m від коефіцієнта парусності k_{Π} (рис. 2.2) (на прикладі зерноsumіші соняшника).

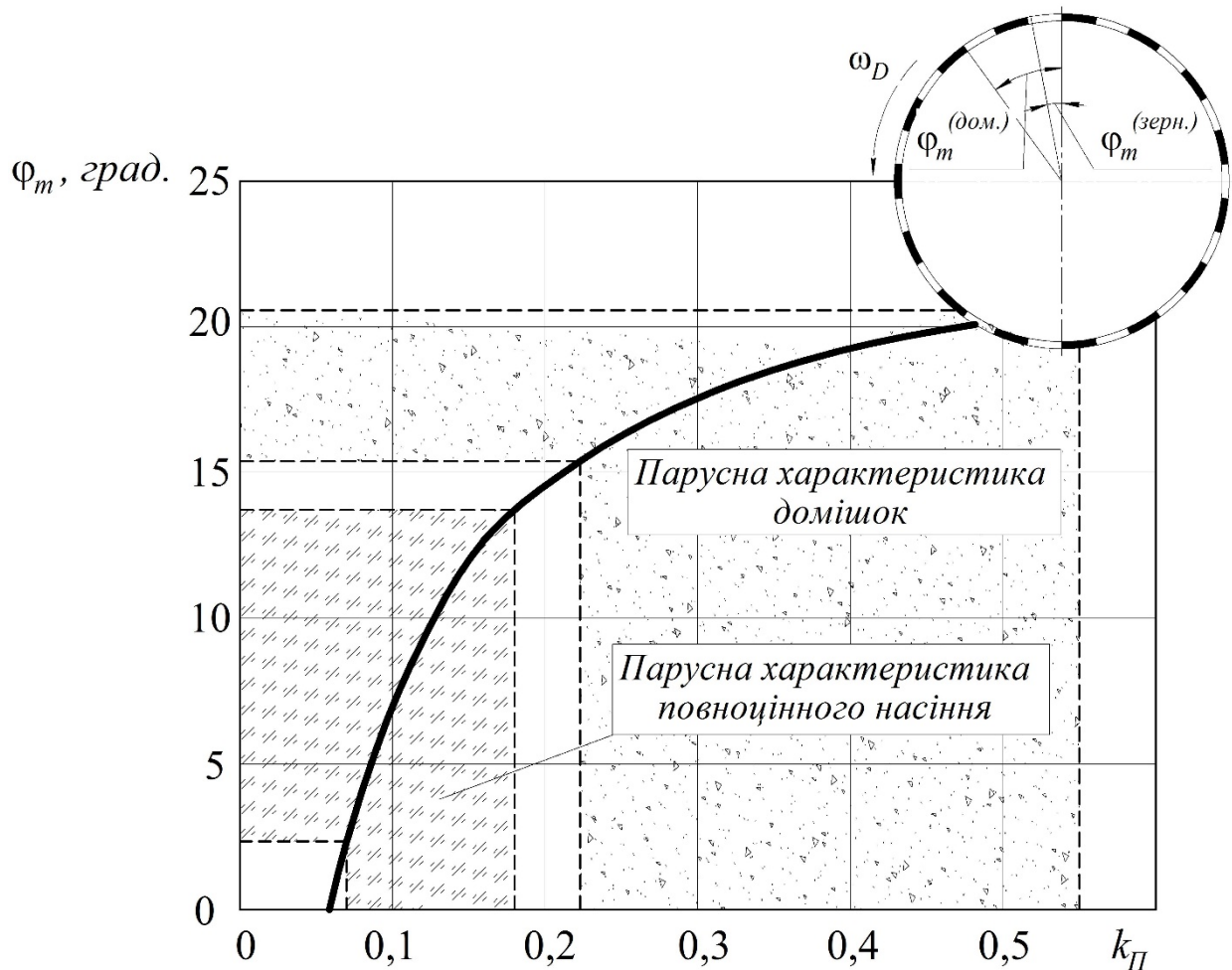


Рис. 2.2. Залежність кута введення матеріалу в повітряний канал від коефіцієнтів парусності елементів (на прикладі зерноsumіші соняшника)

Значення діапазону коефіцієнтів парусності приймаємо згідно даних пошукових дослідів по визначенню аеродинамічних властивостей зерноsumіші [18]:

повноцінне насіння – $k_{\Pi} = 0,07 \dots 0,18$;

некондиційне насіння – $k_{\text{н}} = 0,14 \dots 0,32$;

домішки – $k_{\text{н}} = 0,23 \dots 0,55$.

Аналіз залежності (рис.2.2) показує, що мінімальний кут подачі по дузі кола барабана становить:

для коефіцієнтів парусності $k_{\text{н}} = 0,07 \dots 0,18$ – $\varphi_m = 3^\circ \dots 13^\circ$,

для коефіцієнтів парусності $k_{\text{н}} = 0,23 \dots 0,55$ – $\varphi_\delta = 15^\circ \dots 21^\circ$.

Для забезпечення стабільного руху з прискоренням, для даних початкових умов, необхідний кут подачі зернового матеріалу складає $\varphi_m > 21^\circ$. Зменшення кута введення призведе до уповільнення швидкості руху частки, переміщення в протилежному напрямку, і, відповідно, накопичення матеріалу в зоні подачі. Збільшення кута подачі призведе до зменшення якості очищення внаслідок зменшення зони дії повітряного потоку.

4) Знаходимо кут $\varphi = \varphi_{\omega_D}$, при якому швидкість зернини вирівнюється з швидкістю барабана, для чого з отримуємо рівняння

$$b_1 e^{-a\varphi_{\omega_D}} + a_1 \sin \varphi_{\omega_D} + a_2 \cos \varphi_{\omega_D} - 2b e^{-a\varphi_{\omega_D}} \int_{\varphi_0}^{\varphi_{\omega_D}} \frac{f_1(k_d + \sin \varphi_{\omega_D}) + \cos \varphi_{\omega_D}}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi_{\omega_D}}} e^{a\varphi_{\omega_D}} d\varphi_{\omega_D} - \frac{g}{R} \omega_D^2 = 0. \quad (2.10)$$

Згідно отриманого рівняння будуємо графік залежності кута зміни напрямку сили тертя φ_{ω_D} від коефіцієнта парусності $k_{\text{н}}$ (рис. 2.3).

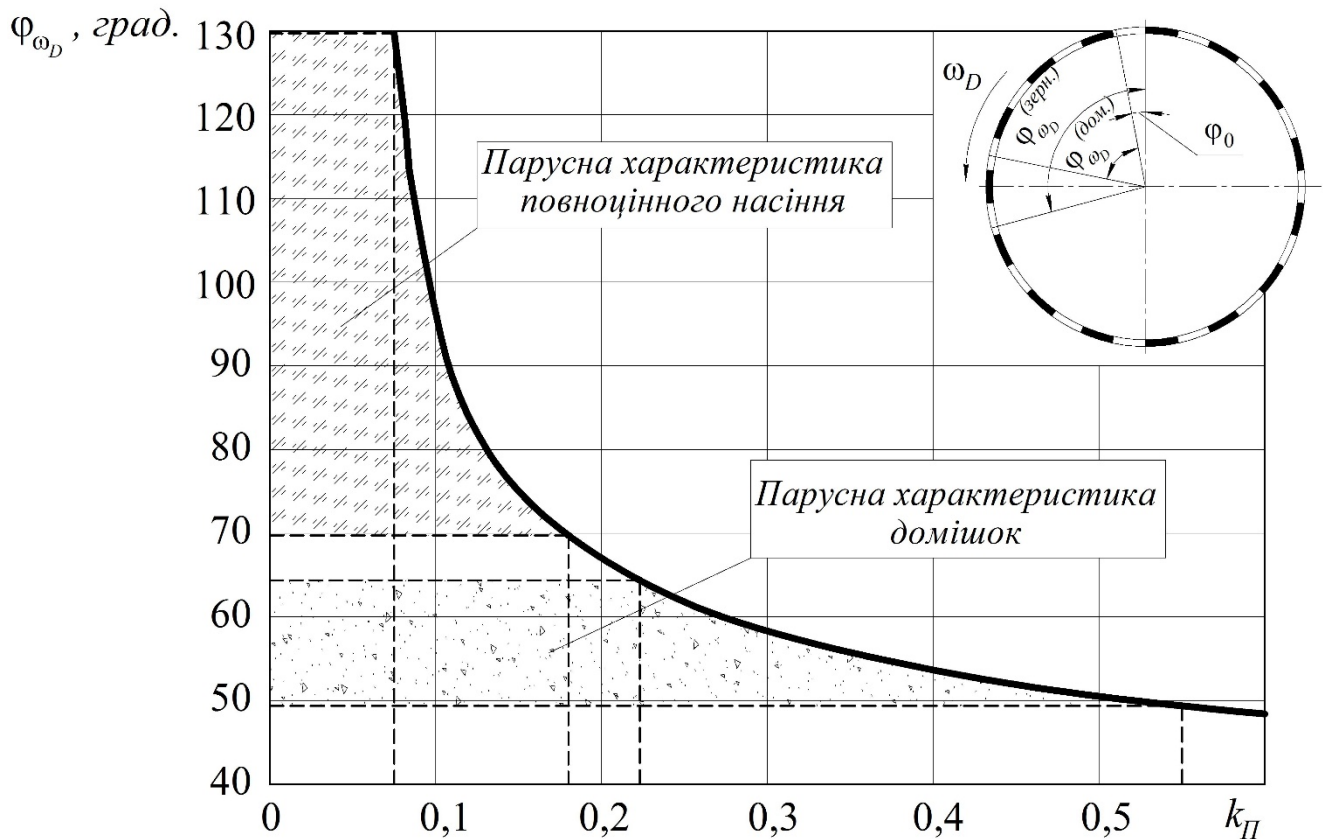


Рис. 2.3. Залежність кута зміни напрямку сили тертя від коефіцієнтів парусності елементів зерноsumіші

Отримана графічна залежність (рис. 2.3) свідчить про те, що домішки мають більше прискорення ніж зерно, і відповідно кут, при якому відбудеться вирівнювання кутової швидкості часток зернового матеріалу і поверхні циліндричного барабана (кут зміни напрямку сили тертя) становитиме:

$$\text{для коефіцієнтів парусності } k_{\Pi} = 0,07 \dots 0,18 - \varphi_{\omega_D} = 70^i \dots 129^i,$$

$$\text{для коефіцієнтів парусності } k_{\Pi} = 0,14 \dots 0,32 - \varphi_{\omega_D} = 57^i \dots 76^i,$$

$$\text{для коефіцієнтів парусності } k_{\Pi} = 0,23 \dots 0,55 - \varphi_{\omega_D} = 49^i \dots 65^i.$$

Таке розшарування матеріалу відбувається внаслідок дії на частки домішок більшої притискної сили (більший коефіцієнт парусності).

5) Знаходимо кут $\varphi = \varphi_{\text{відр.}}$ відриву зернини від барабана

$$\frac{k_{\Pi} U^2}{g} \frac{k_d + \sin \varphi_{\text{відр.}}}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi_{\text{відр.}}}} + \cos \varphi_{\text{відр.}} - \frac{R}{g} \dot{\varphi}_{\text{відр.}}^2 < 0 \quad (2.11)$$

або

$$\begin{aligned} & \frac{k_{\Pi} U^2}{g} \frac{k_d + \sin \varphi_{\text{відр.}}}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi_{\text{відр.}}}} + \cos \varphi_{\text{відр.}} - b_1 e^{-a\varphi_{\text{відр.}}} - a_1 \sin \varphi_{\text{відр.}} - a_2 \cos \varphi_{\text{відр.}} + \\ & + 2be^{-a\varphi_{\text{відр.}}} \int_{\varphi_0}^{\varphi_{\text{відр.}}} \frac{f_1(k_d + \sin \varphi_{\text{відр.}}) + \cos \varphi_{\text{відр.}}}{\sqrt{1 + k_d^2 + 2k_d \sin \varphi_{\text{відр.}}}} e^{a\varphi_{\text{відр.}}} d\varphi_{\text{відр.}} = 0, \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\text{де } b_1 = \left(\frac{\dot{\varphi}_0^2 R}{g} - a_1 \sin \varphi_0 - a_2 \cos \varphi_0 \right) e^{a\varphi_0}, \quad (2.13)$$

$\varphi_0 = \max(\varphi_{\omega_D})$ – кут початку прискорення більший за кут п. 4).

Наведемо графіки залежності кута відриву $\varphi_{\text{відр.}}$ частки від коефіцієнта парусності k_{Π} .

Аналіз графічних залежностей дозволяє зробити наступні висновки.

Залежність кута відриву часток зернової суміші від їх коефіцієнта парусності носить параболічний характер. Збільшення значення коефіцієнту парусності веде до збільшення кута відриву.

Для зернової маси, що характеризується значеннями $k_{\Pi} = 0,07 \dots 0,18$ – для повноцінного, $k_{\Pi} = 0,14 \dots 0,32$ – для некондиційного насіння та $k_{\Pi} = 0,23 \dots 0,55$ для смітних домішок, діапазон кутів відриву відповідно становить $\varphi_{\text{відр.}}^{(\text{і.çâđî.})} = 75^{\text{і}} \dots 111^{\text{і}}$, $\varphi_{\text{відр.}}^{(\text{ù.çâđî.})} = 99^{\text{і}} \dots 145^{\text{і}}$, $\varphi_{\text{відр.}}^{(\text{âîî.})} = 129^{\text{і}} \dots 162^{\text{і}}$, що дає змогу чітко розмежовувати фракції, встановивши подільник у відповідних положеннях.

Місце встановлення подільника очищеного насіння визначає зона перетину інтегральних кривих некондиційного насіння та домішок, яка для даних умов становить $\varphi_{\text{сі}} = 135^{\circ} \dots 140^{\circ}$.

Висновки по розділу

1. Отримане рівняння руху частки по прутковій поверхні циліндричного барабана дозволяє визначити залежність швидкості руху матеріалу по дузі кола від ряду факторів: фрикційних властивостей робочої поверхні барабана і матеріалу f , геометричних параметрів отворів пруткового барабана d_{np} і Δ , кута подачі на барабан φ_0 , початкового кінематичного режиму матеріалу κ_0 , показника кінематичного режиму барабана κ_p , а також коефіцієнту парусності частки k_n .
2. Встановлено, що для забезпечення стабільного руху зернового матеріалу з прискоренням необхідний кут подачі має бути $\varphi_m > 21^{\circ}$ для зернової маси, яка характеризується значеннями коефіцієнтів парусності $k_n = 0,07 \dots 0,18$ – для повноцінного, $k_n = 0,14 \dots 0,32$ – для некондиційного насіння та $k_n = 0,23 \dots 0,55$ для смітних домішок. При цьому діапазон кутів відриву відповідно становить $\varphi_{\text{відр.}}^{(\text{п.зерн.})} = 75^{\circ} \dots 111^{\circ}$, $\varphi_{\text{відр.}}^{(\text{щ.зерн.})} = 99^{\circ} \dots 145^{\circ}$, $\varphi_{\text{відр.}}^{(\text{дом.})} = 129^{\circ} \dots 162^{\circ}$, що дає змогу чітко розмежовувати фракції.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Визначення ефективності розділення відцентрово-пневматичним сепаратором зерноsumіші

Щоб забезпечити бажану якість поділу на фракції, необхідно визначити місце установки зерноделителя, вивчивши "віяло просіювання", який визначається значенням коефіцієнта просіювання елементів зернової суміші. З цією метою відбір фракцій здійснювався шляхом шарнірного закріплення верхнього 2 і нижнього 3 зерно дільників і установки їх у відповідне положення (рис. 3.1). За методикою, описаною, визначали на парусному класифікаторі аеродинамічні характеристики отриманих фракцій.

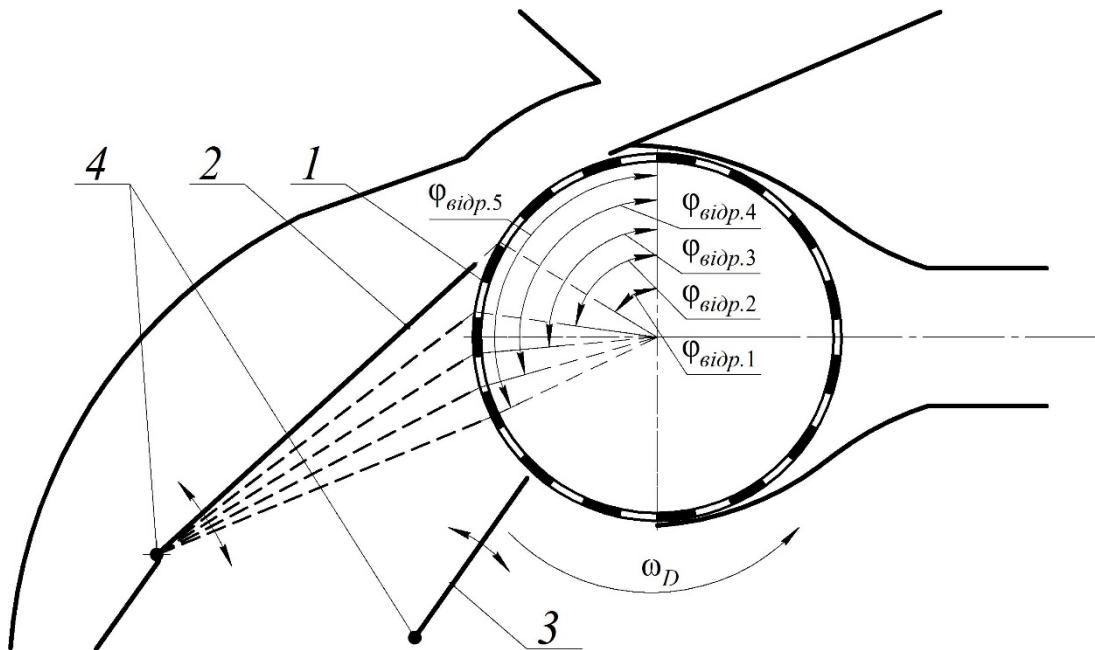


Рис. 3.1. Схема встановлення подільника зерна:

- 1 – барабан прутковий; 2 – подільник зерна верхній;
3 – подільник нижній зерна; 4 – шарнір

Ефективність сепарації характеризується двома показниками: якістю сепарації ε , % та чіткістю сепарації z , %.

Показник якості сепарації визначає кількість виділених із зернового матеріалу домішок відносно їх початкової кількості; показник чіткості сепарації характеризує кількість повноцінного зерна, яке потрапило в виділені домішки.

Дані показники розраховували наступним чином [80]:

$$\varepsilon = \frac{A - B}{B} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

$$z = \frac{B}{A} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

де ε - якість сепарації, %;

z - чіткість сепарації, %;

A - кількість виділеної потоком повітряним легкої фракції, кг;

B - кількість компонента легкого у вихідному матеріалі, кг;

B - вміст важкого у виділеній повітряним компоненту потоком легкій фракції, кг.

Визначення показників ефекту очищення та чіткості сепарації проводили на циліндричному барабані з прутковою поверхнею та на парусному класифікаторі за методикою наведеною в.

В бункер експериментальної установки завантажували зерновий матеріал з відомими аеродинамічними характеристиками та засміченістю, за рахунок частоти обертання робочого колеса вентилятора та відповідного положення дросельної заслінки встановлювали необхідну швидкість повітряного потоку в робочій зоні в межах $U = 12 \dots 16$ [м/с] та відкривали заслінку дозуючого пристрою. При цьому змінювали питоме зернове навантаження $q_b = 1000 \dots 4000$ [кг/дм·год] та показник кінематичного режиму циліндричного барабана $\kappa = 7,5 \dots 30$. Потім зважували домішки, що виділилися в осадових камерах установки, та пропускали їх з метою визначення вмісту повноцінного зерна через парусний пневмокласифікатор.

3.2. Залежність технологічних показників роботи відцентрово-пневматичного сепаратора від швидкості повітряного потоку у каналі

При проектуванні експериментального обладнання його проектування здійснювалося на основі теоретичних досліджень, з можливістю настройки кожного параметра, що надає найбільш істотний вплив на процес очищення повітряного потоку.

Метою першої серії було реалізація дослідів матриці центрального композиційного плану 2^{3+} зіркові точки, результатом яких було встановлення впливу на якість та чіткість повітряного очищення відцентрово-пневматичним сепаратором наступних чинників: питомого зернового навантаження на одиницю ширини каналу q_B , швидкості повітряного потоку U , показника кінематичного режиму барабана κ .

Матриця випробувань центрального композиційного плану $N = 2^{3+}$ зіркові точки наведена в табл.3.1.

Таблиця 3.1.

Результати реалізації матриці планування експерименту 2^{3+} зіркові точки

Номер досліджу	q_B , т/дм·год	κ	U , м/с	ε , %	z , %
	x_1	x_2	x_3	Y_1	Y_2
1	3	4	5	6	7
1	3,0	42,6	14	76	0,65
2	4,0	30	16	65	0,5
3	4,0	30	12	36	0
4	2,0	7,5	12	71	0,25
5	3,0	2,8	14	78	1,4
6	4,0	7,5	16	69	1,4
7	2,0	30	12	39	0
8	2,0	30	16	75	1,2
9	4,0	7,5	12	37	0,2
10	3,0	18,75	14	79	1,2
11	3,0	18,75	17,5	84	1,84

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
12	2,0	7,5	16	87	1,75
13	3,0	18,75	10,5	54	0,15
14	4,76	18,75	14	55	1,2
15	1,24	18,75	14	62	0,3
16	3,0	18,75	14	79	0,95

На рис.3.2 наведені фракції, отримані після проведення дослідів на зерноsumіші соняшнику.



Рис.3.2. Фракції, отримані після сепарації зерноsumіші соняшнику (табл.3.1 дослід № 13)

Для обробки експериментальних даних застосовували пакет прикладних програм STATISTICA 6.0. Після реалізації матриці експерименту отримали статистичні математичні моделі для ефекту очистки ε (Y_1) та чіткості сепарації z (Y_2) при натуральних значеннях фактора

$$Y_1 = 75,57 - 10,771 \cdot x_1 - 6,95 \cdot x_2 + 23,421 \cdot x_3 - 14,58 \cdot x_1^2 - 0,402 \cdot x_2^2 - 7,99 \cdot x_3^2 + 9,687 \cdot x_1 \cdot x_2 + 2,687 \cdot x_1 \cdot x_3 + 4,437 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (3.3)$$

$$Y_2 = 1,036 + 0,068 \cdot x_1 - 0,42 \cdot x_2 + 1,038 \cdot x_3 - 0,293 \cdot x_1^2 - 0,054 \cdot x_2^2 - 0,136 \cdot x_3^2 - 0,075 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,25 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,25 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (3.4)$$

Проведена статистична оцінка одержаних моделей за критерієм Кохрена підтвердила відтворюваність проведених дослідів, оскільки розрахункові значення критерію G^P для параметрів ε (Y_1) та z (Y_2) становлять $G_1^P = 0,214$ та $G_2^P = 0,056$, що є меншими табличного $G^T = 0,282$.

Значимість отриманих коефіцієнтів була перевірена з використанням критерію Стьюдента.

Табличне значення рівня критерію для надійності $P = 95\%$ і ступенів свободи $f = 15$ складає $t = 2,13$. Дисперсії коефіцієнтів знайдених складають:

$$(S_b)_1^2 = 2,15; \quad (S_b)_2^2 = 0,006$$

Величина довірчого інтервалу становить:

$$\Delta b_1 = 3,9; \quad \Delta b_2 = 0,013$$

Таким чином отримані коефіцієнти кожного з рівнянь регресії є значимими для всіх факторів, що слідує з їх порівняння з розрахунковим довірчим інтервалом.

Адекватність рівнянь регресії перевіряли за критерієм Фішера, табличне значення для рівня надійності якого $P_H = 0,95$ і числа свободи ступенів $f = 15$ складає $F^T = 3,0$. Розрахункові значення $F_1^P = F_2^P = 0,083$ не перевищують табличне $F^T \geq F^P$, що підтверджує адекватність статистичних математичних моделей.

Провівши аналіз Парето-карти (додаток Е) можна зробити висновок, що швидкість повітряного потоку (параметр x_3) має найбільш значний вплив на показник ефекту очистки $Y_1(\varepsilon)$. Графіки відгуку поверхонь та ліній рівного виходу для очищення ефекту ε наведені на рис. 3.3.

Найвище значення ефекту очищення ε (рис. 3.3) досягається при наступних значеннях чинників:

$$x_1 \rightarrow q_B = 1800 \dots 3000 \text{ кг/дм}\cdot\text{год};$$

$$x_2 \rightarrow \kappa = 3 \dots 18;$$

$$x_3 \rightarrow U = 15 \dots 17 \text{ м/с}.$$

Проаналізувавши Парето-карту для чіткості сепарації z (додаток Е), відмічаємо максимальний вплив на критерій оптимізації Y_2 параметру x_3 , який напряму пов'язаний зі швидкістю повітряного потоку [19].

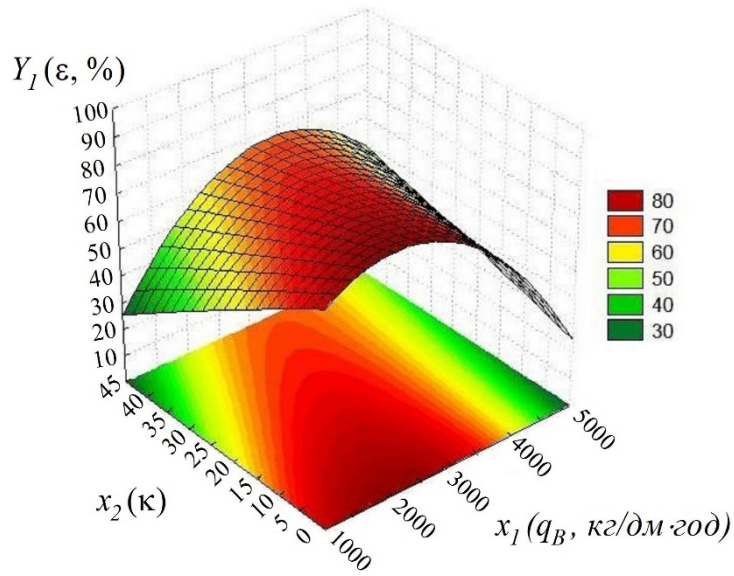
Графіки поверхонь відгуку та ліній рівного виходу для чіткості сепарації z , наведені на рис. 3.4, дозволяють відмітити, що найменшого виносу повноцінного зерна у домішки можна досягти при наступних значеннях чинників:

$$x_1 \rightarrow q_B = 1200 \dots 2000 \text{ кг/дм}\cdot\text{год};$$

$$x_2 \rightarrow \kappa = 30 \dots 45;$$

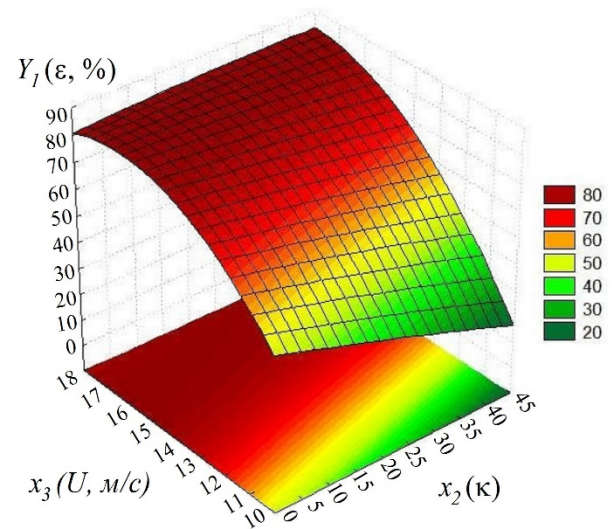
$$x_3 \rightarrow U = 10 \dots 12 \text{ м/с}.$$

Досягнення максимальних показників значень ефективності пневмосепарації процесу $Y_1(\varepsilon)$ та $Y_2(z)$ одночасно неможливе, оскільки вони обернено-пропорційний мають зв'язок, про що свідчить різниця в раціональних значеннях насамперед параметру $x_3(U)$. Тому при виборі раціональних параметрів відцентрово-пневматичного сепаратора керуються необхідним кінцевим результатом процесу пневмосепарації, а саме яку якість очищення необхідно досягти і скільки повноцінного зерна може бути втрачено згідно агровиимог до попереднього, первинного чи вторинного очищення.

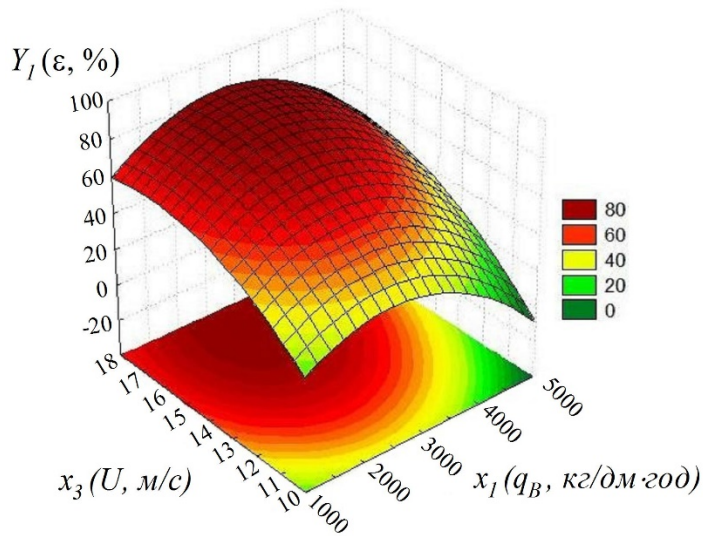


а)

б)

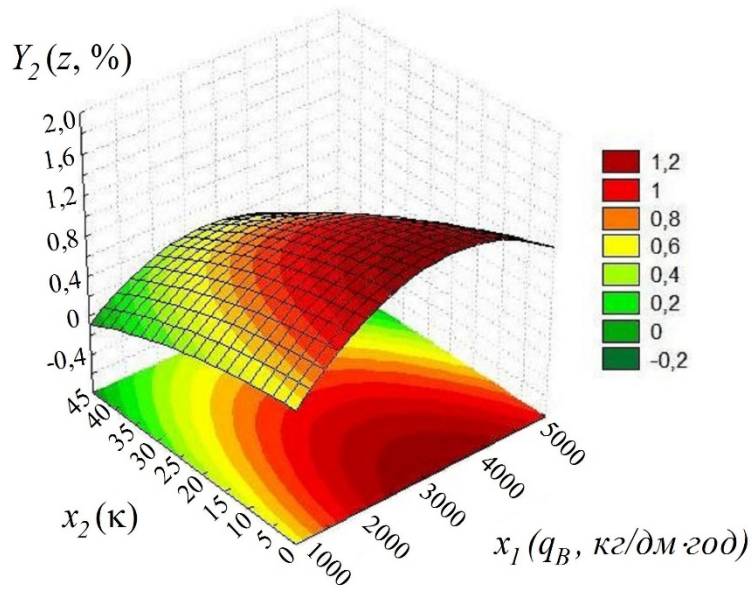


б)

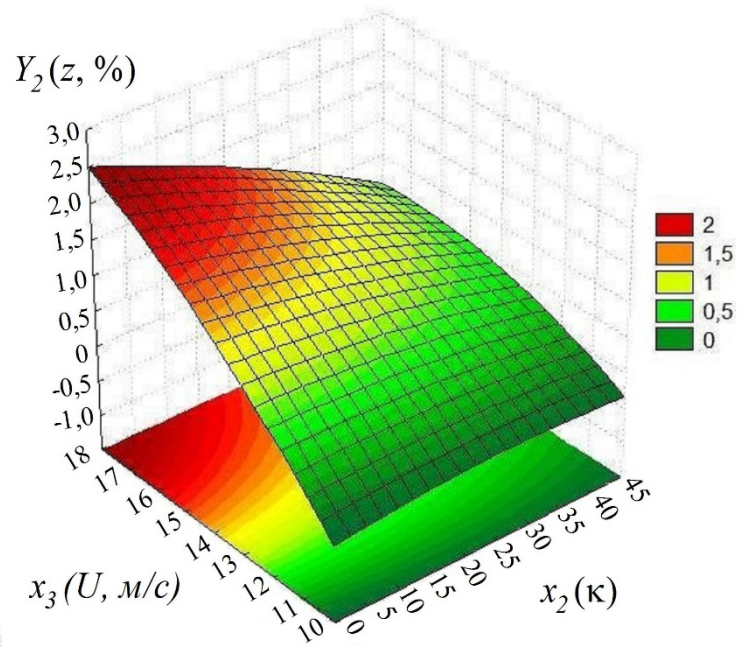


в)

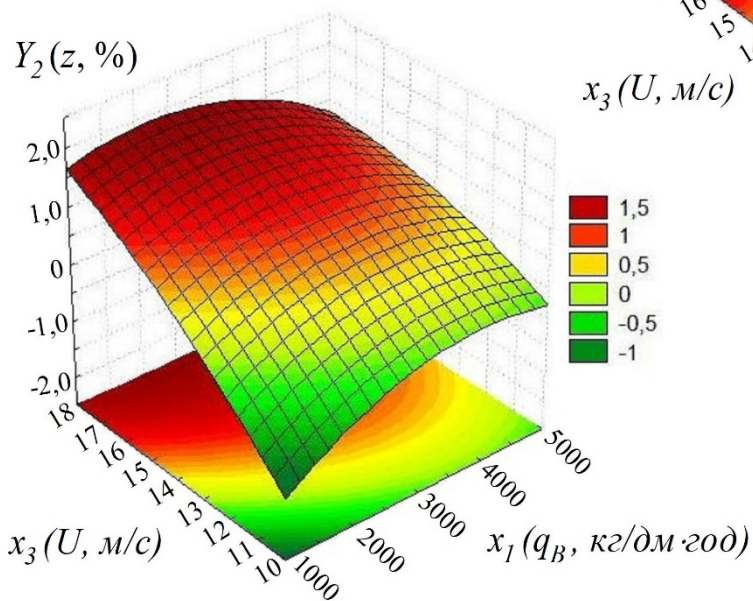
Рис. 3.3 Графіки відгуку поверхонь та ліній рівного виходу для ефекту очищення $Y_1(\varepsilon)$: а) - $Y_1 = f(x_1, x_2)$; б) - $Y_1 = f(x_2, x_3)$; в) - $Y_1 = f(x_1, x_3)$



а)



б)



в)

Рис. 3.4 Графіки поверхонь відгуку та ліній рівного виходу для чіткості сепарації $Y_2(z)$: а) - $Y_2 = f(x_2x_1)$; б) - $Y_2 = f(x_3x_1)$; в) - $Y_2 = f(x_3x_2)$

Наведені графіки (рис. 3.3, 3.4), отримані експериментальним шляхом, характеризують взаємний вплив чинників на критерії оптимізації. Для більш детального аналізу експериментальних даних по кожному фактору ми побудуємо графік індивідуального впливу на ефект очищення $Y_1(\varepsilon)$ та чіткість сепарації $Y_2(z)$ при фіксованих значеннях двох інших параметрів (рис. 3.5 – 3.7).

Розглянувши сумісно Парето-карти, графіки поверхонь відгуку, ліній рівного виходу та двомірні графіки впливу кожного з чинників можна зазначити, що:

– зі зменшенням значення параметру $x_1(q_B)$ спостерігається підвищення значення показників ефективності процесу, раціональні значення питомого навантаження в цьому випадку становлять $q_B = 1800 - 3000$ кг/дм·год;

– параметр $x_2(\kappa)$ теж має прямий зв'язок з продуктивністю машини і виходячи з сумісного аналізу критеріїв оптимізації $Y_1(\varepsilon)$ та $Y_2(z)$ лежить в межах $\kappa = 3...18$;

– на якість очищення та чіткість сепарації найбільший вплив має параметр $x_3(U)$, раціональні значення якого лежать в межах $U = 15...17$ м/с.

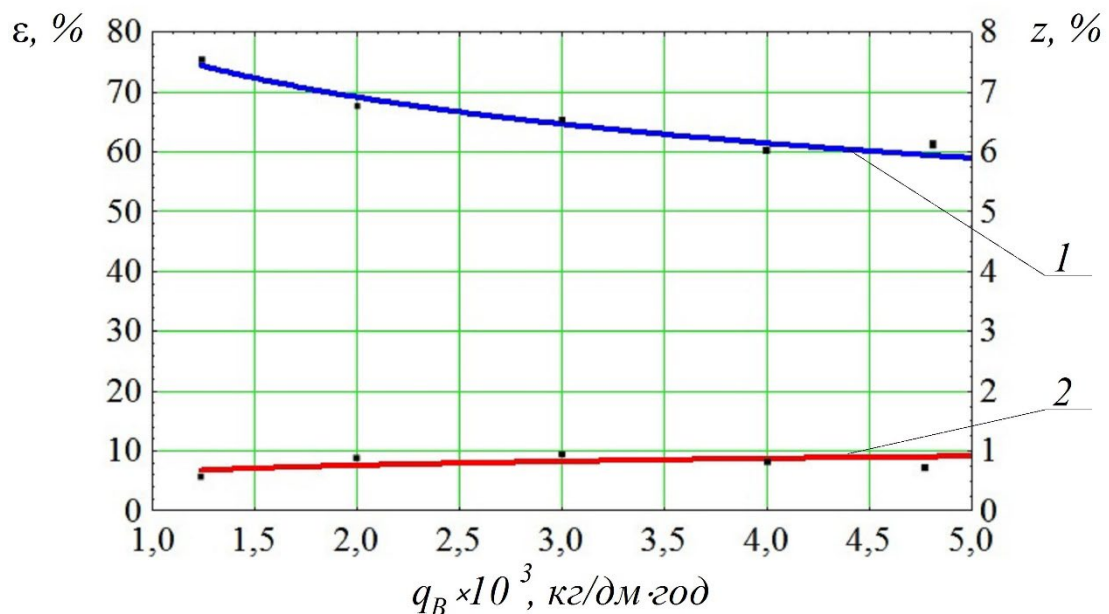


Рис. 3.5. Вплив питомого зернового навантаження q_B , кг/дм·год на:

1 – ефект очищення; 2 – чіткість сепарації

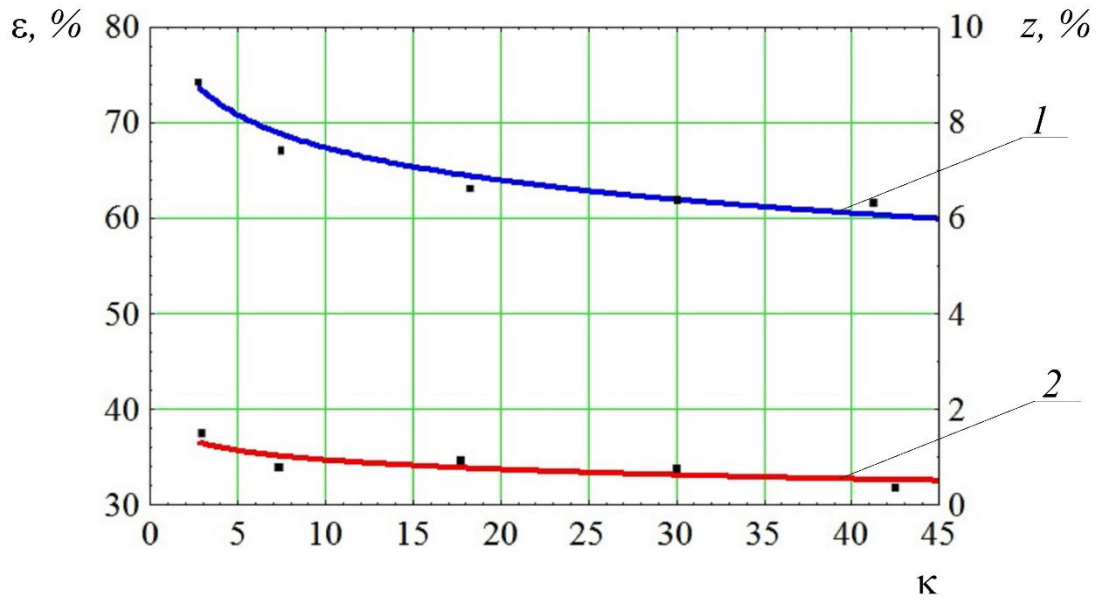


Рис. 3.6. Вплив показника кінематичного режиму барабана k з прутковою поверхнею на: 1 – ефект очищення; 2 – чіткість сепарації

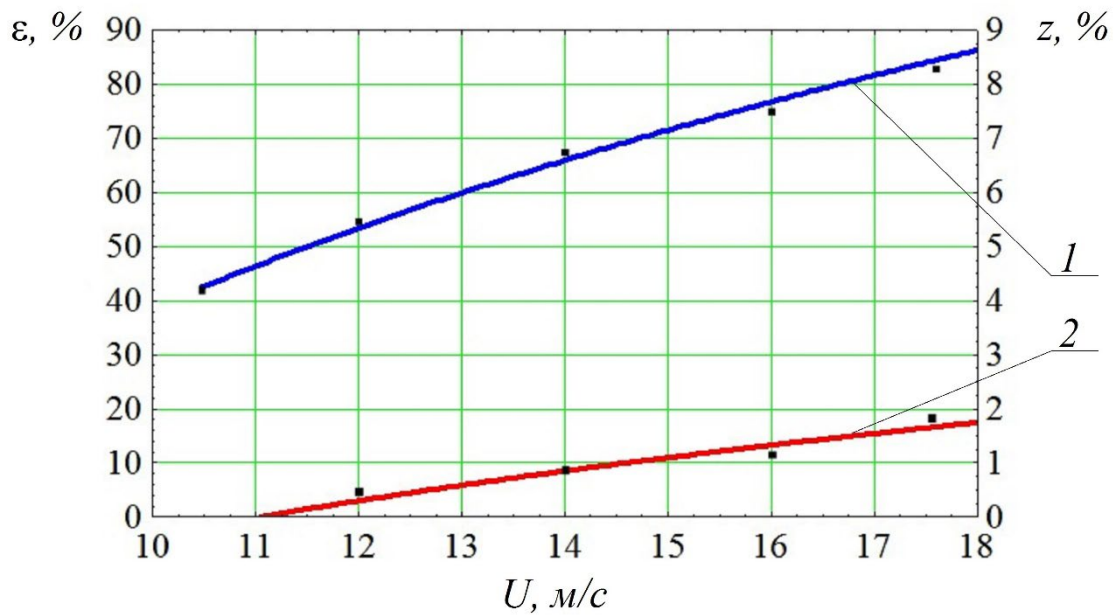


Рис. 3.7. Вплив швидкості повітряного потоку U , м/с на:
1 – ефект очищення; 2 – чіткість сепарації

Таким чином проведені експериментальні дослідження дозволяють встановити раціональні значення основних параметрів відцентрово-пневматичного сепаратора, та доводять доцільність заміни сітчастого барабана на

барабан з прутковою поверхнею, особливо при підвищених питомих навантаженнях.

Висновки по розділу

1. Було встановлено, що зі збільшенням показника кінематичного режиму барабана ефект очищення погіршувався і, навпаки, показник чіткості поділу поліпшувався. Зміни показників кінематичного режиму в зазначених межах знижують ефект очищення на 8% -12%, але зменшують кількість повноцінного зерна у відходах z на 0,6% -0,8%. Так збільшення швидкості повітряного потоку U від 12 м/с до 16 м/с покращує ефект очистки ε на 18% – 20 %, але при цьому чіткість сепарації z погіршується на 0,8% – 1,0%.

2. Наведено показники кінематичного режиму роботи стрижневого барабана u : відносна продуктивність, кг/год, швидкість потоку повітряного, м/с, при роботі сепаратора в режимі, відповідному розумному числовому діапазону параметрів: проведені експериментальні дослідження дозволили встановити розумний діапазон про зміни параметрів поділу зернової суміші пропонованим відцентровим пневмосепаратором ефект очищення $\varepsilon \approx 70\%$, при цьому чіткість сепарації не перевищує $z \approx 1,8\%$, що відповідає агровимогам. Це доводить ефективність застосування нового робочого органу у конструкції відцентрово-пневматичного сепаратора особливо при підвищених зернових навантаженнях.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації сепаратора-очисника зерна

Сепаратори-очисники зерна — це машини, що використовуються для очищення зерна від домішок та покращення його якості. Під час їх експлуатації можуть виникати різні небезпечні та шкідливі фактори, що можуть вплинути на безпеку працівників і ефективність роботи обладнання.

Небезпечні фактори при використанні сепараторів-очисників.

Механічні травми:

- обертальні частини: Велика кількість сепараторів-очисників оснащена обертальними елементами, такими як барабани, вали, транспортери. Контакт з ними може призвести до травм — від пошкодження кінцівок до серйозних тілесних ушкоджень.

-пориви елементів обладнання: Вибухи або відмови частин сепаратора можуть спричинити летальні наслідки, особливо при високих швидкостях обертання або підвищених навантаженнях.

Електричний струм:

Під час роботи сепаратора-очисника зерна можуть виникати несправності в електричних ланцюгах, що може призвести до коротких замикань або уражень електричним струмом. Особливо високий ризик в умовах підвищеної вологості або через недотримання правил експлуатації електричних систем.

Пожежна безпека:

Запалювання пилу: Зерно — це горючий матеріал, а пил від нього може бути дуже вибухонебезпечним. Під час роботи сепаратора може виникати пил, що, при певних умовах (наприклад, електричні іскри, перегрівання обладнання), може призвести до вибуху або пожежі.

Шум. Високий рівень шуму під час роботи сепаратора може викликати порушення слуху у працівників, якщо не використовуються засоби індивідуального захисту (вушні пробки або навушники). Шум також може бути шкідливим для здоров'я в довгостроковій перспективі, спричиняючи стрес і втоми.

Техногенні небезпеки:

Перегрівання: Неправильне налаштування чи відсутність охолодження можуть призвести до перегріву окремих частин обладнання, що загрожує виведенням його з ладу або виникненням пожежі.

Запилення повітря. Під час роботи сепаратора утворюється пил, який може потрапляти в органи дихання. Це може спричинити респіраторні захворювання, такі як астма, бронхіт або інші захворювання органів дихання, особливо при тривалому контакті з пилом. Очищення повітря та вентиляція повинні бути належно організовані для зменшення цих ризиків.

Вібрація. Довготривала вібрація обладнання може спричинити хвороби опорно-рухового апарату (наприклад, синдром вібраційної хвороби). Вібрація також може негативно впливати на продуктивність працівників, викликаючи втомлюваність та зниження ефективності роботи.

Небезпечні хімічні речовини:

Якщо зерно обробляється або зберігається з використанням хімічних засобів (наприклад, пестицидів), то існує ймовірність, що ці речовини потраплять у повітря під час роботи сепаратора. Це може бути небезпечним для здоров'я працівників, викликаючи отруєння або хімічні опіки.

Втома та стрес. Підвищена фізична і психоемоційна напруга, яка може виникати через постійну увагу до роботи, швидкість процесів, а також несприятливі умови праці (шум, пил, вібрація), може призвести до втоми або стресу, що, в свою чергу, підвищує ймовірність виробничих травм.

4.2. Заходи безпеки

Важливо забезпечити наявність засобів індивідуального захисту (захисні окуляри, рукавички, спецодяг, навушники від шуму, респіратори для захисту від пилу). Регулярне навчання працівників з охорони праці та безпечного користування технікою.

Технічне обслуговування машини.

Періодичні перевірки та технічне обслуговування сепаратора для виявлення можливих несправностей, зокрема в електричній частині і механізмах, а також для підтримання належної вентиляції і очищення від пилу.

Установка автоматичних систем захисту від перегріву та автоматичне відключення при надмірних навантаженнях або в разі аварійних ситуацій.

Моніторинг і контроль за рівнем пилу та шуму:

- використання пиловловлювальних систем і систем для зменшення шуму на робочих місцях.

- регулярний моніторинг рівня шуму та пилу в приміщенні, щоб не перевищувати допустимі норми.

Виключення механічних ризиків під час обслуговування: Під час планового технічного обслуговування необхідно обов'язково вимикати живлення обладнання, блокувати рухомі частини, а також використовувати інструменти та обладнання для безпечної роботи з механізмами, щоб уникнути механічних травм.

Інструктаж і навчання працівників: Всі працівники, які працюють з сепараторами-очисниками зерна, повинні пройти спеціалізоване навчання з техніки безпеки, знати основи роботи з обладнанням, правила аварійних ситуацій і вміти користуватися засобами індивідуального захисту. Це дозволить мінімізувати людський фактор і знизити кількість нещасних випадків.

Моніторинг стану навколишнього середовища:

Контроль за вмістом пилу: Використання спеціальних систем для збору та фільтрації пилу дозволяє знижувати концентрацію пилу в повітрі і уникати

забруднення робочих приміщень. Регулярна перевірка рівня пилу допомагає зменшити ризики для здоров'я працівників.

Контроль за рівнем освітленості: Погане освітлення може призвести до помилок при обслуговуванні машини або навіть травм. Тому важливо підтримувати достатній рівень освітленості в робочих зонах, особливо в нічний час.

Оцінка ризиків і планування заходів. Для забезпечення високої безпеки експлуатації сепаратора-очисника зерна необхідно проводити регулярну оцінку ризиків, що включає:

Аналіз технічного стану обладнання. Проведення планових технічних перевірок і ревізій механізмів допомагає виявити потенційні несправності на ранніх етапах і попередити аварії.

Розробка плану реагування на надзвичайні ситуації. Наявність чітких інструкцій для працівників на випадок аварії, вибуху або пожежі, а також відпрацьовані заходи евакуації, можуть зменшити негативні наслідки таких подій.

Системи автоматичного контролю. Використання автоматизованих систем для моніторингу та управління роботою сепаратора дозволяє в реальному часі стежити за станом обладнання, його температуру, вологість, рівень пилу та інші параметри. Це дозволяє швидко реагувати на будь-які відхилення і забезпечує безпеку на робочому місці.

Висновок по розділу

Експлуатація сепараторів-очисників зерна потребує уваги до багатьох аспектів безпеки, включаючи механічні, електричні, хімічні та фізичні фактори ризику. Запровадження комплексної системи охорони праці, належного технічного обслуговування, використання засобів індивідуального захисту, а також регулярне навчання працівників з безпеки допоможуть мінімізувати ризики і забезпечити безпеку та ефективність роботи цього обладнання.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Розрахунки техніко-економічних показників робимо у порівнянні з серійною зерноочисною машиною ЗАВ-40-02000. Дані вихідні для розрахунків представлені в табл.5.1.

Таблиця 5.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна ЗАВ-40-02000	Дослідна Машина
1	Річний обсяг гоботи	тон	380,5	380,5
2	Продуктивність	т/год	20	27
3	Витрати (Потужності електродвигуна)	кВт	6,6	6,2
4	Ціна машини: - Машини	грн	94300	95200
5	Обслуговуючий персонал		1	1

Результати розрахунків наведені в таблиці 5.2., а самі розрахунки приводяться в Додатку А. дипломної роботи.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Очистка зерна	
2	Об'єм роботи, тон	380,5	380,5
3	Склад агрегата: Машина	ЗАВ -40-02000	Дослідний зразок
4	Продуктивність, т/год	20	27
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	19,03	14,09
6	Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
	- машиністів	-	-
	-допоміжних працівників		
7	Тарифна ставка, грн/год	106,98	106,98
8	Норма витрати потужності електродвигуна кВт	6,6	6,2
9	Балансова вартість, грн: - машини	94300	95200
10	Комплексна ціна ПММ, грн/т	9,51	9,51
11	Експлуатаційні витрати, грн/т у тому числі: Амортизаційні відрахування: -машини	877,87	779,28
	Витрати на Електро енергію	1,21	0,91
	.Витрати на ТО, ТР, зберігання, -машина	62,76	58,96
		47,57	48,04
12	Капітальні вкладення, грн/т	247,83	250,19
13	Затрати приведені, грн/т	157,53	151,97
14	Річний економічний ефект, грн		2115,58
14	Термін окупності, років		0,4

Висновок по розділу

Згідно з результатами розрахунків, річний прогнозований економічний ефект становить 380,5 грн при завантаженні 2115,58 тонн, а термін окупності-0,4 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз отриманих закономірностей руху часток зерноsumіші по поверхні пруткового барабана в повітряному каналі дозволив визначити значення кутів відриву:

- $\varphi_{\text{відр.}}^{(н.зерн.)} = 75^\circ \dots 111^\circ$ для повноцінного зерна при значеннях коефіцієнту парусності $k_{\Pi} = 0,07 \dots 0,18$;

- $\varphi_{\text{відр.}}^{(щ.зерн.)} = 99^\circ \dots 145^\circ$ для некондиційного насіння при $k_{\Pi} = 0,14 \dots 0,32$;

- $\varphi_{\text{відр.}}^{(дом.)} = 129^\circ \dots 162^\circ$ для смітних домішок при $k_{\Pi} = 0,23 \dots 0,55$, що дає змогу чітко розмежовувати фракції, встановивши подільники у відповідних положеннях.

2. Встановлено, що зменшення діаметру прутків циліндричного барабана в межах $d_{np} = 4 \dots 1$ мм має значний вплив на живий переріз повітряного каналу і забезпечує збільшення продуктивності сепаратора q_B від 700 до 1800 кг/дм·год. Однак при виборі раціонального значення діаметра прутка потрібно враховувати технологічні особливості виготовлення циліндричного барабана, оскільки при значеннях $d_{np} < 3$ мм і діаметрі навивки $D > 150$ мм погіршується якість роботи сепаратора в результаті втрати жорсткості конструкції.

3. Наведено показники кінематичного режиму роботи стрижневого барабана у: відносна продуктивність, кг/год, швидкість потоку повітряного, м/с, при роботі сепаратора в режимі, відповідному розумному числовому діапазону параметрів: проведені експериментальні дослідження дозволили встановити розумний діапазон про зміни параметрів поділу зерноsumіші пропонованим відцентровим пневмосепаратором ефект очищення $\varepsilon \approx 70\%$, при цьому чіткість сепарації не перевищує $z \approx 1,8\%$, що відповідає агроvимогам. Це доводить ефективність застосування нового робочого органу у конструкції відцентрово-пневматичного сепаратора особливо при підвищених зернових навантаженнях.

4. Впровадження інтегрованої системи охорони праці, належне технічне обслуговування, використання засобів індивідуального захисту і регулярне навчання співробітників техніці безпеки допоможуть звести до мінімуму ризику і забезпечити збереження і ефективність даного обладнання.

5. В результаті розрахунків річний прогнозований економічний ефект складає 2115,58 грн при навантаженні 380,5 тон, а термін становить окупності 0,4 роки.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Рудь, А. В., Бендера, І. М., Войтюк, Д. Г., та ін. (2012). Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підручник у 2 т. (Т. 1) (Ред. А. В. Рудь). Київ: Агроосвіта.
2. Фортуна, В. Й., & Миронюк, С. К. (1991). Технологія механізованих сільськогосподарських робіт. Київ: Вища школа.
3. Кобець, А. С., Іщенко, Т. Д., Волик, Б. А., & Демидов, О. А. (2009). Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ.
4. Головчук, А. Ф., Марченко, В., & Орлов, В. Ф. (2005). Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Кн. 3: Машини сільськогосподарські (Ред. А. Ф. Головчук). Київ: Грамота.
5. Петренко, Д. І., Лісовий, В. В., & Ковальчук, Ю. О. (2023). Вдосконалення та обґрунтування параметрів пруткового барабана сепаратора зерна. У Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (С. 15–16).
6. Савченко, С. В., & Хоменко, С. В. (2023). Сучасні технології та технічні засоби для післязбирального очищення насіння зернових культур. У Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики (Т. 3, С. 135–140). Житомир: Поліський національний університет.
7. Хоменко, С. В. (2023). Удосконалення технології та технічних засобів для післязбиральної очистки насіння зернових культур: кваліфікаційна робота. Житомир: Поліський національний університет.
8. Kharchenko, S., Samborski, S., Kharchenko, F., Mitura, A., Paśnik, J., & Korzec, I. (2023). Identification of the natural frequencies of oscillations of perforated

- vibrosurfaces with holes of complex geometry. *Materials*, 16(5735).
<https://doi.org/10.3390/ma16175735>
9. ДСТУ 2293-99. (1999). Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України.
 10. Заїка, П. М. (2004). Теорія сільськогосподарських машин (Т. 2, ч. 2, кн. 2.): Зернозбиральні машини. Харків: ОКО.
 11. Vasylenko, M., Buslaiev, D., & Kalinin, O. (2017). Ensuring the effect of self-sharpening of parts of tillage machines in operation in soils of various types. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 19(1), 11–14.
 12. Гаєк, Є. А. (2020). Підвищення ефективності роботи зерноочисної техніки від шкідливого впливу дисперсного пилу. *Інженерія природокористування*, 3(17), 53–57. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/137>
 13. Заявка № u202300541. Відцентрово-пневматичний сепаратор із конічним барабаном та відбивним екраном. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1723564/>
 14. Василенко, М. О., & Буслаєв, Д. О. (2020). Тяговий опір культиваторних лап з поверхневим зміцненням при експлуатації ґрунтообробних машин. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*, 11(1), 177–182. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.177-182>
 15. Derevjnko, D., Sukmaniuk, E., & Derevjnko, O. (2017). Grain crops injuries and drying modes while seeds preparation. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 53(3), 89–94.
 16. Василенко, М. О., & Буслаєв, Д. О. (2020). Математичні моделі прогнозування вагового і лінійного зношень від ресурсних показників серійних і зміцнених комбінованим методом культиваторних лап. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*, 11(2), 29–33. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.02.029-033>

17. Янович, В. П. (2017). Техніко-економічна оцінка вібраційних машин для механічної обробки сипкої сировини. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 4(99), 70–77.
18. Лебідь, С. В. (2022). Основні чинники поліпшення стану охорони праці на сучасних підприємствах. У *Актуальні проблеми трудових відносин під час воєнного стану: тези доповідей* (С. 15–17). Миколаїв: МНАУ. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11727>
19. Буслаєв, Д. О. (2013). Дослідження зносостійкості зміцнюючих нанопокриттів методом прискорених випробувань. *Механізація та електрифікація сільського господарства*, 98(2), 340–347.
20. Про затвердження Правил охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1288-17#Text>
21. Булгаков, В. М., & Шелудченко, Б. А. (1998). Самоорганізація ґрунтових структур. Київ: Видавництво НАУ.
22. Чабанний, В. Я. (2008). Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво.
23. Грабар В. І., Ткаченко В. П. "Зерноочисні машини та обладнання". — Київ: Вища школа, 2003.

ДОДАТКИ

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий	Проект
$K_{нг} = \frac{W_{сез}}{W_{год}} = \frac{380,5}{20} = 19,03 \text{ год}$	$K_{нг} = \frac{W_{сез}}{W_{год}} = \frac{380,5}{27} = 14,09 \text{ год}$ (5.1)

Витрати праці:

Базовий	Проект
$V_{п} = K_{нг} \cdot n = 19,03 \cdot 1 = 19,03 \text{ год}$	$V_{п} = K_{нг} \cdot n = 14,09 \cdot 1 = 14,09 \text{ год},$ (5.2)

де $n = 1$ - кількість обслуговуючого персонала.

Експлуатаційні витрати.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_{г}}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (5.3)$$

де $C_{г}$ - тарифна ставка, 106,98 грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні ~~міроприємства~~

Базовий	Проект
$\Pi = \frac{106,98}{20} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 8,82 \text{ грн/т}$	$\Pi = \frac{106,98}{27} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 6,54 \text{ грн/т}$

Амортизаційні ~~відрахування~~

Норма амортизації зерноочисної машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- машини - 580год

Базовий	Проект
машина: $A_{м} = \frac{94300 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 20} = 1,21 \text{ грн/т}$	$A_{м} = \frac{95200 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 27} = 0,91 \text{ грн/т}$

Витрати на електро енергію.

Базовий

$$Ц_{Е,Е} = 9,51 \text{ грн/кг}$$

$$В_{Е,Е} = Ц_{Е,Е} \cdot В_{ПММ} = 9,51 \cdot 6,6 = 62,76 \text{ грн/т}$$

Проект

$$В_{ПММ} = 9,51 \cdot 6,2 = 58,96 \text{ грн/га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{ТО} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_{З} = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{ТР} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$В = \frac{В_{Б} \cdot (\alpha_{ТО} + \alpha_{З} + \alpha_{ТР})}{100 \cdot K_{НР} \cdot W_{ГОД}} \cdot K, \quad (5.4)$$

де $В_{Б}$ – балансова вартість, грн;

K – коефіцієнт переводу

Базовий

$$\text{Машина: } В_{М} = \frac{94300 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 19,03 \cdot 20} = 47,57 \text{ грн/т}$$

Проект

$$В_{М} = \frac{95200 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 14,09 \cdot 27} = 48,04 \text{ грн/т}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 тону:

Базовий

$$Е_{В} = 8,82 + 1,21 + 62,76 + 47,57 = 120,36 \text{ грн/т}$$

Проект

$$Е_{В} = 6,54 + 0,91 + 58,96 + 48,04 = 114,45 \text{ грн/т}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 120,36 \cdot 380,5 = 45796,98 \text{ грн}$$

Проект

$$E_{\Sigma} = 114,45 \cdot 380,5 = 43548,22 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 тону:

$$\text{Машина: } K_B = \frac{94300}{380,5} = 247,83 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{95200}{380,5} = 250,19 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 тону:

$$P_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$P_B = 120,36 + 0,15 \cdot 247,83 = 157,53 \text{ грн/т}$$

Проект

$$P_B = 114,45 + 0,15 \cdot 250,19 = 151,97 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 157,53 \cdot 380,5 = 59940,16 \text{ грн}$$

Проект

$$P_{B\Sigma} = 151,97 \cdot 380,5 = 57824,58 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 59940,16 - 57824,58 = 2115,58 \text{ грн}$$

Термін окупності:

$$T_o = \frac{95200 - 94300}{2115,58} = 0,4 \text{ роки}$$

Результати заносимо до таблиці 5.2.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА КОНСТРУКЦІЇ ПРУТКОВОГО БАРАБАНА СЕПАРАТОРА ЗЕРНА

Виконав: магістрант групи МгАІз-1-23
Терніков Артур Володимирович

Керівник: канд. техн. наук, доц.
Теслюк Геннадій Володимирович

Дніпро, 2024

2

МЕТА РОБОТИ

Метою досліджень є підвищення продуктивності розділення сипких матеріалів шляхом обґрунтування параметрів конічного барабана з прутковою поверхнею сепаратора.

Предмет досліджень – параметри сепаратора відцентрово-пневматичного.

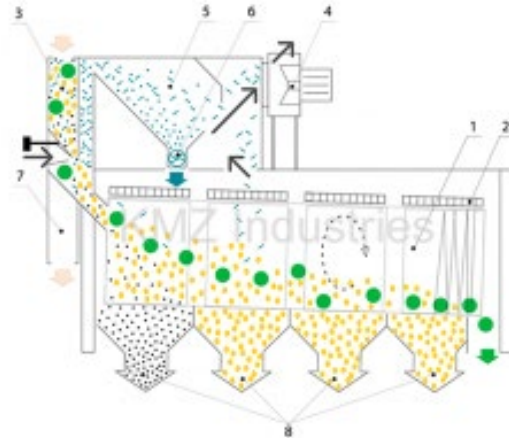
Об'єкт дослідження – є процес розділення сепаратором сумішей під дією інерційних сил конічного барабана з прутковою поверхнею.

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МАШИН СЕПАРАТОРІВ ЗЕРНА

4

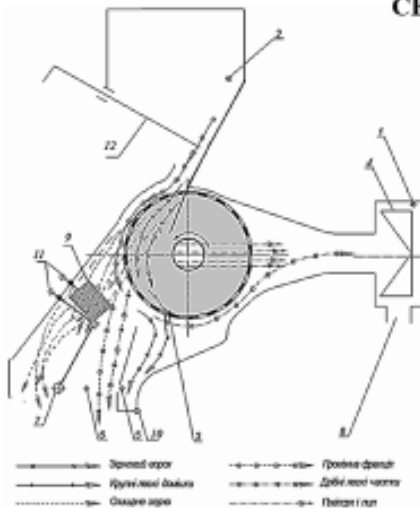


Самохідний сепаратор зерновий SVC-20,
самопересувний зерноочисний сепаратор
SVC-15

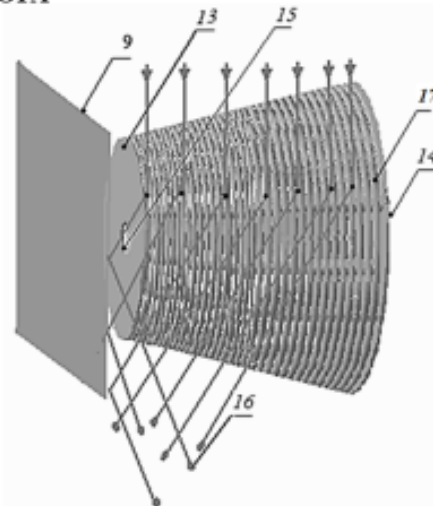


Загальний вид та схема
технологічного процесу сепаратора
КБС: 1 - барабан, 2 - очищувач решіт,
3 — пневмосепаруючий канал, 4 — вентилятор,
5-пшлосадова камера
6 — розвантажувальний пристрій легких
домішок, 7 — відвідний патрубок
8 — приймач продуктового розподілу

ЗАПРОПОНОВАНА КОНСТРУКЦІЯ ВІДЦЕНТРОВО-ПНЕМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА

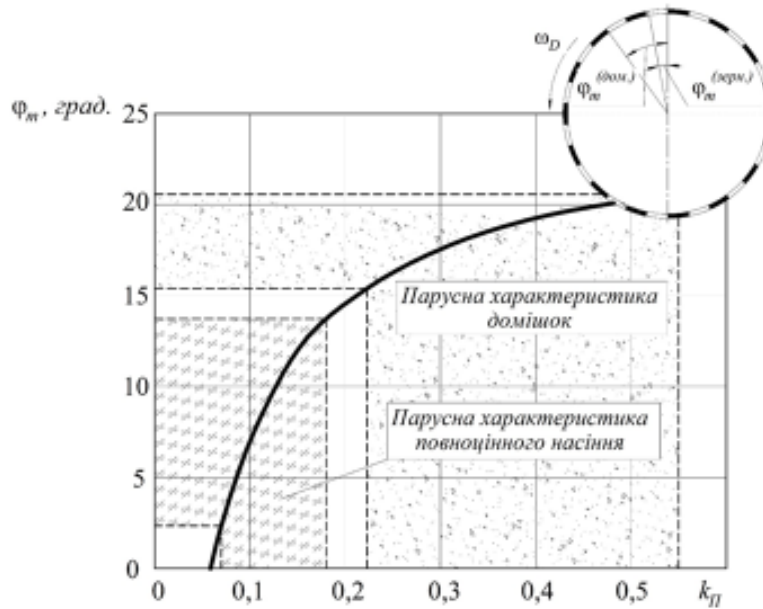


Відцентрово-пневматичний сепаратор із кінцевим барабаном та відбивним екраном складається із корпусу 1, буфера 2, кінцевого барабану 3, вентилятора 4, вивантажувального каналу: вивантажувальний зерновий приймальний канал 7, канал крупних легких домішок 5, приймальний канал проміжної фракції 6, висхідного колектора 8, відбивного екрану 9, сміття для вивантаження крупних легких домішок 10, важелів регулювання відбивного екрану та вивантажувального каналу 11, засувки живильної ціпниці 12.



Відцентрово-пневматичний сепаратор із кінцевим барабаном та відбивним екраном (рис. 6) складається із спіралі 17, бочвини 13, 14, повітряного отвору 15.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗАПРОПОНОВАНОГО СЕПАРАТОРА ⁵



Залежність кута введення матеріалу в повітряний канал від коефіцієнтів парусності елементів (на прикладі зерноsumіші соняшника)

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕПАРАТОРА ЗЕРНА ⁶

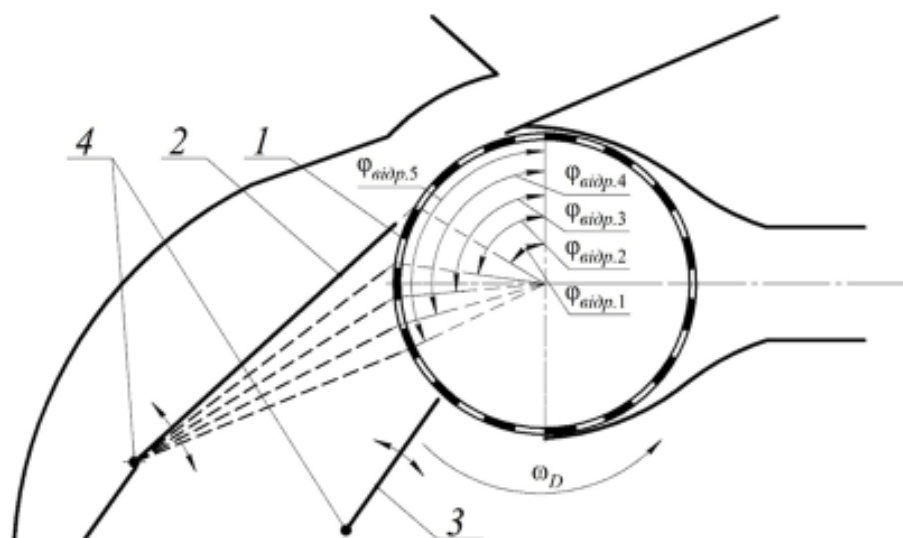
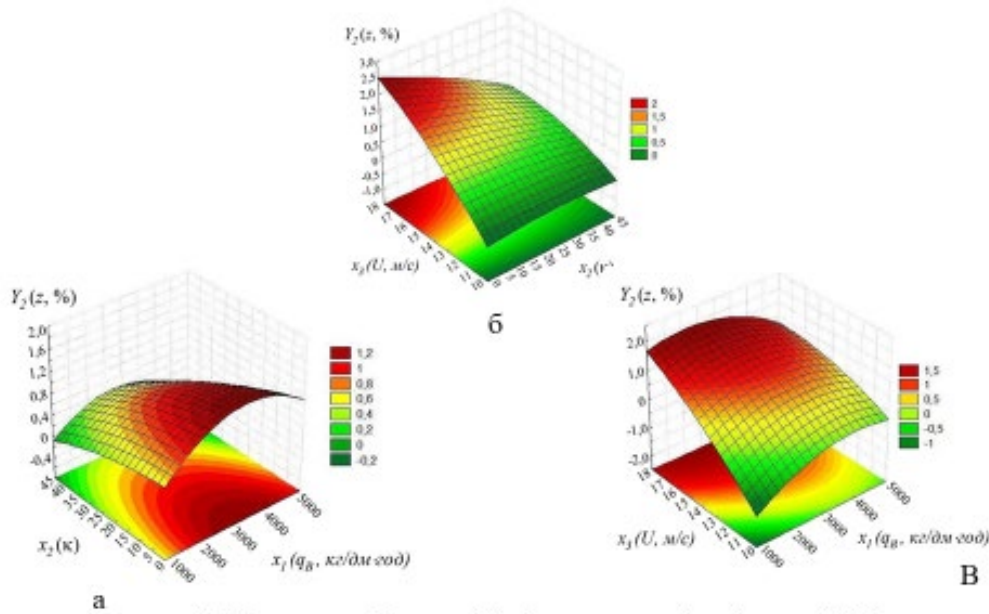


Схема встановлення подільника зерна:

1 – барабан прутковий; 2 – подільник зерна верхній;
3 – подільник нижній зерна; 4 – шарнір

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯ

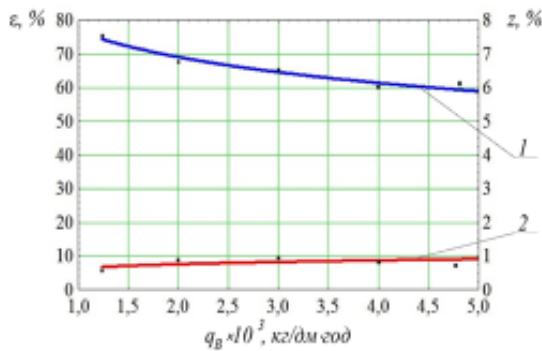
7



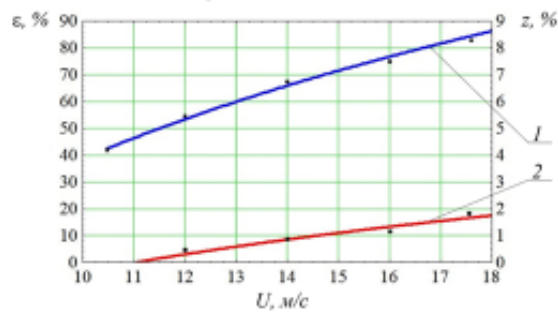
Графіки поверхонь відгуку та ліній рівного виходу для чіткості сепарації $Y_2(z)$:
 а) - $Y_2 = f(x_2, x_1)$; б) - $Y_2 = f(x_2, x_3)$; в) - $Y_2 = f(x_3, x_1)$

РЕЗУЛЬТАТИ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

8



Вплив питомого зернового навантаження, $\text{кг/дм}^3 \cdot \text{год}$ на:
 1 – ефект очищення;
 2 – чіткість сепарації



Вплив швидкості повітряного потоку $U, \text{ м/с}$ на:
 1 – ефект очищення;
 2 – чіткість сепарації

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ

9

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Очистка зерна	
2	Об'єм роботи, тон	380,5	380,5
3	Склад агрегата: Машина	ЗАВ -40-02000	Дослідний зразок
4	Продуктивність, т/год	20	27
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	19,03	14,09
6	Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
	- машиністів	-	-
	- допоміжних працівників		
7	Тарифна ставка, грн/год	106,98	106,98
8	Норма витрати потужності електродвигуна кВт	6,6	6,2
9	Балансова вартість, грн: - машини	94300	95200
10	Комплексна ціна ПММ, грн/т	9,51	9,51
11	Експлуатаційні витрати, грн/т у тому числі: Амортизаційні відрахування: - машини	877,87	779,28
	Витрати на Електро енергію	1,21	0,91
	Витрати на ТО, ТР, зберігання, - машина	62,76	58,96
		47,57	48,04
12	Капітальні вкладення, грн/т	247,83	250,19
13	Приведені затрати, грн/т	157,53	151,97
14	Річний економічний ефект, грн		2115,58
14	Термін окупності, років		0,4

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

10

1. Аналіз отриманих закономірностей руху часток зерноsumіші по поверхні пруткового барабана в повітряному каналі дозволив визначити значення кутів відриву:

- $\varphi_{відр}^{(норм)} = 75^\circ \dots 111^\circ$ для повноцінного зерна при значеннях коефіцієнту парусності $k_p = 0,07 \dots 0,18$;

- $\varphi_{відр}^{(норм)} = 99^\circ \dots 145^\circ$ для некондиційного насіння при $k_p = 0,14 \dots 0,32$;

- $\varphi_{відр}^{(норм)} = 129^\circ \dots 162^\circ$ для смітних домішок при $k_p = 0,23 \dots 0,55$, що дає змогу чітко розмежувати фракції,

встановивши подільники у відповідних положеннях.

2. Встановлено, що зменшення діаметру прутків циліндричного барабана в межах $d_p = 4 \dots 1$ мм має значний вплив на живий переріз повітряного каналу і забезпечує збільшення продуктивності сепаратора σ , від 700 до 1800 кг/дм.год. Однак при виборі раціонального значення діаметра прутка потрібно враховувати технологічні особливості виготовлення циліндричного барабана, оскільки при значеннях $d_p < 3$ мм і діаметрі навівки $D > 150$ мм погіршується якість роботи сепаратора в результаті втрати жорсткості конструкції.

3. Наведено показники кінематичного режиму роботи стрижневого барабана уд: відносна продуктивність, кг/год, швидкість потоку повітряного, м/с, при роботі сепаратора в режимі, відповідному розумному числовому діапазону параметрів: проведені експериментальні дослідження дозволили встановити розумний діапазон про зміни параметрів поділу зернової суміші пропонованим відцентровим пневмосепаратором: ефект очищення $\epsilon \approx 70\%$, при цьому чіткість сепарації не перевищує $\tau \approx 1,8\%$, що відповідає агрономістам. Це доводить ефективність застосування нового робочого органу у конструкції відцентрово-пневматичного сепаратора особливо при підвищених зернових навантаженнях.

4. Впровадження інтегрованої системи охорони праці, належне технічне обслуговування, використання засобів індивідуального захисту і регулярне навчання співробітників техніці безпеки допоможуть звести до мінімуму ризики і забезпечити збереження і ефективність даного обладнання.

5. В результаті розрахунків річний прогнозований економічний ефект складає 2115,58 грн при навантаженні 380,5 тон, а термін становить окупності 0,4роки.