

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“_____” _____2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація переробки насіння соняшнику з удосконаленням
очисної машини»

Виконав здобувач вищої освіти ІІ курсу,
групи АІ-23МЗ

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Легостаєв Віктор Михайлович

«_____» _____2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____Дмитро БОГАТИРЬОВ

«_____» _____2024 р.

Рецензент

доцент, докт. техн. наук

_____Вадим БРЕДИХІН

«_____» _____2024 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма ОПП «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Легостаєв Віктор Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Механізація переробки насіння соняшнику з удосконаленням очисної машини

2. Керівник роботи

Богатирьов Дмитро Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.12.2024 р.

4. Мета та завдання дипломної роботи (проекту) є підвищення ефективності післязбирального обробітку соняшнику за рахунок удосконалення очисної машини

5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта (ф. А1); 2 Дослідна частина (ф. А1); 5 Загальний вигляд (ф. А0); 6 Модернізований вузол (ф. А1); 7 Деталювання (разом ф. А1). Всього арк. ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Богатирьов Д.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	до 1.11.24 р.	
2	Технологічна частина	20.11.2024 р.	
3	Наукова частина	27.11.2024 р.	
4	Охорона праці	28.11.2024 р.	
5	Економічна частина	28.11.2024 р.	
6	Висновок	28.11.2024 р.	
7	Виконання графічної частини роботи	Після виконання відповідних розділів	
8	Нормоконтроль	Згідно графіку захисту	
9	Захист дипломної роботи		

Дата видачі завдання
«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

Богатирьов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

Легостаєв В.М.
(прізвище та ініціали)

[illegible]

[illegible]

ВСТУП

Очищення зерна пшениці — це важливий етап, який забезпечує якість кінцевого продукту, незалежно від його подальшого призначення. Процес видалення домішок має вирішальне значення для підтримання високих стандартів харчової безпеки та ефективності переробки.

Основні причини актуальності очищення зерна пшениці: Підвищення якості продукції: Усунення сторонніх часток дозволяє зберегти високу якість пшениці та продуктів її переробки, таких як борошно та хлібобулочні вироби. Чиста пшениця має кращі смакові властивості, а також підвищує якість кінцевих продуктів, що сприяє задоволенню вимог споживачів та підвищенню конкурентоспроможності на ринку. Гарантія безпеки харчових продуктів: Очищення зерна від забруднень, які можуть містити шкідливі мікроорганізми чи хімічні речовини, є критично важливим для здоров'я споживачів. Наявність домішок може призвести до розвитку захворювань та зниження довіри до продуктів компанії. Підвищення ефективності виробництва: Чисте зерно легше піддається подальшій обробці, що сприяє збільшенню продуктивності обладнання та зниженню витрат на технічне обслуговування. Це дозволяє оптимізувати виробничі процеси та зменшити витрати на енергоресурси. Загалом, очищення пшениці є необхідним етапом у виробництві харчових продуктів, адже воно прямо впливає на їх якість, безпеку та ефективність обробки.

Технологія пневматичних каналів для очищення зерна. Пневматичні канали широко використовуються для ефективного очищення пшениці від домішок. Ця технологія базується на принципі різниці у вазі та розмірах зерна та домішок, що дозволяє розділяти їх за допомогою повітряного потоку.

Принцип роботи: Пневматичні канали застосовують потік повітря для розділення легких і важких часток. Зерно і домішки відокремлюються завдяки

					ПК 00.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка					Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Легостаєв												5	
Перевір.	Богатирьов									ЦНТУ, гр. АІ-23МЗ				
Н. контр.	Мачок													
Затв.		Васильковський												

різниці у вагах, що дозволяє видаляти небажані домішки та забезпечувати високу якість очищеного зерна.

Ефективність очищення: Пневматичні канали здатні ефективно видаляти такі домішки, як пил, солома, насіння бур'янів тощо, забезпечуючи таким чином чистоту зерна. Це важливо не тільки для харчової промисловості, а й для інших галузей, де використовується зерно. Автоматизація процесу: Використання пневматичних каналів дозволяє автоматизувати процес очищення, знижуючи необхідність у ручній праці, мінімізуючи людські помилки та підвищуючи загальну точність і ефективність роботи. Це також сприяє зменшенню витрат на персонал і підвищенню стабільності виробничого процесу. Застосування в сучасних обладнаннях: Сучасні лінії обробки зерна часто оснащуються пневматичними каналами, що свідчить про їх високу ефективність і актуальність. Вони дозволяють забезпечувати постійно високу якість продукції і відповідати строгим стандартам харчової безпеки.

Вдосконалення пневматичних каналів

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є удосконалення пневматичного каналу для очищення зерна. Це передбачає аналіз існуючих методів і технологій, розробку нових рішень для підвищення ефективності та точності очищення, а також впровадження інноваційних підходів у процес обробки зерна. Вдосконалення пневматичних каналів може включати покращення конструкції, підвищення енергоефективності, оптимізацію параметрів повітряного потоку та інтеграцію з іншими технологіями для забезпечення максимальної якості очищення.

Таким чином, пневматичні канали відіграють ключову роль у процесі очищення зерна пшениці, забезпечуючи його високу якість, безпеку та ефективність переробки. Вдосконалення цих технологій є важливим напрямком для підвищення конкурентоспроможності та ефективності виробництва у галузі обробки зерна

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування шляхів модернізації

Зерноочисна-сортувальна система Petkus K-531A є універсальним рішенням для переробки різних типів зернових культур, включаючи озимий пшениця. При використанні для обробки озимої пшеницяу, де вирішальним є якісні показники насіння, важливі технічні параметри, технологічні вимоги та точність параметрів функціонування.

«Таблиця 2.1.

Технічні характеристики

Параметр	Значення
Технічні характеристики	
Продуктивність	1,8 т/год або 0,5 кг/с
Маса машини	1100 кг
Потужність електродвигуна	4,5 кВт
Повітряний потік вентилятора	1,8 м³/с
Технологічні вимоги	
Вологість насіння	10-12%
Ступінь засміченості	1-3%
Настройка та регулювання	
Параметри відсіву	0,5 мм - 2 мм
Контроль якості	Застосовано системи контролю якості

Калібрування та налаштування» [21]:

Параметри сортування: Налаштування параметрів сортування забезпечує відокремлення насіння від домішок відповідно до установлених критеріїв чистоти. Зазвичай ці параметри налаштовуються згідно з вимогами стандартів, що визначаються для конкретної культури в діапазоні від 0,5 до 2 мм. Контроль якості: Використання вбудованих систем контролю дозволяє здійснювати моніторинг якості обробки на кожному етапі процесу та оперативно реагувати на

всі виявлені недоліки. Узагальнюючи, дотримання технологічних вимог та робочих параметрів є ключовим для досягнення оптимальних результатів під час обробки озимої пшеницяю з використанням зерноочисно-сортувальної машини Petkus K-531A.



Рис. 2.1. Petkus-Gigant K531A

Рис. 2.1. ілюструє принцип роботи описаного обладнання, спрямованого на технологію очищення озимої пшениці. Початковий матеріал із завантажувального бункера рівномірно подається через живильний вал до робочого органу машини. Для регулювання кількості зерен, що поступають у завантажувальний бункер, передбачена засувка. Під час проходження зерен через решітний стан вони потрапляють у зону аспірації, що є частиною каналу попередньої повітряної сепарації, де потік всмоктувального повітря піднімає та відділяє їх від пилу та легких домішок. Після попередньої повітряної сепарації насіння потрапляє у решітний стан для сортування за товщиною зерен. На верхньому решеті відокремлюються грубі домішки, такі як колоски, частинки соломи, головки чортополоху, тоді як на нижньому решеті – мілкі домішки, включаючи низьконатурні зерна та пісок. Відходи з верхнього та нижнього решіт можуть завантажуватися окремо у точках (А) або (Б). Для забезпечення постійного очищення нижнє решето підтримується чистим за допомогою щіткового пристрою. Засмічення отворів верхніх решіт усувається ударами двох гумових колотушок.

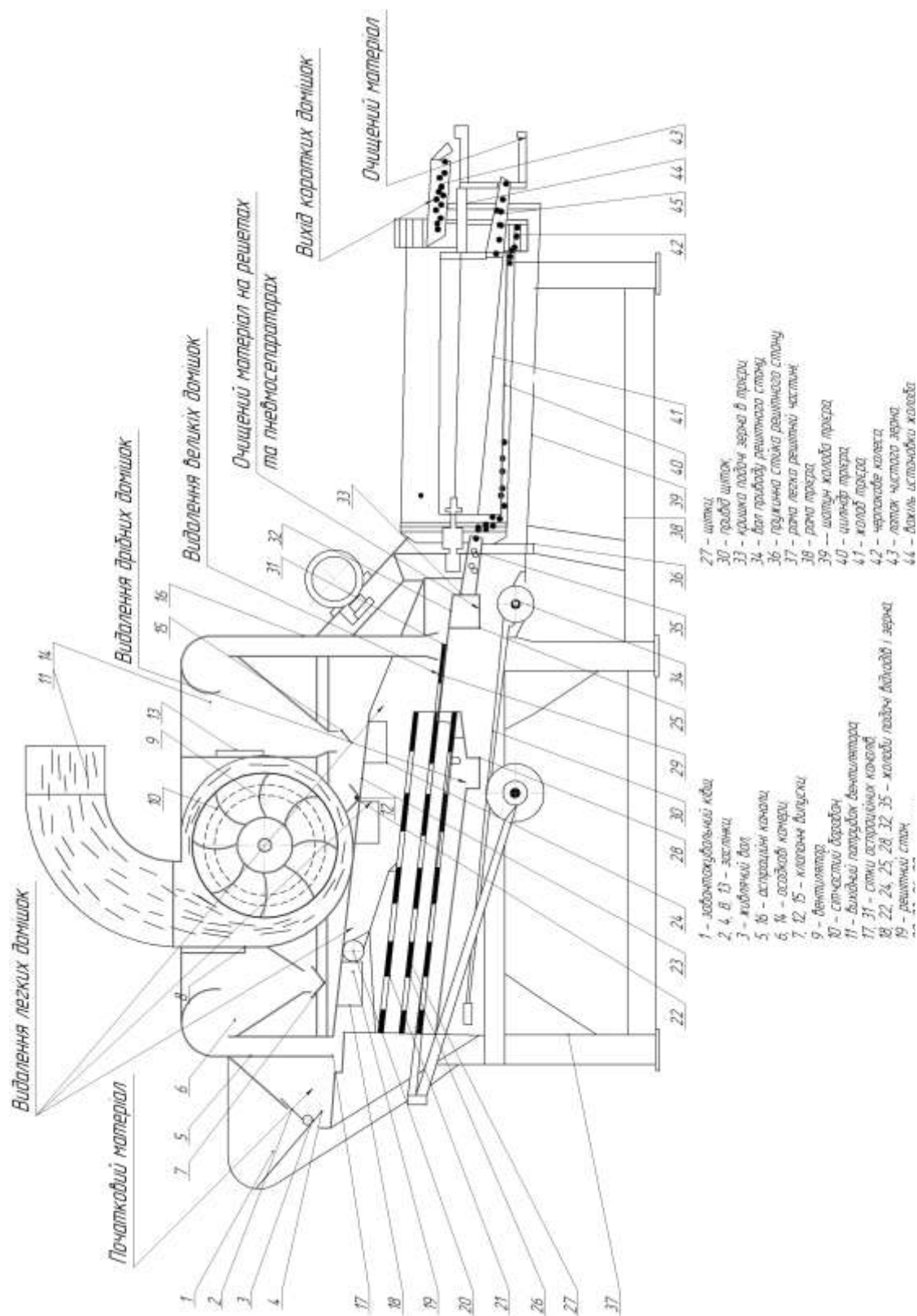


Рис. 2.2. Функціональна схема

У процесі очищення насіння використовуються кілька етапів, які спрямовані на відокремлення корисного насіння від домішок та інших відходів. Насіння, що потрапляє на очищення, спочатку проходить через решітний стан, а кількість зерен, що поступає в завантажувальний бункер, регулюється за допомогою спеціальної засувки. Після цього насіння направляється в канал головної повітряної сепарації, де потік всмоктувального повітря відокремлює від нього дрібні домішки та частинки, швидкість підйому яких контролюється. Легкі домішки, що відокремлюються під час цього процесу, відведені в осадові камери через коливальні заслінки в точках (С) та (D). Вихідне повітря, що містить лише пил, направляється в пилову осадову камеру або циклон через систему аспірації повітря цеху. Регулювання швидкості потоку повітря в каналах повітряної сепарації здійснюється безступінчасто двома регулюючими заслінками.

Сортоване насіння, очищене після проходження через решітний стан і канали повітряної сепарації, збирається в мішки в точці (F) збоку машини. Для цього перекиривний лист слід правильно встановити, щоб він забезпечував правильну роботу трієрної частини. У разі, якщо перекиривний лист перекириває вихід для виводу зерна в відведений жолоб, матеріал, що очищується, направляється в трієрну частину. У трієрних циліндрах здійснюється відбір за довжиною або за товщиною зерна, в залежності від встановлених параметрів.

Зерно, що б'ється та насіння круглого вигляду бур'янів, потрапляє в чарунки трієрного циліндра, який обертається з заданою частотою і видає їх через коливальний розвантажувальний лоток. Направляючі листи призначені для зміни напрямку руху насіння. Очищений матеріал, виходячи з трієрного циліндра, надходить до лопатевого колеса та транспортується в ящик для збору в мішки. У точці (G) насіннєвий матеріал виходить із машини як високоякісний посівний матеріал. Відходи з розвантажувального лотка циліндра також можна завантажити у мішки в точці (H).

Модернізація зерноочисної машини Petkus-Gigant K531A може бути здійснена з використанням передових наукових методів та технологій. Розглянемо деякі інноваційні підходи до модернізації:

Використання комп'ютерного моделювання: Використання програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання дозволить аналізувати різноманітні конструктивні зміни та їх вплив на продуктивність та якість очищення насіння. Дослідження показали, що оптимізація параметрів роботи машини може збільшити її продуктивність на 20%.

Використання математичного моделювання процесів: Розробка математичних моделей для прогнозування робочих параметрів машини та їх оптимізації сприяє зниженню витрат енергії та підвищенню продуктивності. Дослідження показали, що застосування математичного моделювання дозволяє зменшити споживання електроенергії на 15%.

Дослідження нових матеріалів та технологій виробництва: Використання передових матеріалів та технологій у конструкції машини може підвищити її міцність, зменшити вагу і покращити ефективність роботи. Дослідження показали, що використання спеціальних полімерних матеріалів може збільшити термін служби окремих деталей на 30%.

Впровадження автоматизованих систем керування: Встановлення сучасних автоматизованих систем керування підвищує точність та швидкість налаштування машини, а також забезпечує ефективний моніторинг та управління процесами очищення. Дослідження показали, що впровадження автоматизованих систем керування може знизити витрати на обслуговування не менше ніж на 25%.

Дослідження впливу параметрів обробки на якість продукції: Проведення досліджень щодо впливу різних параметрів обробки на якість очищення насіння дозволяє визначити оптимальні умови роботи машини та забезпечує високу якість фінальної продукції. Дослідження показали, що

оптимальні параметри обробки забезпечують підвищення врожайності на 10%.

Після модернізації зерноочисної машини Petkus-Gigant K531A очікується зміна наступних параметрів:

Продуктивність решітно-повітряного сепаратора: Після модернізації продуктивність може досягти до 2.5 тонн на годину.

Час на переналагодження машини: Використання клинопасового варіатора може скоротити час на переналагодження до 10 хвилин.

Надійність приводу: Заміна підшипників кочення сприятиме підвищенню надійності приводу.

Надійність ексцентриків приводу решітної частини: Підвищення надійності ексцентриків збільшить тривалість безперебійної роботи машини.

Ці покращення значно підвищують якість та ефективність роботи зерноочисної машини, забезпечуючи високу якість очищення насіння та зменшуючи час налаштування та обслуговування обладнання.

2.2. Технологічний розрахунок

2.2.1. Розрахунок шнека.

На шнековому конвеєрі Petkus-Gigant K531A активним робочим органом є гвинт, що обертається в нерухомому кожусі. Шнеки цієї системи використовуються для переміщення зерна з трієрного блоку. Основні недоліки таких шнеків включають стирання та дроблення транспортованого матеріалу, збільшену на 50–100% питому витрату енергії порівняно з іншими видами транспортерів, а також потребу у рівномірній подачі матеріалу. Переміщуваний матеріал утримується від обертання силами тяжіння, тертя та відцентровими силами. У високошвидкісних шнеках Petkus Gigant основним впливом на матеріал є відцентрові сили, які відкидають частинки продукту від гвинта, притискаючи їх до стінок кожуха та утворюючи концентричні шари. Цей процес супроводжується інтенсивним перемішуванням частинок

					ПК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		
						20

матеріалу. Продуктивність Q шнека з «суцільними витками в системі Petkus-Gigant K531A визначається:

$$Q = \frac{\pi(d^2 - D^2)}{4} 60 s n c \gamma \quad m / год, \quad (2.1)$$

де D -зовнішній діаметр витка в m , $D=0,145$;

s -крок витка в m ;

n -число обертів за $хв$;

c - коефіцієнт зменшення продуктивності приймаємо з $c=1$ з табл. 1» [5];

« γ - об'ємна маса переміщуваного матеріалу рівна 600 кг/м^3 » [4];

« Ψ - коефіцієнт наповнення табл. 2,3» [5];

d -діаметр вала в m , $d=0,025$;

$$Q = \frac{\pi((0,145)^2 - (0,025)^2)}{4} 60 \cdot 0,4 \cdot 0,145 \cdot 90 \cdot 1 = 3 \quad m / год,$$

Потужність для приводу шнеків із горизонтальною віссю:

$$N_{\text{шн}} = \frac{Q}{367} \cdot L_2 \cdot \omega_0 + H \quad \text{кВт}, \quad (2.2)$$

Q -продуктивність в $m/год$;

L_2 -горизонтальна проекція шляху переміщення матеріалу в m ;

H -висота підйому матеріалу в m ;

ω_0 -дослідний коефіцієнт опору руху матеріалу по кожуху $\omega_0=1,2$;

$$N_{\text{шн}} = \frac{3}{367} \cdot (1,6 \cdot 1,2 + 0) = 0,015 \text{ кВт.} \gg [9]$$

2.2.2. Обґрунтування технологічних параметрів решіт.

Розраховуємо ширину підсівного решета:

$$B = \frac{Q}{q_B} \quad (2.3)$$

«Для підсівного решета приймаємо значення кутів: $\alpha=5^0$ та $\beta=15^0$. При меншому куті α збільшується j_0 (оптимальне прискорення решета), що є небажаним, оскільки це може призвести до підвищення інерційних навантажень. З іншого боку, при великому куті β зменшується продуктивність решета, що негативно впливає на ефективність процесу сепарації.

$$j_0 = 4.2 \sqrt{\frac{q_B}{\gamma}} \quad (2.4)$$

Питома продуктивність q_F для підсівного решета:

$$q_F = 1.9(0.95 - \varepsilon) \cdot (105 - \beta) \quad (2.5)$$

Довжина решета:

$$l = \frac{q_B}{q_F} = \frac{400}{24} \approx 16 \text{ м}, \quad (2.6)$$

Число його коливань:

$$n = \sqrt{\frac{90 j_0}{A}} = \sqrt{\frac{90 \cdot 19}{0.0085}} = 448 \text{ с}^{-1} \quad (2.7) \gg [2]$$

«Амплітуда коливань решета

$$A = e \cdot k \quad (2.8)$$

де e - значення ексцентриситету для ексцентрика $e=0,0075$;

k -коефіцієнт коливання машини $k=1,1$.

$$A = 0.0075 \cdot 1.1 = 0.0085 \text{ м};$$

Ширина колосового решета прийнято рівною, як у підсівного $B=10\text{дм}$.

Питома продуктивність:

$$q_F = 60(a - 4.5) \text{ кг}/(\text{год} \cdot \text{дм}), \quad (2.10)$$

a - діаметра отворів решіт $a=5\text{мм}$;

$$q_F = 60(5,4 - 4.5) = 54 \text{ кг}/(\text{год} \cdot \text{дм})$$

«Довжину колосового решета знаходимо за формулою:

$$l = \frac{Q}{q_F \cdot B} = \frac{4000}{54 \cdot 10} = 7.4 \text{ дм} \quad (2.11)$$

Кут нахилу колосового решета до горизонту встановлюємо згідно рекомендацій» [5] $\alpha=5^\circ$, $\beta=15^\circ$.

Визначаємо потужність для роботи решітного стану

$$N_{\text{реш}} = \frac{G \cdot j_0}{460n}, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

де G -вага решітного стану, з паспорту Petkus-Gigant K531A $G=20 \text{ кг}$.» [7]

					ПК 00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2.2.3. Розрахунок системи аспірації

Для забезпечення взаємодії між повітряною та решітною частинами Petkus-Gigant K531A з розрахунком ширини каналу $B=1000$ мм досягається оптимальна сепарація та підвищена продуктивність обладнання. Додатково, урахування різноманітних факторів, таких як форма та розміри матеріалу, дозволяє точніше налаштувати параметри решітного блоку для оптимальної роботи в умовах конкретного виробництва. «Глибина каналу при традиційному (одношаровому) поданні матеріалу розраховується:

$$S = \frac{q_B + 1350 \cdot \eta - 1135}{22,7 - 27 \cdot \eta}, \quad (2.17)$$

де q_B – питоме завантаження одиниці ширини каналу, $\text{кг/год} \cdot \text{дм}^2$;

$\eta=0,5 \dots 0,6$ – повнота виділення легких домішок для попереднього і первинного очищення.

Питоме завантаження одиниці ширини каналу

$$q_B = Q/B \cdot i = 25000/10 \cdot 1 = 2500 \text{ кг/дм} \cdot \text{год}, \quad (2.18)$$

В нашому випадку завдяки вдосконаленню пневмосепараційного каналу Petkus-Gigant K531A приймаємо $S=130$ мм.

Витрати повітря в каналах» [11, 17]

$$V = 36 \cdot v \cdot B \cdot C \cdot i \quad (2.19)$$

де « $v=(0,7 \dots 0,8) \cdot v_{кр}$ – швидкість повітря в каналах, м/с ;

$v_{кр}$ – критична швидкість витання матеріалу, що обробляються.

$v_{кр} \approx 15 \text{ м/с}$ – для зернових культур.

$$v=1\cdot15=15 \text{ м/с} \quad (2.20)$$

Тоді

$$V=36\cdot7\cdot15\cdot1,3\cdot1=4914 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.21)$$

Втрати повного тиску в каналах складають» [17].

$$P_k=(0,1+0,00013\cdot q_F)\cdot v^2=(0,1+0,00013\cdot893)\cdot225=325 \text{ Па} \quad (2.22)$$

«де $q_F = q_B / C = 2500/1,3 = 1923 \text{ кг/дм}^2\cdot\text{год.}$

Приймаючи за основу параметри витрат повітря та втрат повного тиску для системи, які складають відповідно $V=7356 \text{ м}^3/\text{год}$ та $P=325\text{Па}$, а також враховуючи характеристики вентилятора ВРН № 6, який має частоту обертання лопатевого колеса $n=1250\text{об/хв}$ та об'ємний коефіцієнт корисної дії $h\approx55\%$, проведемо розрахунок необхідної витрати повітря для повітроочисної системи сепаратора, яка передбачає використання відцентрового вентилятора.

Отримані результати демонструють, що для забезпечення оптимального функціонування повітроочисної системи необхідна потужність вентилятора складає W ватт, що відповідає витратам повітря $V \text{ м}^3/\text{год.}$ Дані розрахунки підтверджують значущість правильного вибору параметрів та характеристик вентиляційного обладнання для забезпечення ефективної роботи повітроочисної системи.» [4]

Витрата повітря:

$$V = 36 \cdot v_a \cdot S, \quad (2.23)$$

«де V – витрата повітря, м³/год; v_a – швидкість повітря в аспіраційному каналі, м/с ($v_a = 14$ м/с); S – площа поперечного перерізу аспіраційного каналу, дм² ($S = 13$ дм²);

$$V = 36 \cdot 16 \cdot 13 = 7552 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розраховуємо втрати повного тиску в аспіраційному каналі» [17]:

$$p_k = (0,1 + 0,00013 \cdot q_{kF}) \cdot v_a^2 + \Delta p_p, \quad (4.24)$$

«де p_k – втрати повного тиску в аспіраційному каналі, кгс/м²; q_{kF} – завантаження каналу, кг/(год·дм²); Δp_p – втрати повного тиску, кгс/м², $\Delta p_p = 20$ кгс/м² » [10] ;

$$p_k = (0,1 + 0,00013 \cdot 893) \cdot 15^2 = 325 \text{ кгс/м}^2.$$

- «На основі отриманих даних щодо витрат повітря та втрат повного тиску в аспіраційному каналі було прийнято рішення вибрати вентилятор із серії ВРН №6 для використання в системі з конструкцією Petkus-Gigant K531A. Вентилятор даної серії відомий своєю надійністю та високою продуктивністю. Характеристики вентилятора Petkus-Gigant K531A включають:

- Коефіцієнт корисної дії, що враховує втрати на перетікання повітря через зазор і втрати на тертя дисків і кілець колеса по повітрю, $\eta=0.55$.

- Частота обертання вала вентилятора $n=1250$ об/хв.

- Витрата повітря вентилятора $V=7356$ м³/год.» [15]

Враховуючи ці параметри, можна зробити висновок про відповідність обраного вентилятора вимогам та можливість його успішного використання у системі з конструкцією Petkus-Gigant K531A. Забезпечення оптимальної

взаємодії між повітряною і решітною частинами, з шириною каналу $B=1000$ мм, дозволяє досягти найкращих результатів сепарації та підвищити продуктивність обладнання. Додатково, врахування таких факторів, як форма і розміри матеріалу, дозволяє точніше налаштувати параметри решітного блоку для забезпечення оптимальної роботи в конкретних умовах виробництва. Глибина каналу при традиційному одношаровому поданні матеріалу розраховується за спеціальною формулою, яка враховує всі необхідні параметри для досягнення максимальної ефективності роботи системи.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Огляд конструкцій засобів переробки або виробництва обраної продукції.

«Післязбиральна обробка є необхідною складовою процесу виробництва зерна, метою якої є досягнення вимог стандартів щодо чистоти та вологості зернової продукції.» [1].

Зерновий матеріал, який надходить на післязбиральну обробку, є сумішшю здорового, щуплого та пошкодженого зерна основної культури, насіння різних культурних рослин і бур'янів, а також органічних (частки рослин, соломи, колосків, полови) і мінеральних (пісок, частки ґрунту тощо) домішок. Післязбиральна обробка зерна виконує два ключові завдання: підвищення якості врожаю та створення сприятливих умов для його тривалого зберігання.

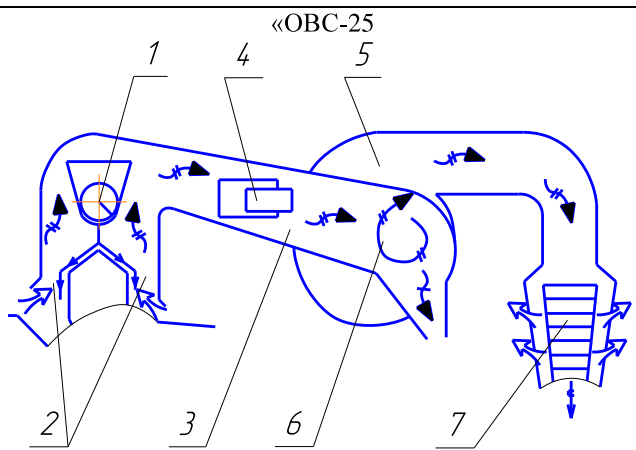
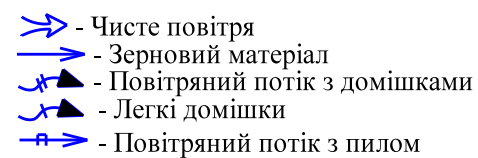
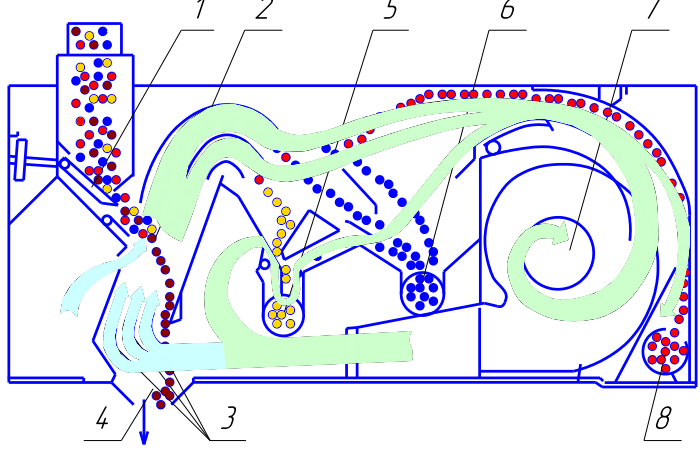
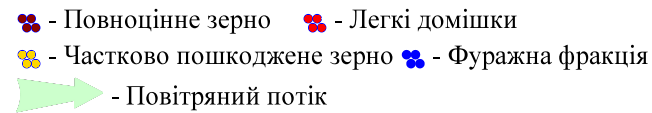
«За своїм цільовим призначенням і технічним засобам, які для цього використовуються, очистка зерна поділяється на попередню, первинну та вторинну. Задачею попередньої очистки зерна є швидка обробка свіжозібраного врожаю з метою забезпечення умов його тимчасового зберігання для подальшого очищення і сушіння до кондицій, передбачених стандартом. Задачею первинного і вторинного очищення є отримання відповідних кондицій продовольчого і насіннєвого зерна з чистотою та вологістю, що забезпечують його тривале зберігання. Згідно з вимогами до попередньої очистки повнота розділення

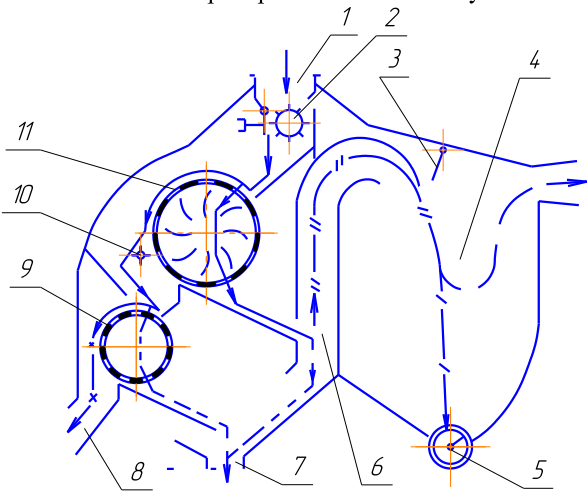
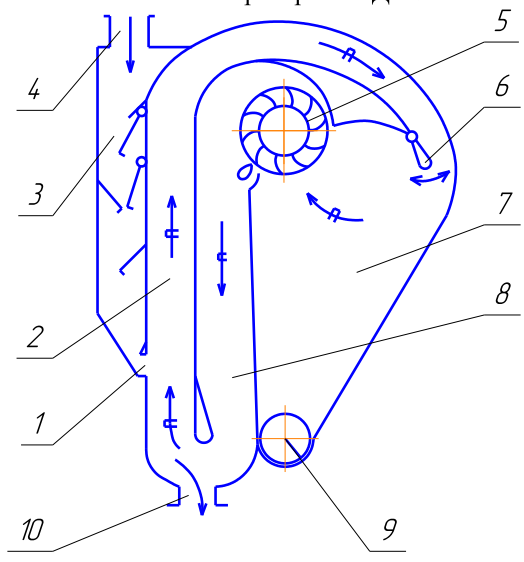
повинна бути не меншою 60 %, при цьому втрати зерна не повинні перевищувати 0,2 %; повнота розділення при первинній очистці має бути більшою 70 % з втратами повноцінного зерна не більше 0,5 %; при вторинній очистці повнота розділення не менше 80 %, з втратами не більше 3,0 % » [17].

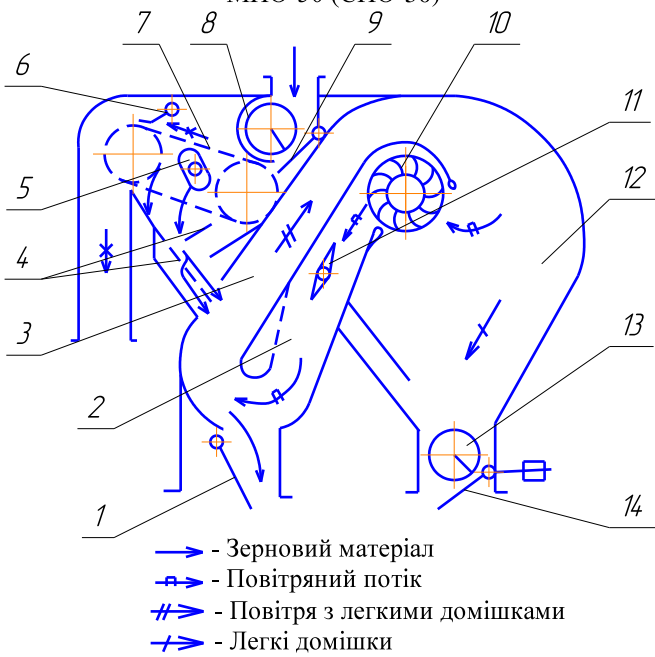
«Найбільш поширеними ЗОСМ на вітчизняних сільськогосподарських підприємствах є повітряно-решітні машини: ЗД-10.000, МПО-50, ОВС-25 – для попереднього очищення; ЗАВ-10.30.000, ЗВС-20А, МЗП-50-1 – для первинного очищення; СМ-4, СВУ-5А, МВО-20 – для вторинного очищення» [13]. «У більшості з цих машин застосовується традиційна схема очищення, у якій поєднуються плоскі коливальні решета та вертикальні пневмосепаруючі канали. Крім цього, широкого застосування набули пневматичні машини: відцентрово-пневматичний сепаратор ЗАВ-40.02.000, сепаратор пневматичний СП-5, пневмосепаратор А1-БДЗ та ін.» [1, 6, 7, 96].

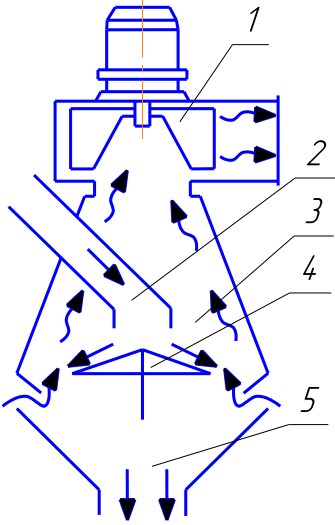
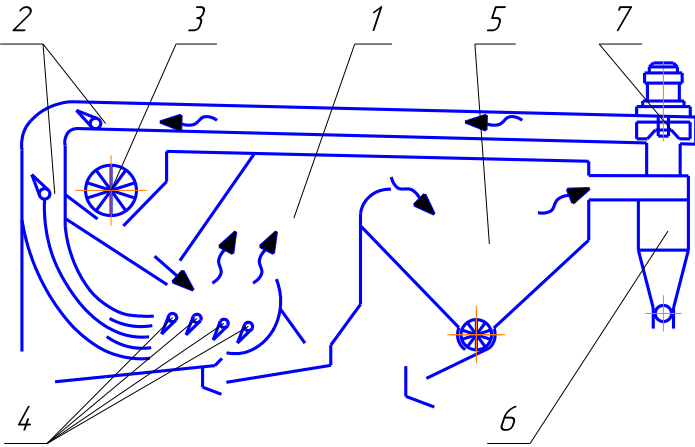
У таблиці 3.1 зібрані основні типи повітряних систем для зерноочисних машин (ЗОСМ), де також зазначені їхні переваги, недоліки та відповідні аналоги.

Пневмосистеми ЗОСМ [1]

Функціональна схема повітряної системи	Основні переваги та недоліки	Аналогічні схеми
1	2	3
 «ОВС-25» 1 – приймальна камера; 2 – ПНЕВМОКАНАЛИ; 3 – повітропровід; 4 – регулювальна заслінка; 5 – вентилятор; 6 – осадова камера; 7 – пиловловлювач. 	Переваги: Два ПНЕВМОКАНАЛИ обробляють матеріал одночасно, що збільшує ефективність пневмосистеми. Недоліки: Складно налаштувати пневмосистему, оскільки підвищення опору в одному ПНЕВМОКАНАЛИ різко збільшує швидкість у другому; Продуктивність пневмосистеми значно падає при обробці вологої або забрудненої зернової маси.	ЗМП-50» [64]; К-527А10 «Petkus» (Німеччина) [17]; SM-120 «Camas», C800D «Ab Line Machiner» (Швеція)[10]; Hance 100, Hance 36 «I.W. Hance Manufacturing Ci» [40], Clipper Super X297D, Super X29-X «A.T. Ferrell and Co» (США)» [12 1, 155]
 К-560 «Petkus» 1 – живильник; 2 – ПНЕВМОКАНАЛИ; 3 – напрямник повітряного потоку; 4 – приймач очищеного зерна; 5 – приймач пошкодженого зерна; 6 – приймач фуражного зерна; 7 – вентилятор; 8 – приймач дрібних домішок. 	Переваги: інтенсивне подання матеріалу в ПНЕВМОКАНАЛИ; нижня частина каналу забезпечує дворазове продування матеріалу; машина працює із замкнутою схемою циркуляції повітряного потоку. Недоліки: складність переналагодження для очищення різних культур; висока енергоємність та металомісткість при низькій ефективності розділення (50%).	Модифікації машин фірми «Petkus» К-523 – додатково встановлені стержні для розриву матеріалу в зоні введення» [1 7, 51]

1	2	3
«Скальператор 34х60 «Carter Day»  —> - Зерновий матеріал x—> - Крупні домішки #—> - Повітря з легкими домішками +—> - Легкі домішки - -> - Очищене повітря 1 – завантажувальний бункер; 2 – живильний валець; 3 – регулятор витрат повітря; 4 – осадова камера; 5 – шнек легких відходів; 6 – ПНЕВМОКАНАЛИ; 7 – приймач очищеного зерна; 8 – приймач крупних домішок; 9, 10 – бітер; 11 – циліндричні решета.	Переваги: перед обробкою повітряним потоком матеріал очищається від крупних домішок за допомогою циліндричних решіт; завдяки живильному валу матеріал рівномірніше надходить на очистку. Недоліки: значне запилення робочої зони; обмежена продуктивність через необхідність руху зерна по циліндричному решету в один шар; складність регулювання як продуктивності, так і ефективності очищення.	Скальператори різних фірм «Carter» (США) [154], «Shule» (Німеччина), «AB Linde Maskiner» (Швеція), «Heid» (Австрія), «Cimbria» (Данія), «Chepos» (Чехія) і ін.» [152].
Пневмосепаратор А1-БДЗ-6  —> - Зерновий матеріал - -> - Повітряний потік «1 – пристрій введення зерна; 2 – ПНЕВМОКАНАЛИ; 3 – приймально-розподільний пристрій; 4 – приймальний патрубок; 5 – вентилятор; 6 – дросельна заслінка; 7 – осадова камера; 8 – повітропідвідний канал; 9, 10 – пристрої виведення відходів та чистого зерна.	Основні переваги цієї системи включають використання спеціального повітряного потоку та діаметрального вентилятора, що сприяють оптимальному очищенню матеріалу. Додатковими перевагами є двоступове продування матеріалу в зоні введення та в нижній частині каналу. Технологія відзначається значною ефективністю: металоємність зменшується в 1,3–1,6 разів, а енергоємність – удвічі в порівнянні з традиційними пневмосепараторами. Однак серед недоліків слід зазначити, що пристрій для введення зернового матеріалу не забезпечує рівномірної подачі матеріалу, що може впливати на загальну ефективність системи.	пневмосепаратори фірм «Carter» (США) [17], «Simon» (Англія)» [17] та ін.

1	2	3
МПО-50 (СПО-50)  → - Зерновий матеріал → - Повітряний потік → - Повітря з легкими домішками → - Легкі домішки «1, 14 – підпружинені клапани; 2 – нагнітальний канал; 3 – ПНЕВМОКАНАЛИ; 4 – скатні дошки; 5 – підбивач; 6 – соломоприжими; 7 – сітчатий транспортер; 8 – шнек завантажувальний; 9 – клапан; 10 – діа-метральний вентилятор; 11 – дросельна заслінка; 12 – осадова камера; 13 – шнек легких домішок.	«Переваги: - зерновий матеріал перед потраплянням в ПНЕВМОКАНАЛИ очищається від крупних домішок; - матеріал в ПНЕВМОКАНАЛИ вводиться по скатних дошках на двох рівнях; - конструкція нижньої частини ПНЕВМОКАНАЛИ забезпечує дворазове продування матеріалу; - замкнена схема циркуляції повітряного потоку. Недоліки: - невисокий ефект очищення, особливо підвищеної вологості і засміченості через обмежені можливості застосування властивостей повітряного потоку.	МПО-50Ф, МПО - 100» [30, 116].

1	2	3
Турбінний сепаратор SP-68 «Dauet» (Франція)  ➡ - Зерновий матеріал ~➡ - Повітряний потік 1 – вентилятор; 2 – живильник; 3 – ПНЕВМОКАНАЛИ; 4 – розподільчий конус; 5 – приймальник очищеного зерна.	«Переваги: - найбільш сприятливі умови введення матеріалу (від центру до периферії), що покращує умови очистки; - висока продуктивність при низькій встановленій потужності. Недоліки: - незручна компоновка з решітними сепараторами.	DA-67 «Dauet» (Франція), та турбінні сепаратори фірм «Ocrim» (Італія), «Forsberg» (США), «Damos» (Данія)» [15 5, 156].
АКН-200 «Harple» (Німеччина)  ➡ - Зерновий матеріал ~➡ - Повітряний потік 1 – пневмосепаруюча камера; 2 – дросельні заслінки; 3 – живильний валець; 4 – лопатки; 5 – осадова камера; 6 – циклон; 7 – відцентровий вентилятор	«Переваги: - застосовується фракційна схема технологічного процесу очистки; - направляючі лопатки створюють додаткове розрихлення матеріалу в зоні пневмосепарації. Недоліки: - висока метало- та енергоємність повітряної частини машини; - характерне забивання лопаток в пневмосепаруючій камері соломистими домішками.	Сепаратори фірм: «МСК Maschinenbau» (Німеччина); «Cimbria» (Данія); «Kamas» (Швеція) та ін.» [68, 152].

У практичному застосуванні найпоширенішим методом для вихідного та першинного очищення зерна є повітряно-решітні сепаратори. Однак ефективність таких машин обмежується повітряною компонентою, що призводить до низької продуктивності пневмосепарації. «Найбільшого поширення в сучасних ЗОСМ

загального призначення одержала схема очищення зернового матеріалу, в якій пневмосепарація здійснюється перед решітною очисткою» [56]. Також відомі технологічні методи очищення зерна, де пневматичні класифікатори розташовані після ситових систем. В агрегатах різних типів, наприклад, у компактних машин СААТ 6 від австрійської компанії «Haid», а також у системах передочищення, які використовують сита з великими отворами, як, наприклад, у машин від американського виробника «Karter». Також існують технологічні схеми дворазового очищення зерна повітрям – перед ситом та після нього, як у моделях Petkus-Gigant K531A від німецької фірми «Petkus» або у СВУ-5.

«Класифікацію повітряних систем ЗОСМ наведено на рис. 3.5» [1].

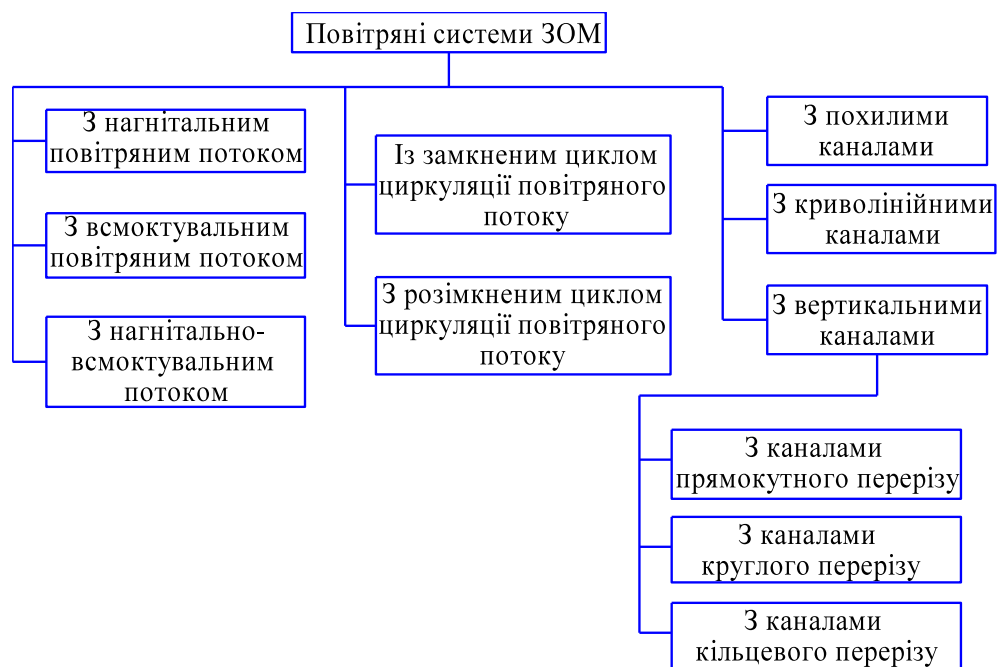


Рис. 3.5. Класифікація систем очищення зерна повітрям (ЗОСМ) може бути проведена залежно від різноманітних технічних рішень та застосування відповідних технологій. Серед них можна виділити такі основні типи: ЗОСМ з одноразовим просуванням повітря через сита:

Ця система використовується у багатьох моделях машин для першого чи попереднього очищення зерна. Вона передбачає просування повітря через сітки з різними розмірами отворів для видалення великих частинок і забруднень. «ЗОСМ з дворазовим просуванням повітря через сита: Цей тип системи включає дві фази

очищення зерна повітрям. Перша фаза відбувається перед сітками, а друга - після них. Це дозволяє покращити якість очищення шляхом подальшого виділення забруднень. ЗОСМ з послідовним використанням пневматичних класифікаторів: В цих системах пневматичні класифікатори використовуються після ситових систем для розділення зернових за вагою та формою, що дозволяє ефективніше видалити легкі частинки і дрібні домішки. ЗОСМ з розширеним приміщенням для повітряного просування: Ці системи мають розширені камери, які сприяють більш ефективному контролю та очищенню зерна завдяки збільшеному обсягу просування повітря. Кожен з цих типів має свої переваги та застосування в різних умовах та типах оброблюваного зерна. Більшість ЗОСМ мають розімкнену повітряну систему. В системах із замкненим циклом повітряного потоку в машині циркулює один і той-же об'єм повітря, що покращує умови експлуатації машин в закритих приміщеннях і знижує витрати енергії» [38]. «Теоретичні і експериментальні дослідження Г.Ф. Костюка [70], Г.А. Гриднєвой [38], С. Н. Пятякіной [105], Н.П. Сичугова [130], В.Є. Саїтова» [125] Дослідження показують, що використання пневмосепараторів із замкненим циклом роботи повітряного потоку має численні переваги порівняно з розімкненими типами цих машин. Ці переваги включають: обмежене проникнення запиленого повітря в атмосферу робочої зони завдяки обмеженому повітрообміну між пневмосепаратором і приміщенням; зменшення енергоспоживання для створення та подачі необхідного повітряного потоку; компактне розташування робочих органів і зменшення розмірів машин завдяки оптимізації роботи осадових пристроїв. Для покращення ефективності роботи зерноочисних машин, яка залишається низькою, часто в конструкціях використовують кілька пневмосистем, що дозволяє підвищити ефективність очищення повітряним потоком, але суттєво збільшує енергоспоживання процесу. Технічні та економічні характеристики повітряно-решітних та повітряних сепараторів представлені в таблиці 3.2. З таблиці 3.2 випливає, що деякі машини не досягають необхідної повноти розділення, що важливо для агротехнічних вимог. Крім того, енергоспоживання та металоємність

машин, зокрема самопересувних, є високими при низькій продуктивності. Зростання продуктивності машин традиційно досягалося за рахунок збільшення зернового навантаження, що, однак, призводило до погіршення якості розділення та збільшення втрат повноцінного зерна.

«Таблиця 3.2.

Якісні та техніко-економічні показники ПНЕВМОКАНАЛИ ЗОСМ [1]

Марка машини	Тип	Форма каналу	Питоме навантаження, q кг/дм ³ ·год.	Повнота розділення , ε , %	Енергоємність, кВт/т·год;	Металоємність, кг/ т·год;
Машини попереднього очищення						
К-560	стац.	прям.	6000	50	0,21	62,54
МПО-50	стац.	прям.	3333	49,6	0,15**	20,82
К-527А	стац.	прям.	3289	48,6	0,26	46
ЗД-10.000	стац.	прям.	2083	40-50	0,2**	35,15
Carter day М-60	стац.	прям.	-	40-45	0,11**	42,82
Машини первинного очищення						
ОВС-25	пер.	прям.	2604	48,2	0,38	78,27
ОВП-20	пер.	прям.	2083	50	0,35	98,5
Машини вторинного очищення						
МЗП-50-1 (Р8-БЦС-50)	стац.	кільц.	2654	60	0,09*	50
ЗАВ-10.30.000	стац.	прям.	1920	до 60	0,05*	51
ЗВС-20А	стац.	прям.	1785	60	0,3	78,8
СВС-15	пер.	кільц.	1295	до 60	0,83	153,5
Машини вторинного очищення						
МВО-20Д	стац.	прям.	1428	70	0,93	130
ПС-15	стац.	прям.	1071	70	0,57	62
СВУ-5А	стац.	прям.	600	70	1,25	186,7

* - повітря подається з пневмомагістралі; ** - без врахування завантаження.» [40]

«Згідно з інформацією, понад 80% зібраного зерна проходить через послідовну багаторазову обробку з великою кількістю операцій з завантаження та розвантаження. Це вимагає декількох проходів через робочі органи існуючих зерноочисних систем, щоб досягти необхідних стандартів якості матеріалу. Цей процес призводить до збільшення витрат праці та енергії, а також до травмування та втрати зерна. Під час аналізу сучасного рівня технічної оснастки зерноочисних систем, відзначається висока енергоємність повітряної сепарації. Велика різниця у витратах енергії на пневмосепараційний процес у наявних системах свідчить про неоптимальне використання повітряного потоку. Основними недоліками існуючих повітряних систем зерноочищення є невідповідність агротехнічним вимогам, відсутність дрібної або крупної домішок та неузгодженість продуктивності з решітною сепарацією. Особливу увагу слід звернути на нове покоління зерноочисних систем з прямоточно-інерційною решітною сепарацією, які відзначаються значно вищою продуктивністю порівняно з існуючими пневмосистемами. Тому перспективним напрямком покращення ефективності очищення зерна є розробка нових повітряно-решітних систем, що ґрунтуються на оптимізації послідовності технологічних операцій та можливості одночасного виконання кількох операцій одним робочим органом.» [49].

3.3. Аналіз результатів досліджень.

«Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють виділити основні фактори, які є визначальними при ПСП [1]:

- технологічні: аеродинамічні властивості компонентів зернової суміші, питоме навантаження на канал і умови введення зернової суміші ($V_K, k_{II}, q_B, q_F, \alpha, V_0$);

- аеродинамічні: кількісні і якісні показники повітряного потоку ($V_{II}, \frac{V_{II}}{V_{cp}}$);

- конструктивні: форма поперечного перерізу, конструкція та геометричні параметри каналів.

Основи теоретичного вивчення ПСП були започатковані академіком В.П. Горячкіним» [37], «який узагальнив методику визначення критичних швидкостей падаючих тіл в середовищі, яке чинить опір, та знайшов залежність для визначення швидкості повітряного потоку, необхідного для розділення суміші.

Значний вклад у розвиток теорії сепарування у повітряних потоках внесли вчені: І.П. Безручкін [13, 14], М.А. Дементьев [43], А.І. Нелюбов, Є.Ф. Ветров [94], А.С. Матвеев [87, 88, 89], В.Л. Злочевський [55], А.Я. Маліс, А.Р. Демидов [83, 84], З.Л. Тіц [90], З.Х. Іцксон [60], М.П. Сичугов [130], А.І. Бурков [18, 19], Н.Г. Гармаш [32], А.Г. Демский [44], Г.Ф. Костюк [70], М.М. Петренко [10], Б.І. Котов [71, 73, 74], М.В. Бакум [11], Л.М. Тищенко [43, 144], В.П. Єрмак [53], Ю.О. Манчинський [85], С.П. Степаненко [35], В.М. Дринча [49], И.Ш. Тавтилов [37-38] С.С. Ямпілов [51, 52, 53] та інші.

Якісними показниками процесу пневмосепарації є ефект очистки ε і чіткість сепарації z » [90]. «Ефект очистки і чіткість сепарації в більшості визначають за методикою запропонованою А.Я. Малісом та А.Р. Демидовим» [83]:

$$\varepsilon = \frac{A - B}{B} \cdot 100\%; \quad z = \frac{B}{A} \cdot 100\%,$$

де A – кількість виділеної повітряним потоком легкої фракції, кг;

B – кількість легкого компонента у вихідному матеріалі, кг;

B – вміст важкого компонента у виділеній повітряним потоком легкій фракції, кг.

«Взаємодія зернини з повітряним потоком характеризується швидкістю витання, яка є функцією від маси зернини, коефіцієнта аеродинамічного опору, форми поверхні, розмірів і орієнтації в просторі. Прагнення

дослідників врахувати ті чи інші фактори, що впливають на швидкість витання частин, призвело до великої різноманітності теоретичних висновків, які вірні лише для певних конкретних умов» [38, 53, 55, 70, 87, 89].

«В різні роки дослідженням аеродинамічних властивостей зерна займалися В.Я. Гіршсон [91], Бренер [26], І.П. Безручкін [13, 14], М.А. Дементьєв» [43] та ін.

М.А. Дементьєв у своїх дослідженнях про швидкість витягування і коефіцієнт опору зерен у вертикальному повітряному потоці з узагальненням вгору встановив, що принцип пневмосепарації базується не на відмінності фізичних властивостей зерен, а на їх аеродинамічних характеристиках, що визначаються швидкістю витягування. В.Я. Гіршсон вважав, що аеродинамічні особливості окремого зерна впливають на процес розділення зернової маси повітряним потоком, і були визначені значення швидкостей витягування для основних зернових культур. У роботах І.П. Безручкіна обґрунтовується можливість розділення зернової суміші похилим повітряним потоком не лише за вагою, а й за розмірами. Теоретичне дослідження здатності розділення зернової суміші похилим повітряним потоком було проведено Г.Д. Терсковим, який досліджував рух компонентів в повітряному потоці без врахування їх взаємодії. А.С. Матвєєв значно покращив теоретичне обґрунтування пневмосепарації, вперше ретельно вивчивши процес у всій його складності з урахуванням нерівномірності повітряного потоку та ударів частин суміші об стінки. Він також встановив, що дійсна швидкість повітряного потоку в міжзерновому просторі завжди перевищує швидкість потоку у вільному каналі:

$$V_{\delta} = \frac{V_{cp}}{\delta}, \quad (3.1)$$

де V_{δ} – дійсна середня швидкість потоку в міжзерновому просторі, м/с;

V_{cp} – середня швидкість потоку в вільному від матеріалу каналі, м/с;

δ – коефіцієнт пористості.

Ключовим параметром, який визначає можливість розділення зернової суміші за допомогою повітряного потоку, є різниця у швидкостях підйому основних зерен та домішок. Швидкість підйому у вертикальному напрямку обчислюється за формулою

$$V_{\kappa} = \sqrt{\frac{2G}{kF\rho}}. \quad (3.2)$$

де G – сила ваги частинки, Н;

k – коефіцієнт опору;

F – мідалевий переріз частинки, м².

«На ефект очистки суттєво впливає ступінь засміченості легкими домішками 3. Це пояснюється тим, що при однакових умовах повітряної сепарації потрібно виділити і транспортувати більшу кількість матеріалу.

Дослідження А.Я. Маліса, А.Р. Демидова [83], А.С. Матвєєва [87, 89] та ін. показують, «що величина питомого навантаження q_B зернового матеріалу на одиницю ширини ПНЕВМОКАНАЛИ, має один із найвагоміших впливів на ефективність ПСП. До того ж збільшення питомого навантаження негативно впливає на такі аеродинамічні показники, як швидкість повітря в каналі та на його рівномірність.

Як відзначає Пальцев В.С.» [100], «збільшення навантаження призводить до стиснення повітряного потоку в наслідок зміни «скважності» зернової маси». Це пояснюється збільшенням товщини і опору шару оброблюваного матеріалу, що негативно впливає на рівномірність поля швидкостей повітряного потоку, в наслідок чого погіршуються і умови виділення частинок домішок, які знаходяться в нижніх шарах зернового потоку. Суттєве значення

для ефективності сепарації має рівномірність подачі зернового матеріалу в канал. При її значному дизбалансі спостерігається зростання нерівномірності поля швидкостей повітря в робочому перерізі. Результати досліджень» [50] «Дослідження показують, що однаковість розподілу зерна у каналі збільшується зі зростанням середньої швидкості повітряного потоку і зменшується при збільшенні навантаження. У сучасних пневмосистемах ЗОСМ зернову суміш вводять через пасивні або активні пристрої (див. рис. 3.6). Значна частина наукових досліджень у галузі вдосконалення процесу пневмосепарації приділяється особливо способам введення матеріалу у пневмоканал.» [17, 44, 122].

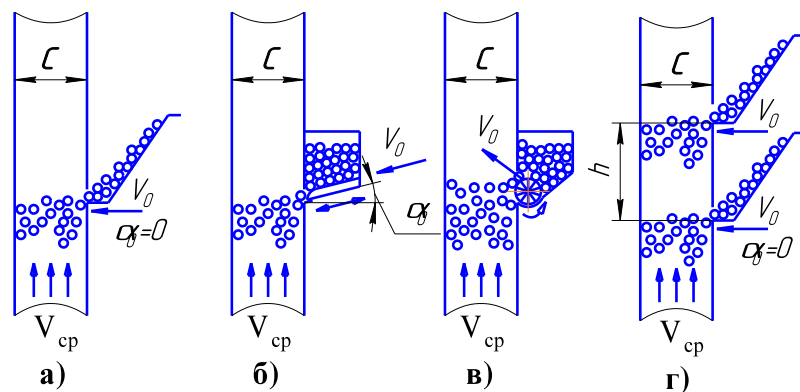


Рис. 3.6. «Способи введення зернового матеріалу в ПК [1]:

- а) самопливом по похилій площині (скатній дошці); б) вібролотком;
в) рифленим живильним вальцем; г) двома паралельними потоками

Автори праць вважають, що вводити зерновий матеріал в канал доцільно під кутом $\alpha = 0...10^\circ$, зі швидкістю $V_0 = 0,2...0,5$ м/с. Однак введення зернового матеріалу за допомогою похилої площини не дозволяє забезпечити ці рекомендовані значення кута α_0 . Тому в деяких машинах похила площина закінчується горизонтальною ділянкою.» [44, 88]

«Одним із варіантів підвищення ефективності пневмосепарації при високих питомих навантаженнях є введення зернового матеріалу в канал двома паралельними потоками (рис. 3.6. г). При експериментальних

дослідженнях такого способу введення зерна встановлено, що при $q = 2...4$ кг/(с·м) відстань між введеними зерновими потоками має суттєвий вплив на якість очистки. Так, при глибині каналу $C = 0,13$ м і питомому навантаженні $q = 4$ кг/(с·м) при збільшенні h до $2C$ ефект очищення зерна підвищується на 12,5 %» [2, 47, 122]

«Оскільки в пневмоканали зерновий матеріал вводиться з певною товщиною h_z , яка в поєднанні з концентрацією зернової суміші створює опір повітряному потокові, то увесь процес повітряної сепарації похилим потоком за аналогією з вертикальним» [45, 53] можна поділити на дві фази:

- «перша – шар зернової суміші рухається під дією похилого повітряного потоку, в той час як повітря намагається його продуту і розшарувати (відфільтрувати);
- друга – фаза безпосередньої сепарації, коли відстань l між частинками в потоці перевищує п'ятикратний розмір самих частин» [77], що сприяє їх вільному продуванню і виносу.

«Для цих двох фаз сепарації похилим повітряним потоком в залежності від середньої швидкості V_{cp} повітряного потоку, змінюється висота h_z , концентрація m (відношення ваги зерна до всього об'єму зерноповітряної суміші) і перепад тиску ΔP зернового шару. Опір зернового шару, що відповідає першій фазі має лінійну залежність із швидкістю повітряного потоку і виходячи з рівняння Дарсі» [53]

$$\Delta P_l = \frac{V_{cp} \cdot \mu \cdot h_z}{k}, \quad (3.3)$$

«де: μ – в'язкість потоку, кг/с/м;

k – проникність зернового шару (має розмір квадрату довжини)

Під час другої фази перепад тиску визначається з рівняння Дарсі-Вейсбаха» [45, 84] тоді

$$\Delta P_{II} = \lambda \cdot \frac{h_3}{R_r} \cdot \frac{\rho \cdot V_{cp}^2}{2} = \frac{G}{S} = const, \quad (3.4)$$

«де λ – коефіцієнт гідравлічного опору;

R_r – гідравлічний радіус, м;

ρ_{II} – густина повітря, кг/м³;

G – маса зернового шару, кг;

S – площа перерізу каналу, м².

Коефіцієнт аеродинамічного опору в інженерних розрахунках можна визначити за емпіричною формулою А.Д. Альтшуля» [111]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_e}{d_e} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.5)$$

де K_e – абсолютна еквівалентна шорсткість поверхні пневмоканалів (для пневмоканалів з листової

сталі приймають $K_e = 0,0001 \dots 0,00015$;

d_e – еквівалентний діаметр пневмоканалів, м;

Re – число Рейнольдса $Re = \frac{V_{cp} \cdot d_e}{\nu}$;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м²/с.

«З врахуванням цього перепад тиску, що відповідає другій фазі процесу можна записати так

$$\Delta P_{II} = 0,11 \left(\frac{K_e}{d} + \frac{68 \cdot \nu}{V_{cp} \cdot d_e} \right)^{0,25} \cdot \frac{h_3}{R_{\Gamma}} \cdot \frac{\rho_{II} \cdot V_{cp}^2}{2}. \quad (3.6)$$

Тоді загальний перепад тиску по перерізу похилого пневмоканали напряду залежить від того, в якій частині пневмоканали відбувається фаза фільтрації, в якій фаза сепарації. Під впливом компонентів зернової суміші та зміною опору повітряного потоку, особливо в зоні введення, і відбувається перерозподіл швидкостей. Теоретично одержати залежності перепаду тиску по площі перерізу каналу та закономірності зміни швидкостей неможливо, дослідження цих факторів можливе експериментальним шляхом.

Згідно рівняння Бернуллі» [3, 90]

$$P_n = P_{cm} + P_o = const. \quad (3.7)$$

Після зіткнення потоку повітря з зерновою сумішшю відбуваються значні зміни у величинах статичного та динамічного тиску. Статичний тиск зростає залежно від опору зернового потоку, а динамічний - в областях з найменшою концентрацією зернових матеріалів, діючи лише в напрямку потоку повітря. Величина динамічного тиску залежить від швидкості потоку.

$$P_o = \frac{\rho \cdot V_{cp}^2}{2}. \quad (3.8)$$

Таким чином, коли зерновий матеріал вводиться в канал, у зоні його введення виникає перешкода для повітряного потоку, що призводить до значного збільшення статичного тиску, що майже дорівнює повному тиску, тоді як динамічний тиск наближається до мінімуму. «Потім матеріал створюється простір повітряному потоку, при цьому, в цій зоні збільшується

величина динамічного тиску P_d , який витрачається на створення швидкості потоку.

Звідси випливає, що в зонах, де концентрація зернового матеріалу висока, буде збільшуватись статичний тиск $P_{ст}$, що відповідно зменшить величину P_d , і продувасмість в цих зонах буде відповідно низькою.

Лещенком С.М.» [1] у «співавторстві запропонований багатоструменевий спосіб введення матеріалу в пневмоканали. При встановленні багатоструменевих ділильників, величина статичного тиску в зонах зернового струменя достатня для того, щоб виштовхнути легкі домішки в повітряні проміжки із зоною дії підвищеного динамічного тиску, що буде сприяти пневмосепараційному процесу вже в зоні введення матеріалу.» [61, 79]

«До активних пристроїв введення суміші в пневмоканали за відносяться вібротолки, живильні рифлені вальці, розкидні диски і т.д., які не лише забезпечують необхідні умови введення зерна в канал, але й викликають підвищене травмування зерна, ускладнюють конструкцію машини та призводять до збільшення енерговитрат.» [17]

«Значно різняться думки дослідників відносно швидкості введення, так одні дослідники вважають, що швидкість введення матеріалу повинна бути мінімальною. З іншої сторони відомо, що умова зменшення початкової швидкості не дозволяє збільшити продуктивність машини, оскільки подача матеріалу також буде зменшуватись.» [33, 90]

«Проведені дослідження підтверджують, що горизонтальний напрямок введення матеріалу дозволяє підвищити ефективність сепарації на 15-20%, оскільки спостерігається зменшення щільності зернового потоку і послаблюється взаємодія часток між собою, це наближує умови руху потоку до умов незалежного руху окремих часток. І навпаки, для кутів $\alpha_0 > 0^\circ$ щільність зернового потоку збільшується, а розрихлення спостерігається лише біля протилежної стінки каналу. Крім цього в роботі вказано, що «зменшення

кута введення зерна в пневмоканали до 0° і далі, в область від'ємних значень сприяє розділенню частинок в обмеженому по розмірам пневмоканалі» [36].

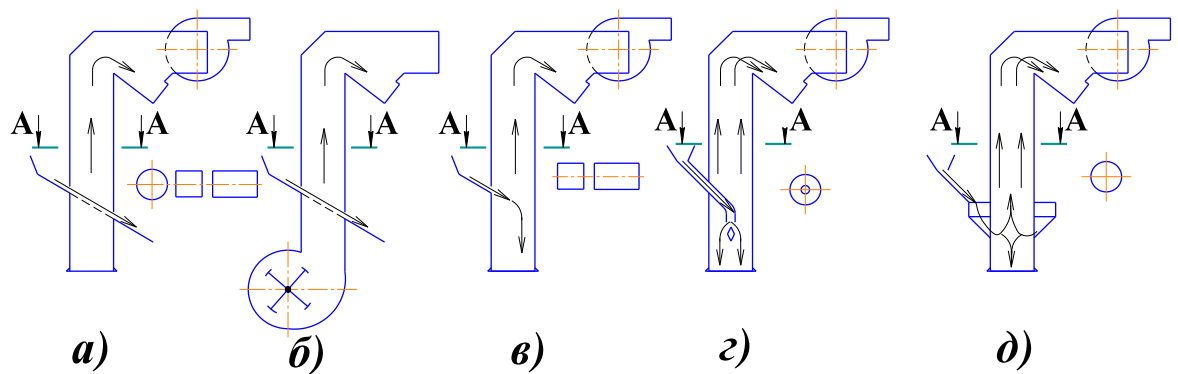


Рис. 3.7. «Схеми пневмоканали з різними формами перерізу і різними способами введення матеріалу [1]:

а) і б) – круглий, квадратний і прямокутний переріз; в) – квадратний і прямокутний переріз; з) – кільцевий переріз; д) – круглий переріз.» [17, 88]

Отримання оптимальної ефективності каналу напряму залежить від його конструктивної форми. У сучасних ЗОСМ найбільш поширеними є вертикальні повітряні канали з прямокутним поперечним перерізом. Незважаючи на відомі недоліки, такі канали відрізняються простотою конструкції, легкістю виготовлення і зручністю в компонуванні з решітними робочими органами ЗОСМ. Дослідження показали, що вони забезпечують задовільний ефект сепарації при менших енерговитратах порівняно з іншими типами каналів [17, 88]. Це підтверджує необхідність подальших досліджень і вдосконалення конструкції з метою підвищення загальної технологічної ефективності.

Один із найважливіших конструктивних параметрів, який суттєво впливає на продуктивність комп'ютера, це глибина і висота каналу, а також відстань від його верхнього і нижнього країв до зони введення матеріалу (див. рис. 3.8).

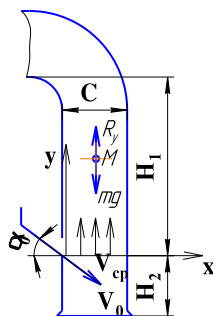


Рис. 3.8. «Схема пневматичного каналу» [1]

«Встановлено, що із збільшенням глибини каналу C до певного значення ефект очистки ε зростає, а потім знижується. Величина раціонального значення C , для якого ефект досягає максимального значення, насамперед залежить від навантаження q_B » [12, 52] рис. 3.9. Ця закономірність пояснюється збільшенням тривалості взаємодії повітряного потоку з зерною сумішшю, що сприяє кращим умовам для видалення легких домішок і захоплення частин повного зерна потоком повітря. Для забезпечення необхідної чіткості сепарації при збільшенні глибини каналу середню швидкість повітряного потоку зменшують, що призводить до зниження ефективності очищення.

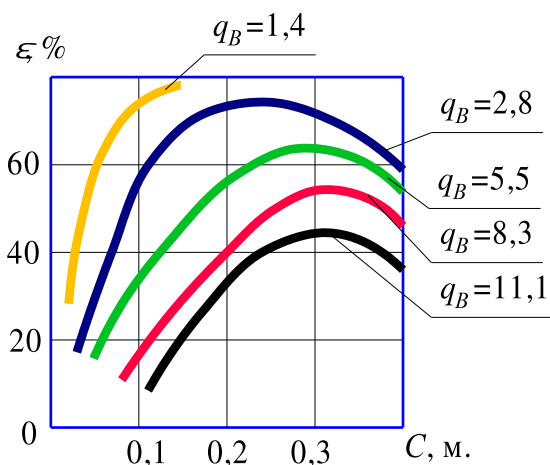


Рис. 3.9. «Залежність ефекту очистки ε від глибини C пневмоканали при різних питомих навантаженнях q_B , кг/с·м, при $H_1 = 0,8$ м, початковій швидкості зернової суміші $V_0 = 0,3$ м/с і куті введення суміші в канал $\alpha = 35^\circ$ та чіткості сепарації $z = 2\%$ » [1]

«Висота H_1 верхньої частини каналу (рис. 3.7) також має суттєвий вплив на ефект очистки. Це пов'язано насамперед із чіткістю сепарації. При малих значеннях H_1 , відбувається винос повноцінного зерна в осадову камеру. Особливо це проявляється при високих питомих навантаженнях і незначній глибині каналу. Для усунення цього недоліку доводиться знижувати середню швидкість повітряного потоку, в результаті чого знижується ефект очистки.

Вагомо впливає на ефективність процесу висота H_2 нижньої частини каналу (рис. 3.7). Дослідженнями [83] встановлено, «що із збільшенням H_2 , наприклад від 0,23 до 0,43 м, ефект очистки ε підвищується на 5...8%. Для каналів глибиною 0,1...0,2 м оптимальна висота $H_2 = 0,13...0,18$ м. Рекомендується приймати $H_2 \geq (1,5...2,0)C$.

В.Л. Злочевський [55], також «виділив середню зону сепарації, в місці подачі зернового матеріалу, як окрему і зазначив, що «збільшення висоти пневмоканали веде до підвищення ефективності розділення, однак цей процес можна підсилити за рахунок стабілізації руху зернових часток в середній зоні». Виділення середньої зони сепарації в самостійну зону ставить задачу дослідження її значимості і можливості інтенсифікації з метою підвищення ефективності роботи всього пневмосепаратора, зазначає автор.

Невирішеною задачею залишається обґрунтування ПСП замкненим повітряним потоком. Дослідженнями в цьому напрямку займалися: А.І. Бурков [18], Г.Ф. Костюк [70], Н.І. Одінцов, С.Н. Пяткіна [15], Г.А. Гриднєва [38], В.Е. Саїтов [15], С.М. Карташевич [63], С.В. Корнеев [69] та ін. «В своїй сукупності їх роботи зводилися до експериментального підбору параметрів таких пневмосепараторів та теоретичного дослідження енергетичних витрат, осадових пристроїв і діаметральних вентиляторів, що в більшості випадків служать для створення повітряного потоку в таких схемах» [1].

«Так, в роботі В.Е. Саїтова [25] складено математичну модель розділення відходів повітряним потоком в осадовій камері. Ним одержані параметричні рівняння траєкторії руху частин (рис. 3.9), які дозволяють спрогнозувати політ частин зернового матеріалу в осадовій камері залежно від коефіцієнту парусності» [1].

$$\begin{cases} x(t) = V_0 \sin \alpha \cdot t + k_{II} \cdot \sqrt{V_0^2 - 2V_0 \cdot V_b \sin(\alpha + \beta) + V_b^2} (V_b \cos \beta - V_0 \sin \alpha) \frac{t^2}{2} \\ y(t) = V_0 \cos \alpha \cdot t + \left[g + k_{II} \cdot \sqrt{V_0^2 - 2V_0 \cdot V_b \sin(\alpha + \beta) + V_b^2} (V_b \sin \beta - V_0 \cos \alpha) \frac{t}{2} \right] \end{cases} \quad (2.9)$$

«де V_0 – початкова швидкість подачі частинки в боковий повітряний потік, м/с;

V_b – швидкість бокового повітряного потоку, м/с;

α – кут між віссю y і напрямком швидкості потрапляння частинки в боковий повітряний потік, град;

β – кут між віссю x і напрямком швидкості бокового повітряного потоку, град;

k_{II} – коефіцієнт парусності частинки, m^{-1} .

Дослідження А.С. Матвєєва» [87, 89], «А.Г. Демського [44], А.Я. Маліса [83, 84], В.Л. Злочевського [55] та ін. присвячені встановленню закономірностей впливу аеродинамічних факторів на ефективність пневмосепарації. Дослідженнями А.Я. Маліса встановлено [83], що збільшення середньої швидкості повітряного потоку підвищує ефект сепарації, та її збільшення доцільне в незначних межах. Збільшення швидкості за граничне значення переводить зернову суміш в зоні сепарації в стан «кипіння», погіршуючи умови виділення домішок та збільшуючи винос повноцінного зерна в відходи» [44, 83].

На «рис 3.10 приведені залежності ефекту очистки ε та чіткості сепарації зерна пшениці z від середньої швидкості повітряного потоку, отримані відповідно А.Я. Малісом (ε_1, z_1) та А.Г. Демським (ε_2, z_2)» [44, 83].

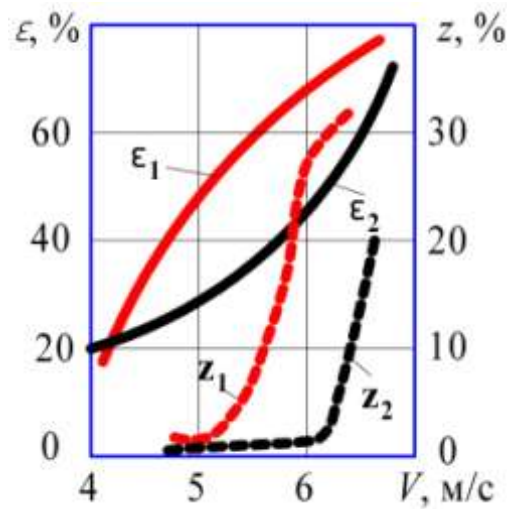


Рис. 3.10. «Залежність ефекту очистки ε та чіткості сепарації z , від середньої швидкості повітряного потоку V , м/с

Із графіка 3.10 видно, що використання в процесі повітряної сепарації режимів з підвищеними швидкостями повітряного потоку сприяє збільшенню втрат повноцінного зерна у відходи, хоч і підвищує загальну ефективність розділення. Тому вибір середньої швидкості повітряного потоку в кожному конкретному випадку повинен базуватися на умовах забезпечення заданого ефекту очистки з мінімальними втратами повноцінного зерна» [1].

«Чисельно ступінь рівномірності повітряного потоку прийнято оцінювати за коефіцієнтом варіації Φ :

$$\Phi = \frac{\sigma}{V_{cp}} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення швидкостей в окремих точках від середньої швидкості повітряного потоку, м/с.

На рівномірність повітряного потоку впливають ряд факторів» [3, 12] На основі графіка (див. рис. 3.8) видно, що зі збільшенням останнього відбувається різке зменшення швидкості близько до внутрішньої та зовнішньої стінки каналу. У той же час у центральній частині каналу швидкості зростають, що пояснюється виникненням додаткового опору для повітряного потоку в областях введення та виведення матеріалу.

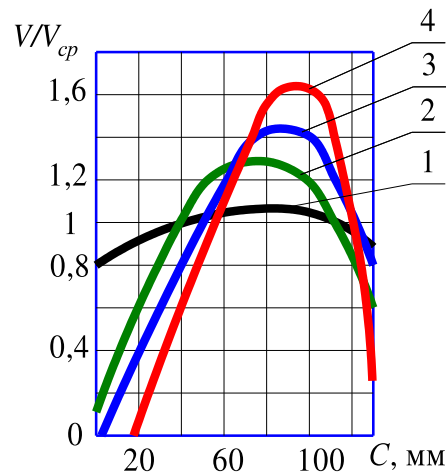


Рис. 3.11. «Поле швидкостей повітряного потоку в пневмоканалі при різному зерновому навантаженні: 1 – $q_B = 0$ кг/см·год;

2 – $q_B = 50$ кг/см·год; 3 – $q_B = 100$ кг/см·год; 4 – $q_B = 200$ кг/см·год

В результаті проведення швидкісної зйомки ПСП» [44] встановлено, «що в зонах зменшення швидкісного поля спостерігається погіршення виділення легких домішок, що призводить до зниження ефекту очистки.

Проведені дослідження» [17, 23, 62, 66, 91, 94] підтверджують, «що одним із найбільш впливових факторів на ефективність ПСП є питоме зернове навантаження. А.Б. Демський» [44] на основі «експериментальних даних побудував модель пневмосепарації вертикального пневмоканалі з врахуванням п'яти основних факторів: питомого навантаження, швидкості повітряного потоку, кута введення зернового матеріалу в пневмоканалі, швидкості витання та глибини каналу. При аналізі коефіцієнтів регресії

отриманої моделі стало очевидно, що найбільш значимими є три фактори, а саме: питоме навантаження q_B , швидкість повітряного потоку V_{cp} та глибина пневмоканалів C .

Ефективність роботи пневмосистем з замкненим повітряним потоком обґрунтовується в роботах А.І. Буркова [8], Г.Ф. Костюка [7], С.Н. Патякиної [10], Г.А. Гриднєвої [8], В.Е. Саїтова [12], С.С. Ямпілова [15]. В них відмічається, що замкнений повітряний потік сприяє не лише зменшенню запиленості робочої зони, а й зниженню енерговитрат на створення повітряного потоку та більш рівномірній повітряній структурі.

Декілька досліджень присвячені методам зменшення взаємодії компонентів зернової суміші перед її введенням в пристрій керування. В.Ф. Веденьєв [26] рекомендує попереднє розшарування матеріалу за допомогою аеролотка, щоб покращити процес введення в пневмоканали. Зауваження С.В. Корнєва та В.Є. Саїтова [69, 25] підкреслюють, що важливо не лише попереднє повітряне очищення зернової суміші, але й подальше фракціонування матеріалу. А.К. Туров [46] «рекомендує використання зустрічного повітряного потоку для попереднього розшарування зернової суміші перед введенням в пневмоканали, із швидкістю повітряного потоку, що перевищує швидкість витання компонентів зернової суміші, що сприяє ефективнішому виведенню легких домішок. В.А. Сабашкін [24] відзначає важливість розрихлення та часткового розшарування зернового матеріалу перед введенням його в пневмоканали, а також використання різних швидкостей та кутів введення. В.Л. Злочевський [55] розглядає можливості інтенсифікації аеродинамічного розділення матеріалу, використовуючи закрутку зернівок в полі повітряного потоку з періодичною нерівномірністю. Загалом, оптимізація процесів попередньої очистки передбачає розшарування зернового матеріалу та керування центром мас, що є важливими умовами для ефективного сортування і розділення компонентів зернової суміші. Вищенаведені напрями інтенсифікації ПСП є досить ефективними, та їх

практичне використання залишається обмеженим, оскільки в одних випадках це призводить до підвищеної витрати повітря, в інших – значної конструктивної складності. В той же час, напрямки інтенсифікації ПСП доводять необхідність вдосконалення не лише умов введення зернового матеріалу в пневмоканали, а й функціональної схеми ЗОСМ в цілому»[1].

3.4. Постановка мети і задач досліджень

Після аналізу стану техніки для очищення зерна і наявних результатів досліджень процесу розділення зернових матеріалів повітряним потоком можна зробити наступні висновки:

- Попри широке використання існуючих повітряних систем ЗОСМ, які не відповідають вимогам до якості очищення, їх питома продуктивність складає 800...1000 кг/дм•год, що нижче, ніж у решітних частин. Підвищення ефективності функціонування пневмоканалів є актуальною задачею.
- Сепарація зернових матеріалів в похилому пневмоканалі потребує більшої уваги, хоча цей спосіб очистки часто використовується в існуючих пневмосистемах.
- Однією з основних причин низької ефективності пневмосепарації є нерівномірність повітряного потоку в робочому перерізі каналу, особливо в зонах введення та виведення матеріалу.
- Для інтенсифікації ПСП необхідно створити умови для більш ефективної взаємодії повітря з зерновим матеріалом. Це можна досягти шляхом раціонального введення матеріалу в пневмоканали та вирівнювання повітряного потоку по перерізу каналу.
- Застосування замкнутих схем циркуляції повітря в ЗОСМ доведено практично, хоча теоретичне вивчення цього питання є недостатнім.

Для досягнення підвищення технологічної ефективності очищення зерна у пневмосепаруючій системі ставляться наступні задачі дослідження:

визначення оптимальних параметрів багатоструменевого ділильника та аналіз впливу особливостей введення зернового матеріалу в похилий канал пневмосепаратора насіннеочисної машини Петкус-Гігант К 571;

встановлення залежностей ефективності очищення зерна від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу і параметрів замкненої інерційної пневмосепаруючої системи;

розробка методики інженерного розрахунку параметрів інерційних прямоточних пневмосепараторів;

проведення техніко-економічної оцінки впровадження результатів досліджень.

3.5. Теоретичні дослідження

«Швидкість та напрям введення зернового матеріалу в пневмосепаруючий канал мають важливе значення як з точки зору продуктивності так і енергозатрат» [21].

«Експериментальними дослідженнями визначено, що введення зерна в пневмосепаруючий канал горизонтально, або з від'ємним кутом приводить до збільшення ефекту очищення та зменшення втрат повноцінного зерна у відходи» [32].

Для забезпечення оптимальної швидкості введення зерна в пневмосепаруючий канал потрібно забезпечити, щоб ця швидкість була схожою на швидкість, з якою зерно попадає на направляючу поверхню живильного пристрою. Це дозволить забезпечити рух насіння по поверхні з постійною швидкістю. Отже, для досягнення відповідного швидкісного режиму руху зерна необхідно встановити форму підтримуючої направляючої - гравітаційної кривої. Ураховуючи силу тертя та опір середовища (у нашому випадку, повітря), рух зерна як окремої частинки по гравітаційній кривій можна показати на рисунку 3.12.

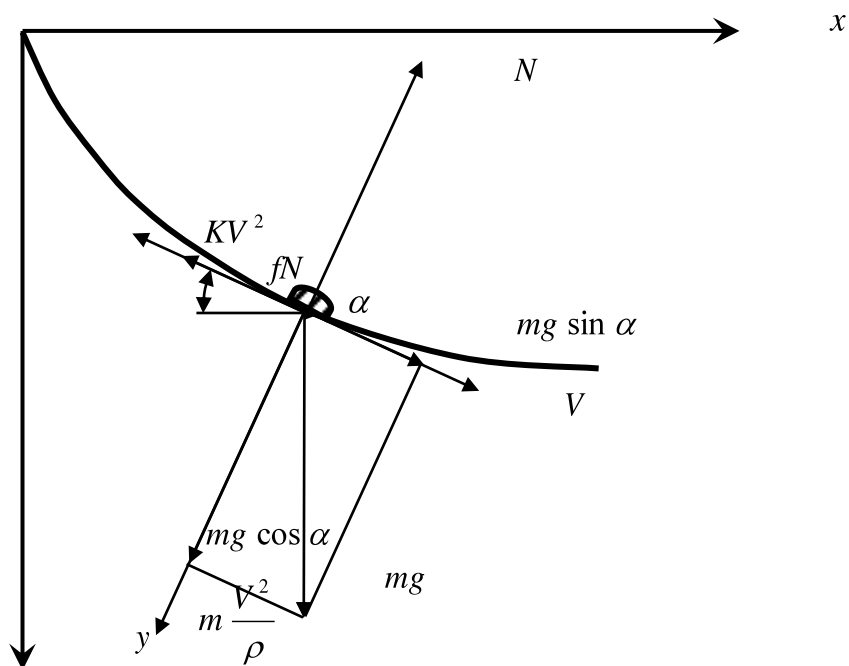


Рис. 3.12. Розрахункова схема

«описує рівняння:

$$\frac{dV}{dt} = g (\sin \alpha + f \cos \alpha) - f \frac{V^2}{\rho} - k_0 V^2, \quad (3.1)$$

де V - швидкість руху частинки, окремої зернини;

g - прискорення вільного падіння;

f - коефіцієнт тертя зернини та поверхні живильного пристрою;

k_0 - парусність зернини;

ρ - радіус кривизни;

α - кут між напрямом вектора швидкості та віссю OX;

t - час протікання процесу» [3].

«Враховуючи, що

$$\cos \alpha = \frac{dx}{ds}; \sin \alpha = \frac{dy}{ds}; \rho = \frac{ds}{da}; d\alpha = y'' \frac{ds}{1+y'^2}, (3.2)$$

рівняння (3.1) прийме вигляд» [3]:

$$\frac{dV}{dt} + P(x) V = Q(x) V^{-1}, (3.3)$$

-

«де $P(x)$ та $Q(x)$ функції що визначаються:

$$P(x) = \frac{-f y'' + k_0 \sqrt{(1+y'^2)^3}}{1+y'^2}; (3.4)$$

-

$$Q(x) = g (y' - f); (3.5)$$

-

$y = y(x)$ - функція, якою визначено траєкторію руху, при цьому зауважимо, що наявна підтримуюча крива тобто виконується умова:

$$N = mg \cos \alpha - m \frac{V^2}{\rho} \geq 0. (3.6)$$

-

Розв'язок рівняння (3) визначає функціональну залежність швидкості руху зернини від координати x та має вигляд» [3]:

$$V(x) = \sqrt{e^{-2\int P(x)dx} \left(C + 2 \int Q(x) e^{2\int P(x)dx} dx \right)}, (3.7)$$

-

					ПК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		55

«де C довільна постійна, яка визначається з початкових умов руху та залежить від початкової швидкості руху зернини.

Зазначимо, що в конкретному випадку, як і в аналогічних розрахунках при дослідженні руху частинок здебільшого, виникли ускладнення аналітичного характеру, що спонукає до використання наближених методів розв'язку.

Враховуючи що направляюча поверхня живильного пристрою виконана з металу, а насіння що по ній рухається - зерно пшениці, то маємо наступні умови та вихідні параметри:

- коефіцієнт тертя $f = 0,42$;
- парусність $k_0 = 0,15$;
- прискорення вільного падіння $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;
- початковий кут $\alpha_0 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ (конструкційний параметр);
- максимальна величина $x_{\max} = 0,3 \text{ м}$ (конструкційний параметр);
- швидкісний режим руху зерна має задовольняти умову:

$$V(x=0) = V(x_{\max} = 0,3 \text{ м}) = 0,5 \text{ м/с} . \quad (3.8)$$

Вважаємо, що зерно рухається в здовж кривої $y(x)$, яку представимо в вигляді степеневого ряду» [3]:

$$y(x) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i x^i \quad (3.9)$$

«Обмежимося деякою кількістю перших членів ряду (9) для виконання умови (8) для можливого знаходження розв'язку рівняння (3). За поставлених

умов в загальному випадку розв'язок можливий при $i \geq 2$. Розглянемо найпростіший випадок, прийнявши $i = 2$, та шукає рівняння підтримуючої гравітаційної кривої у вигляді:

$$y(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2. \quad (3.10)$$

Враховуючи що $y'(0) = a_1 = \operatorname{tg} \alpha_0$ тобто $a_1 = \operatorname{tg} 60^\circ = 1.73205$.

Прийmemo, що $a_0 = 0$ оскільки даний коефіцієнт не впливає на форму кривої (до функцій $P(x)$ та $Q(x)$ входять лише похідні функції $y(x)$ в яких відсутній коефіцієнт a_0 , а отже він відсутній і в рівнянні (3.3)).

Знаходження коефіцієнта a_2 при виконанні умови (3.8) під час підстановки всіх знайдених значень в (3.7) в аналітичному вигляді ускладнене. Тож для його знаходження скористуємося наближеним методом розв'язку рівняння (3.3) - методом Рунге-Кутта для задачі Коші з початковою умовою $V_0 = 0,5 \text{ м/с}$ при виконанні умови (3.8). Скориставшись вбудованими можливостями MathCAD розрахували значення a_2 , що складає $a_2 = -3,42643$.

За даних умов довільна постійна $C = -42,61033$.

Таким чином маємо:

- рівняння підтримуючої гравітаційної кривої:

$$y(x) = 1,73205 x - 3,42643 x^2 \quad (3.11)$$

- функціональну залежність швидкості руху зернини від координати x [3]:

$$V(x) = \sqrt{e^{-2 \int P(x) dx} \left(-42,61033 + 2 \int Q(x) e^{2 \int P(x) dx} dx \right)}, \quad (3.12)$$

«де $P(x)$ та $Q(x)$ функції що визначаються:

$$P(x) = \frac{-2 f a_2 + k_0 \sqrt{(1 + (a_1 + 2 a_2 x)^2)^3}}{1 + (a_1 + 2 a_2 x)^2}; \quad (3.13)$$

$$Q(x) = g ((a_1 + 2 a_2 x) - f). \quad (3.14)$$

Для умов, що розглядались, графіки $y(x)$ та $V(x)$ представлено на рис. 3.13.

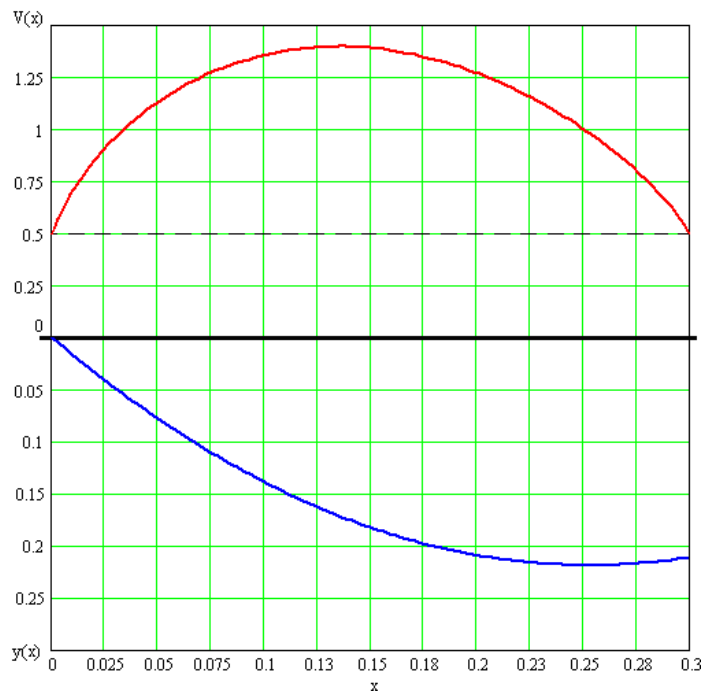


Рис. 3.13. Побудовані за допомогою пневмоканали, зведені графіки підтримуючої гравітаційної кривої $y(x)$ та швидкості $V(x)$ в залежності від x (при $f = 0,42$, $k_0 = 0,15$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, $\alpha_0 = 60^\circ$, $0 \text{ м} \leq x \leq 0,3 \text{ м}$, $V(x = 0) = V(x = 0,3 \text{ м}) = 0,5 \text{ м/с}$).

Розрахунки підтримуючої гравітаційної кривої $y(x)$ та швидкості $V(x)$ в залежності від x були переведена на пневмоканали. Одержано графічне зображення форми напрямної поверхні живильного пристрою, рис. 3.13. Проведені теоретичні дослідження визначили методику розрахунку параметрів підтримуючих гравітаційних кривих руху частинок, що можуть виникати в аналогічних задачах за інших відмінних умов або до визначення» [5].

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Порушення, неправильне використання або конструктивні дефекти машин можуть призводити до створення небезпечних умов праці, що загрожують життю та здоров'ю працівників. Під час очищення насіння соняшнику в зерноочисному відділенні можуть виникати наступні виробничі фактори, які представляють ризик:

Фізичні аспекти:

Все електрообладнання відділення працює від трифазної електричної системи з напругою 380/220 В. У зв'язку з електробезпекою, відділення визнається як приміщення з підвищеною небезпекою через наявність струмопровідної бетонної підлоги та підвищену температуру. Небезпечними ситуаціями щодо електрики також вважаються порушення ізоляції проводів та проведення ремонтних робіт при підключеному електричному струмі. Вимоги ДБН України 3.3.1-8:2010 "Електробезпека. Захист від електричного удару. Загальні вимоги до електроустановок" встановлюють необхідність дотримання стандартів безпеки під час встановлення та експлуатації електрообладнання.

Недостатнє природне та штучне освітлення (менше 150 лк).

Концентрація пилу в приміщенні перевищує допустиму норму в 6 мг/м³. Вимоги ДСТУ 3722:2005 "Пил підприємств. Оцінка викидів в атмосферне повітря" регламентують допустимі рівні викидів пилу у промислових приміщеннях.

Висока кількість шуму (понад 70 Дб) та загальна та локальна вібрація, що виникає внаслідок роботи обладнання, також є проблемами. Вимоги ДСТУ ISO 5349-1:2017 "Вібрація. Оцінка впливу на людину. Частина 1. Загальні вимоги" встановлюють процедури оцінки впливу вібрації на здоров'я працівників та необхідність заходів для мінімізації негативного впливу.

Пожежні ризики включають попадання іскор у сухі насіння, пил та інші горючі матеріали, а також коротке замикання. Вимоги ДБН В.2.5-26:2006 "Будівлі і споруди. Правила пожежної безпеки" встановлюють стандарти щодо пожежної безпеки у промислових приміщеннях та закладах.

Мікроклімат значно впливає на працездатність та увагу людини. Висока температура може призводити до перегріву та загальної слабкості, що знижує продуктивність на 10-15%. Відносна вологість повітря 70-90% також ускладнює працю та знижує продуктивність на третину. Вимоги ДСТУ EN ISO 7730:2006 "Людина і середовище робоче. Аналіз та оцінка теплових умов шляхом визначення індексів комфорту теплового середовища" встановлюють методи оцінки та забезпечення комфортних теплових умов у робочих приміщеннях.

Виробничий шум може негативно впливати на органи слуху та нервову систему, що знижує продуктивність на 5-12% та підвищує ризик виробничого травматизму. Вимоги ДСТУ ISO 9612:2013 "Акустичні умови роботи. Визначення шуму за виробничими та соціальними факторами, пов'язаними з виробництвом" встановлюють методи вимірювання та аналізу шумового середовища на робочих місцях та необхідність дотримання нормативів щодо шуму.

Психофізіологічні аспекти:

Стомлюваність та зниження працездатності протягом зміни є частою проблемою. Робота на підприємстві відповідає II категорії – середньої тяжкості згідно з СН-245-71.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Під час модернізації очисної машини для досягнення продуктивності на рівні 2 тонни на годину при збереженні якості процесу сепарації за довжиною на трієрах, був встановлений варіатор на механізм приводу трієрного блоку. Це дозволяє змінювати обороти механізму та скорочувати час на переналагодження машини під інші культури на 15 хвилин. Під час експлуатації виявлено, що підшипники механізму приводу решіт вимагають змащення кожні 2400 годин при номінальному навантаженні очисної машини. Для вирішення цього питання рекомендується встановити закриті шарикові підшипники типу 60000 за ГОСТ 8338-85, що мають покращений строк служби до 480000 годин.

Аналізуючи результати розрахунків, можна визначити значний позитивний економічний вплив як для виробників, так і для споживачів модернізованих машин. Це підтверджує ефективність конструкторських розробок, що були виконані в рамках дипломного проекту. Висновок зроблений на підставі ретельного аналізу та експертної оцінки переваг нововведень. Рекомендується активно впроваджувати ці розробки в виробництво з метою підвищення ефективності та конкурентоспроможності у ринкових умовах.

Повний розрахунок наведено у додатку А» [67]

					ПК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		61

ВИСНОВКИ

1. Внаслідок виконаних модифікацій аспіраційної системи, продуктивність решітно-повітряного сепаратора зросла до 2.5 тон на годину. Цей покроковий підвищення продуктивності в обробці зерна потенційно може призвести до збільшення виробничих обсягів на 15% протягом найближчого року. Проведений аналіз актів випробувань та досвіду експлуатації на підприємствах регіону показав, що необхідно замінити підшипники кочення на ексцентриковому валу приводу. Додатково було вдосконалено систему для підвищення надійності ексцентриків у решітній частині.

2. На основі аналітичних досліджень розроблено та обґрунтовано параметри шнеку подавального механізму та приводу решіт, що сприятиме скороченню часу налаштування машини на 10 хвилин. Це в свою чергу може призвести до збільшення фактичного часу її роботи на 20% щоденно, що дозволить максимізувати виробничий цикл і зменшити загальні витрати на технічне обслуговування та утримання обладнання.

3. На підставі аналізу потенційних небезпечних та шкідливих чинників, які можуть виникнути під час експлуатації та обслуговування очисної машини, були розроблені правила безпеки та відповідні заходи для їх усунення та поліпшення умов праці. В результаті модернізації, з точки зору охорони праці, очисна машина відповідає усім вимогам щодо захисту працівників від шуму, пилу, вібрацій та нещасних випадків, а також створює сприятливі санітарні умови праці.

4. Економічний вигаш від модернізації оцінюється на рівні 21,633 грн. для кожної очисної машини для виробника та 128,229 грн. для споживача протягом року експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамчук В.В. Концепція перспективи комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна сільськогосподарських підприємствах України [Текст] / В.В. Адамчук, А.Н. Пилуцький, А.С. Заришняк, С.П. Степаненко // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 99. Том 1. – Глеваха, 2014. – С. 40-55.
2. Котов Б.І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 33. – Кіровоград, 2003. – С. 53-59.
3. Котов Б.І. Перспективи розвитку машин та обладнання для пневмовідцентрової сепарації [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. – Дослідницьке, 2006. – Вип.9 (23), кн.1. – С. 239-246
4. Прилуцький А.Н. Інноваційні ресурсощадні процеси сепарування – основа удосконалення повітряно-решітних відцентрово-вібраційних зернових сепараторів [Текст] / А.Н. Прилуцький // Матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та IX Всеукраїнської конференції – семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії. Глеваха, 2014. – С. 244-246.
5. Котов Б.І. Вібропневматичне розділення насіннєвих сумішей [Текст] / Б.І. Котов // Вісник аграрної науки. – 2004. – №5. – С.55-58.
6. Степаненко С.П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі [Текст] / С.П. Степаненко //

- Вісник ХНУСГ. – Харків. – 2008. – Вип. 75, т.1. – С. 59-65.
Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск №5 (104)
7. Абдуєв М.М. Обґрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей [Текст] / М.М. Абдуєв // Автореф. дис...канд.техн.наук. – Харків, 2007. – 21 с. 8. Розробити техніко-технологічні основи вдосконалення сепарації зерна і насіння за комплексом фізико-механічних властивостей. [Текст] Звіт про НДР: У 2 т. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2008. – 156 с.
 8. Котов Б.І. Результати експериментальних досліджень пневмосепарації зерна у пневмовідцентровому сепараторі з удосконаленим експериментальним диском [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя // 36. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету – Вип. 23. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 250 – 257.
 9. Степаненко С.П. Математическая модель движения зерна в коническом аспирационном канале [Текст] / С.П. Степаненко, В.О. Швидя // Механізація та електрифікація сільського господарства: [Загальнодержавний збірник]. – 2015. – Вип.2(101). / [ННЦ «ІМЕСГ»]. – Глеваха, 2015. – С.108-115.
 - 10.Петренко Н.Н. Анализ процесса сепарации зерна на решете в среде пульсирующего воздушного потока [Текст] / Н.Н. Петренко, И.В. Марченко, К.Н. Марченко // Конструювання, виробництво та експлуатація с-г машин. Кіровоград. – 2003. – Вип.33. – С.141-149
 11. Дударев І.М., Ольховський В.О. Моделювання подачі си пневмоканалиого матеріалу на решето сепаратора ножичного типу [Текст] / І.М. Дударев, В.О. Ольховський // Конструювання, виробництво та експлуатація с-г машин. Кропивницький. – 2020. – Вип.50. – С.59-68 Режим доступу: https://zbirniksgm.kntu.kr.ua/archive/50/50_Dudarev.html

12. Котов Б.І. До теорії розділення зерна в повітряному потоці [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя, Ю.Г. Коваль // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 39. – Кіровоград, 2009. – С. 209-214.
13. Giyevskiy A.M., Orobinsky V.I., Tarasenko A.P., Chernyshov A.V., Kurilov, D.O. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2018. Vol. 327. P. 042035.
14. Kugbei S., Avungana M., Hugo W. Seeds Toolkit. Module 2: Seed processing: principles, equipment and practice. The FAO of the UN and AfricaSeeds: Rome, 2018.
15. Vasylykovskiy O., Vasylykovska K., Moroz S., Sviren M., Storozhyk L. The influence of basic parameters of separating conveyor operation on grain cleaning quality. INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. Vol. 57(1). P. 63–70.
16. Basiry M., Esehaghbeygi A. Cleaning and charging of seeds with an electrostatic separator. Applied Engineering in Agriculture. 2012. Vol. 28(1). P. 143–147. DOI: 10.13031/2013.41274
17. Bracacescu C., Gageanu I., Popescu S., Selvi K.C. Researches concerning impurities separation process from mass of cereal seeds using vibrating sieves in air flow currents. Engineering for Rural Development. Jelgava, 2016. P. 364–370.
18. Magalhaes F.G.R., Atman A.P.F., Moreira J.G., Herrmann H.J. Analysis of the velocity field of granular hopper flow. Granular Matter. 2016. Vol. 18(33). DOI: 10.1007/s10035-016-0636-y
19. Balevicius R., Kacianauskas R., Mroz Z., Sielamowicz I. Analysis and DEM simulation of granular material flow patterns in hopper models of different

- shapes. Advanced Powder Technology. 2011. Vol. 22. P. 226–235. DOI: 10.1016/j.appt.2010.12.005
20. Aliev E.B., Bandura V.M., Pryshliak V.M., Yaropud V. M., Trukhanska O.O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, №1. P. 95-104.
21. Aliev Elchin, Pryshliak Viktor, Yaropud Vitaly Research of physical and mechanical properties of oil seed crops. MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 19., № 3. P. 103-108.
22. Andersson J., Krus P., Wallace D. Multi-objective optimization of hydraulic actuation systems. Proceedings of the 2017 ASME Design Automation Conference (DETC'17). 2017. №3. P. 19-28.
23. Pirchio M., Fontanelli M., Frasconi Ch. Autonomous Mower vs. Rotary Mower: Effects on Turf Quality and Weed Control in Tall Fescue Lawn. Agronomy. 2018. Vol. 8, Is. 2. P. 15-24.
24. Алієв Е.Б., Яропуд В.М. Фізико-математичний апарат руху насіння в повітряному потоці. Техніка, енергетика, транспорт А ПНЕВМОКАНАЛИ. 2017. №2. С. 19-23.
25. Бакум М. В., Нікітін С. П., Сергєєва А. В. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. Харків : Харк. держ. техн. ун-т с.- г., 2003. 336 с.
26. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г., Калетнік Г.М., Яременко В.В.. Прикладна механіка: Навчальний посібник. Київ : Аграр. наука, 2016. 816 с.
27. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Яропуд В.М., Захарова Т.Н., Калетнік Г.М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. Вібрації в техніці та технологіях. 2014. Вип. 1, 73. С. 25-33.

- 36.Сивак І.О., Деревенько І.А., Островський А.Й. Практикум з механіки матеріалів і конструкцій : навчальний посібник.. Вінниця : ВНАУ, 2011. 144 с.
- 37.Сивак Р.І., Деревенько І.А. Короткий курс теоретичної механіки. Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. 200 с.
- 38.Солона О. В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування : Навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2019. 249 с.
- 39.Солона О.В. Статика взаємодії абсолютно твердих тіл із сипучим середовищем. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. №3. С. 105-116
40. Солона О.В., Березовий М.Г., Черниш О.М. Алгоритми кінематичного і силового аналізу важільних механізмів з гідроприводом. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. №11. С. 383-387.
- 41.Солона О.В., Купчук І.М. Практикум з Теорії механізмів і машин : навчальний посібник. Вінниця : Друк, 2020. 250 с.
42. Спирін А.В., Котов Б.І., Зозуляк О.В. Моделювання та ідентифікація процесу сепарації дрібного вороху вібраційно-повітряними очистками зернозбирального комбайну. Техніка, енергетика, транспорт пневмоканали. 2016. №4. С. 42-45.
43. Анішин С. Як підготуватися до збирання озимої пшениця / С. Анішин // Пропозиція. - 2008. - № 5. - С. 54-56.
44. Бикін А.В. Вплив водорозчинних комплексних добрив на продуктивність пшениця озимої в умовах Лівобережного Лісостепу / А. В. Бикін, Н. М. Зінченко // Вісник аграрної науки. - 2012. - № 3. - С. 9-12.
45. Бондаренко В. М. Удосконалення технології вирощування пшениця ярого в умовах зрошення Півдня України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / В. М. Бондаренко ; Херсон. держ. аграр. ун-т. - 2003. - 16 с.
46. Гусєв М. Г. Агроекологічна оцінка режимів зрошення пшениця ярого при вирощуванні в умовах південного Степу України / М. Г. Гусєв //

Таврійський науковий вісник : зб. наук. пр. - Херсон : Айлант, 2008. - Вип. 57. - С. 102-110.

47. Джура Ю. Пшениця озимий : вирощуємо без форс-мажорів / Ю. Джура // Пропозиція. - 2012. - № 7. - С. 52-55.

48. Дишлюк С. М. Економічні аспекти виробництва пшеницяю як стратегічної культури енергетичного сектору Росії та України / С. М. Дишлюк // Актуальні проблеми економіки. - 2008. - № 9. - С. 49-58

49. Кирпа М. Пшениця : особливості обробки та збереження врожаю / М. Кирпа // Пропозиція. - 2010. - № 8. - С. 70-73.

50. Ковальчук Г. М. Пшениця озимий - цінна олійна і кормова культура / Г. М. Ковальчук. - К. : Урожай, 1987. - 106 с.

51. Кушнір І. В. Перспективи виробництва та переробки пшеницяю в Україні / І. В. Кушнір // Економіка А ПНЕВМОКАНАЛИ. - 2006. - № 11. - С. 27-30

52. Лаба Ю. Захист сходів пшеницяю озимої / Ю. Лаба // Пропозиція. - 2012. - № 7. - С. 68-70.

53. Лазаревич А.Н. Ефективність використання пшеницяю на зелений корм у раціонах молочної худоби / А. Н. Лазаревич // Економіка А ПНЕВМОКАНАЛИ. - 2012. - № 9. - С. 15-18.

54. Листопад В. Український пшениця зможе задовольнити апетити Європи. Але з якою вигодою? / В. Листопад // Пропозиція. - 2008. - № 9. - С. 46-49.

55. Лихочвар В. Особливості технології вирощування пшеницяю / В. Лихочвар // Пропозиція. - 2008. - № 7. - С. 90-92.

56. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання МТП в рослинництві.- К.: Вища школа, 1995.

57. Киркач Н. Ф., Баласанян Р.А., Расчет и проектирование деталей машин.- Харьков: «основа», 1991.

58. Сисолін П.В., Сало В.М., Петренко М.М. Сільськогосподарські машини:теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 3.-К.: Урожай, 2008.
59. Царенко М.О.,Войтюк Д.Г. і ін. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів.- Київ.: «Мета»,2003.
60. Заяц Ю.А. Совершенствование технологических процессов перерабатывающей пром-сти. К.; Урожай. - 1991.
61. Зберігання і переробка продукції рослинництва/Г.І. Подпряттов, Л.Ф.Скалецька, А.М. Сеньков та ін. - К.: Мета, 2002.
62. Камінський В.Д., Бабіч М.Б. Переробка та зберігання с.г. продукції. Навч. пос.для вузлів. - Одеса: Аспект. - 2000.
63. Комарістов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай. - 1990.
64. Скалецька Л.Ф., Духовська Т.М., Сеньков А.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. - Практикум. - К.: Вища шк., 1994.
65. Пшениця. / За ред. В.Д. Гайдаша. — Івано-Франківськ: Сіверсія ЛТД, 1998. — 224 с.
66. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. - Львів « Афіша», 1999.
67. Лесенко Г.В. Техніка безпеки на механізованих роботах.-К: Урожай, 1978.

Зміст

стор.

1. Вступ
2. Технологічна частина
3. Наукова частина
4. Охорона праці
5. Економічна частина
6. Висновки
7. Список використаної літератури
8. Додатки

					ПК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		71

ДОДАТКИ

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2024 року

Графічна частина

дипломної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему «Механізація переробки насіння соняшнику з удосконаленням
очисної машини»

на _____ аркушах формату А1 (змаштабованих на аркушах формату А4)

Здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу, групи АІ-23МЗ
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ В.М. Легостаєв

Керівник _____ Д.В. Богатирьов

Нормоконтроль _____ Ю.В. Мачок

Кропивницький 2024

[illegible]

на тему.

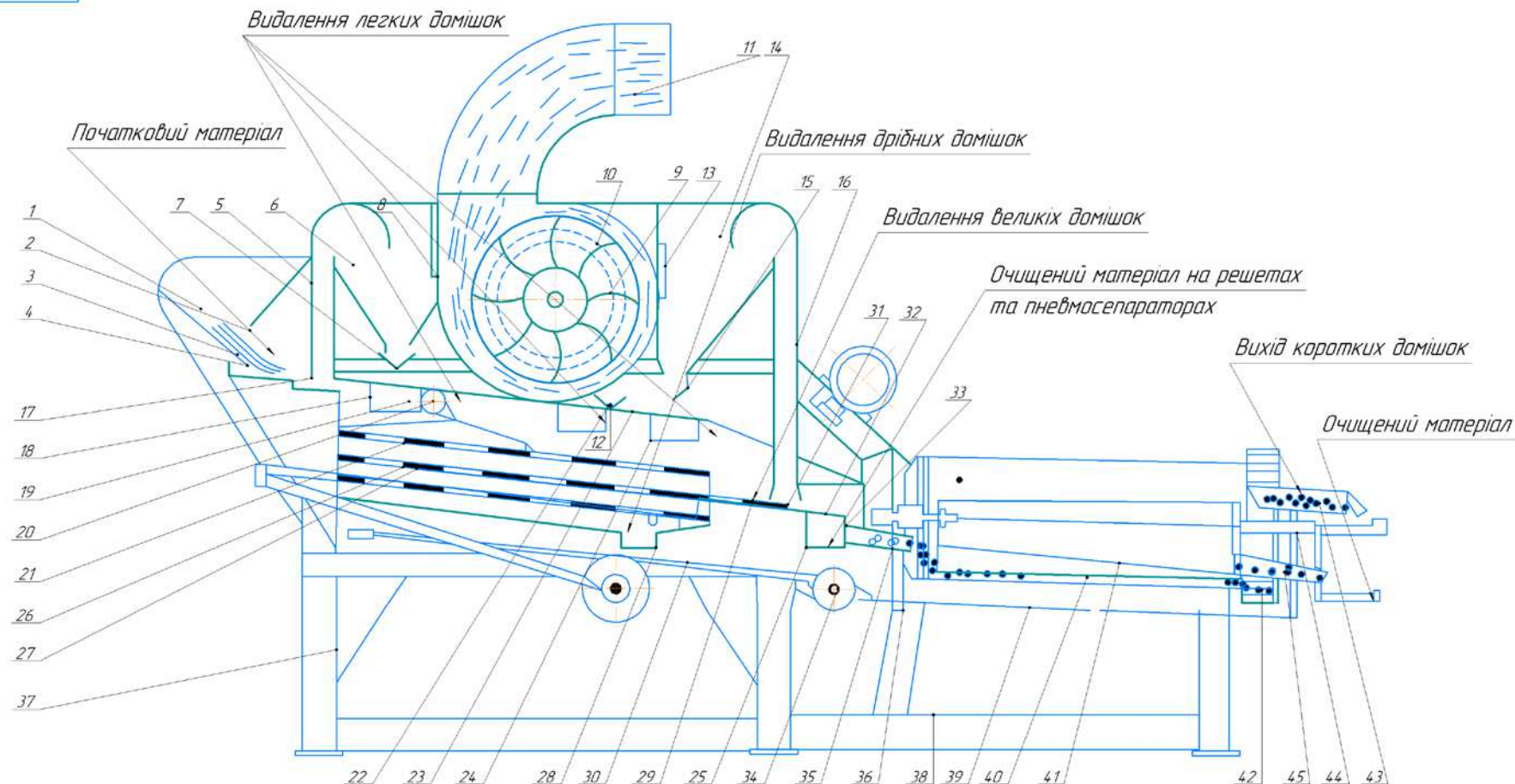
Механізація переробки насіння соняшнику з удосконаленням очисної машини

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи АІ-23МЗ
спеціальності 208 “Агроінженерія”

Лєгостаєв Віктор Михайлович

Функціональна схема повітряної системи	Позиції	Основні переваги та недоліки	Аналогічні схеми
ОБС-25 1 – приймальна камера, 2 – ПК, 3 – повітропровід, 4 – регульовальна заслінка, 5 – вентилятор, 6 – оса-дова камера, 7 – пилословловач. → Чисте повітря → Зерновий матеріал → Повітряний потік з домішками → Легкі домішки → Повітряний потік з пилом	1 – приймальна камера, 2 – ПК, 3 – повітропровід, 4 – регульовальна заслінка, 5 – вентилятор, 6 – оса-дова камера, 7 – пилословловач.	Переваги: - має два ПК, що обробляють матеріал паралельно до решіт за рахунок чого підвищена продуктивність пневмосистеми Недоліки: - складність регулювання пневмосистеми, так як збільшення опору в одному ПК призводить до різкого збільшення швидкості в другому, - суттєво знижується продуктивність пневмосистеми при обробці більш вологої та засміченої зернової маси.	ЗМП-50 [64], K-527A10 «Petkus» (Німеччина) [17], SM-120 «Camas», C800D «Ab Line Machinery» (Швеція) [10], Hance 100, Hance 36 «iW Hance Manufacture-ring Cl» [40], Clipper Super X297D, Super X29-X «A.T. Ferrell and Co» (США) [12], [55]
«Petkus» 1 – живильник, 2 – ПК, 3 – напрямник повітряного потоку, 4 – приймач очищеного зерна, 5 – приймач пошкодженого зерна, 6 – приймач фуражного зерна, 7 – вентилятор, 8 – приймач дрібних домішок. → Повшкоджене зерно → Легкі домішки → Частково пошкоджене зерно → Фуражна фракція → Повітряний потік	1 – живильник, 2 – ПК, 3 – напрямник повітряного потоку, 4 – приймач очищеного зерна, 5 – приймач пошкодженого зерна, 6 – приймач фуражного зерна, 7 – вентилятор, 8 – приймач дрібних домішок.	Переваги: - інтенсифіковано введення матеріалу в ПК, - конструкція нижньої частини каналу забезпечує дворазове продування матеріалу, - машина має замкнену схему циркуляції повітряного потоку. Недоліки: - складність в переналаштуванні на очистку різних культур, - висока енерго- та мета-ємність при низькій повноті розділення (50%).	Модифікації машин фірми «Petkus» K-523 – додатково встановлені стержні для розпушення матеріалу в зоні введення [17, 51]
Скальператор 34x60 «Carter Day» 1 – забортжувальний бункер, 2 – живильний валець, 3 – регулятор витрат повітря, 4 – осадова камера, 5 – шнек легких відходів, 6 – ПК, 7 – приймач очищеного зерна, 8 – приймач крупних домішок, 9, 10 – вітер, 11 – циліндрична решета. → Зерновий матеріал → Крупні домішки → Повітря з легкими домішками → Легкі домішки → Очищене повітря	1 – забортжувальний бункер, 2 – живильний валець, 3 – регулятор витрат повітря, 4 – осадова камера, 5 – шнек легких відходів, 6 – ПК, 7 – приймач очищеного зерна, 8 – приймач крупних домішок, 9, 10 – вітер, 11 – циліндрична решета.	Переваги: - матеріал, що потрапляє на обробку повітряним потоком попередньо очищається від крупних домішок циліндричними решетами, - за рахунок живильного вальця матеріал більш рівномірно потрапляє на очистку. Недоліки: - значне заповнення робочої зони, - обмеження продуктивності через необхідність забезпечення руху зернового матеріалу по циліндричному решеті в один шар, - складність регулювання продуктивності та ефекту очищення.	Скальпера-тори різних фірм «Carter» (США) [154], «Shule» (Німеччина), «AB Linde Maskinger» (Швеція), «Heide» (Австрія), «Cimbria» (Данія), «Cheros» (Чехія) і ін. [152]
Пневмосепаратор А1-БДЗ-6 1 – пристрій введення зерна, 2 – ПК, 3 – приймально-розподільчий пристрій, 4 – приймальний патрубок, 5 – вентилятор, 6 – дросельна заслінка, 7 – осадова камера, 8 – повітровідвідний канал, 9, 10 – пристрій виведення відходів та чистого зерна. → Зерновий матеріал → Повітряний потік	1 – пристрій введення зерна, 2 – ПК, 3 – приймально-розподільчий пристрій, 4 – приймальний патрубок, 5 – вентилятор, 6 – дросельна заслінка, 7 – осадова камера, 8 – повітровідвідний канал, 9, 10 – пристрій виведення відходів та чистого зерна.	Переваги: - використання замкненого повітряного потоку та діаметрального вентилятора, - дворазове продування матеріалу в зоні введення та в нижній частині каналу, - значно знижена металомісткість – в 1,3-1,6 разів та енергоємність – в 2 рази в порівнянні з звичайними пневмосепараторами. Недоліки: - пристрій введення зернового матеріалу такого типу не здатний забезпечити рівномірної подачі матеріалу.	A1-БДЗ-12, СП-5 (Російська Федерація), пневмосепаратори фірм «Carter» (США) [17], «Simon» (Англія) [117] та ін.

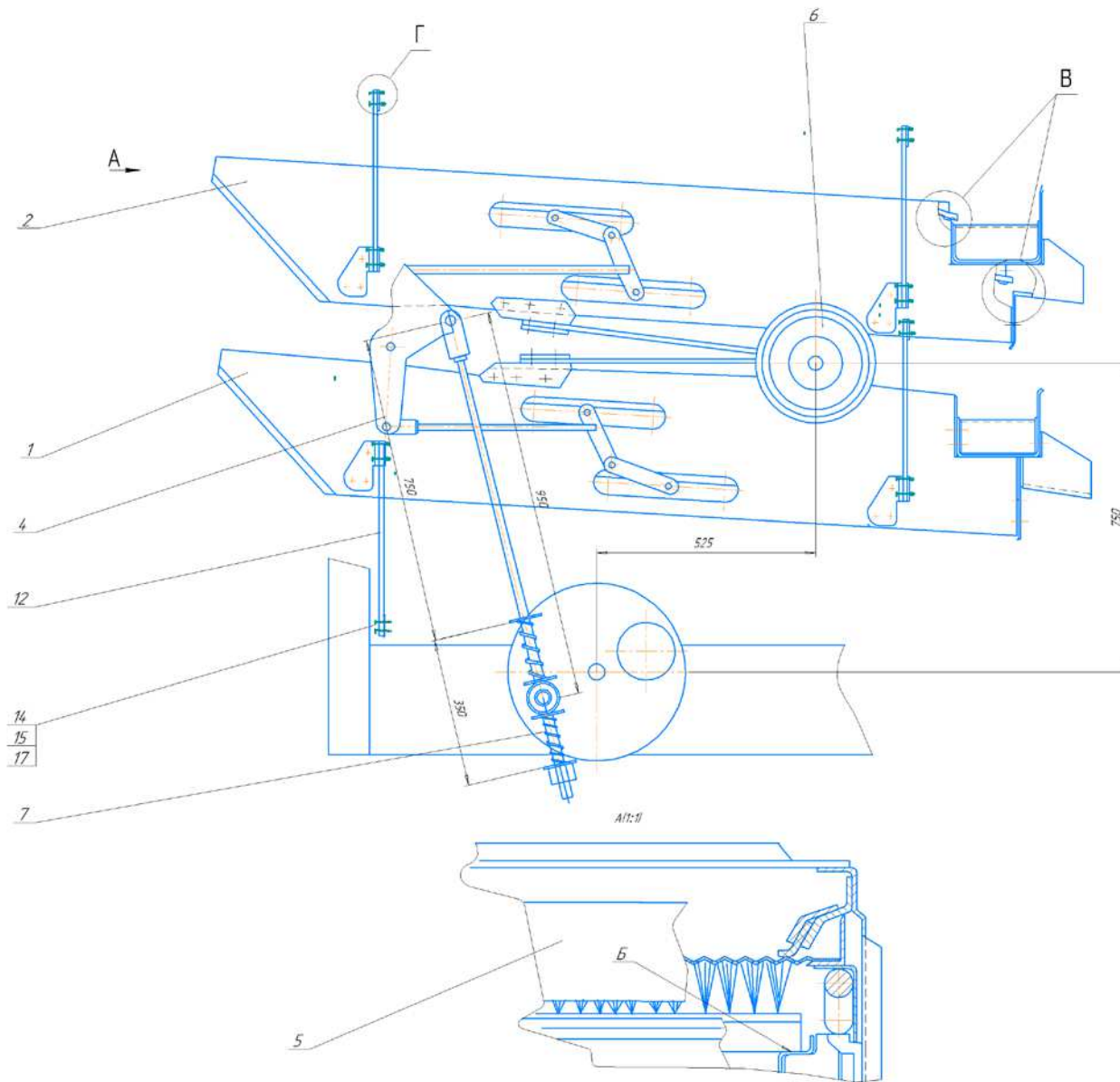
ПСА 00.001 НЧ			
Аналіз			
пневматичний каналів			
-			
ЦНТУ, гр. А123М3			



- 1 – забатжувальний ківш,
2 – багатоструменевий живильник,
3 – живильний бал,
4, 8, 13 – заслінки,
5, 16 – аспіраційні канали,
6, 14 – осадкові камери,
7, 12, 15 – клапани випуски,
9 – вентилятор,
10 – сітчастий дорабан,
11 – вихідний патрубок вентилятора,
17, 31 – сітки аспіраційних каналів,
18, 22, 24, 25, 28, 32, 35 – жолоби подачі відходів і зерна,
19 – решітний стан,
20, 23, 26, 29 – решета,
21 – ударник,

- 27 – щітки,
30 – привод щіток,
33 – кришка подачі зерна в трієри,
34 – вал приводу решітного стану,
36 – пружинна стійка решітного стану,
37 – рама легко решітної частини,
38 – рама трієра,
39 – шатун жолоба трієра,
40 – циліндр трієра,
41 – жолоб трієра,
42 – черпакове колеса,
43 – лоток чистого зерна,
44 – важіль установки жолоба,
45 – лоток відходів

ПСА 00.002 С2				Лист		Листів	
Функціональна схема				Лист		Листів	
–				Лист		Листів	
–				Лист		Листів	



B1:1

G1:1

A1:1

1. Поверхню Б застосувати тонкий шарм солідолу ГОСТ 1033-79 або ГОСТ 4366-76.
2. Касети зі щітками повинні встановлюватися при нижньому положенні падаючої.
3. Механізм очищення решіт поз. 4 повинні працювати вільно, без задилок.
4. *Розміри для ввідок.

				ПСА 00.010 СБ			
Рис. лист	№ докум.	Листів	Всього	Решітна частина			
Розроб.	Перевірив	Листів	Всього				
Лист	Всього	Листів	Всього	-			
Інженер	Провер.			ЦНТУ, гр. АІ23М3			
Мод.	Модифікація			Категорія			

Категорія

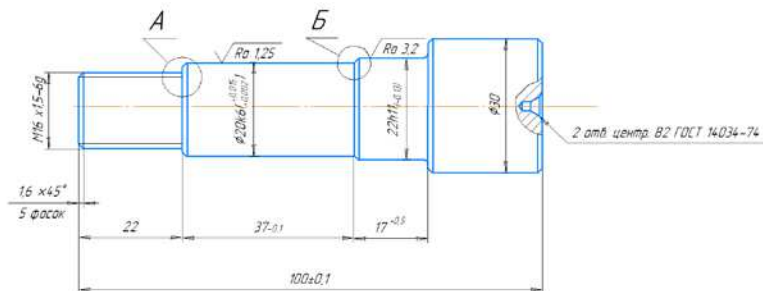
Формат А3

[illegible]



ПСА 01.002.608

Ra 6.3 (✓)

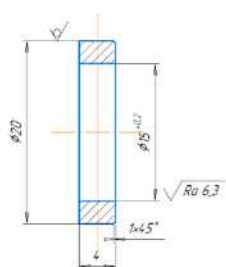


- 1 Твердість 241,285 нВ
- 2 Тріщини розширювання металу, що з'явилися не допускаються
- 3 Невказані з'явлені відхилення розмірів отворів - H14/k6 до - H14, нш - +IT14/2.
- 4 * Розміри для довідок.

ПСА 01.002.608			
Напівдвись			
Матеріал	М. Висота	Матеріал	Матеріал
Сталь	45	Сталь	45
Група	Б	Група	Б
35 ГОСТ 103-81			
Хруст (сталь) 45 ГОСТ 103-81			
ЦНТУ, гр. А123113			

ПСА 02.010.606

Ra 2.5 (✓)

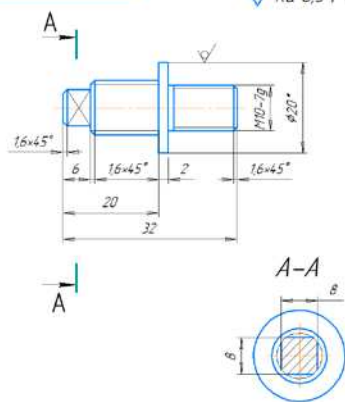


- 1 Невказані з'явлені відхилення розмірів ±IT14/2.
- 2 Гострі кромки притупити.
- 3 * Розмір для довідок.

ПСА 02.010.606			
Шайба			
Матеріал	М. Висота	Матеріал	Матеріал
Сталь	45	Сталь	45
Група	Б	Група	Б
20 ГОСТ 1417-75			
Хруст (сталь) 45 ГОСТ 1417-75			
ЦНТУ, гр. А123113			

ПСА 02.010.605

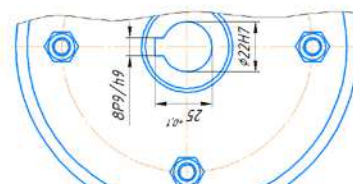
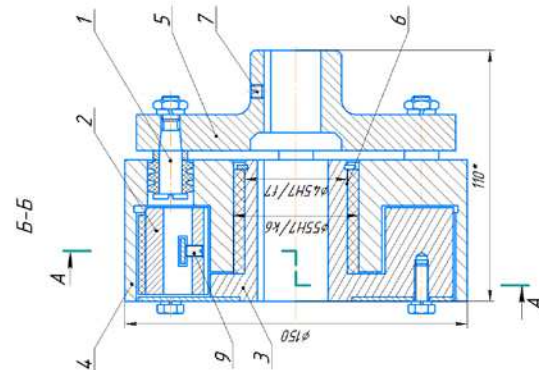
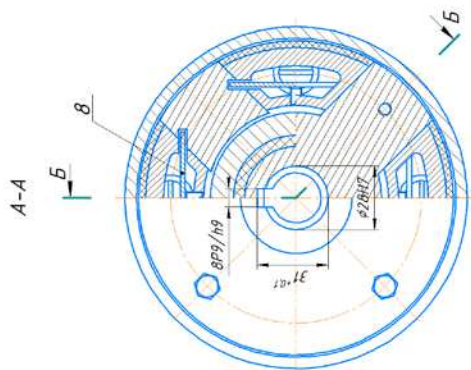
Ra 6.3 (✓)



- 1 Невказані з'явлені відхилення розмірів ±IT14/2.
- 2 * Розмір для довідок.

ПСА 02.010.605			
Шпилька			
Матеріал	М. Висота	Матеріал	Матеріал
Сталь	45	Сталь	45
Група	Б	Група	Б
20 ГОСТ 1417-75			
Хруст (сталь) 45 ГОСТ 1417-75			
ЦНТУ, гр. А123113			

ПСА 00.030.070.65



- 1 З'явлені підтерки муфти фторидати червона емалля
- 2 Під час складання, попередньо змастити колодки поз. 2 з пружиною поз. 8, відрегулювати гвинтом поз. 9 та дистанцією хрестовину поз. 3
- 3 У складаному вигляді, хрестовина поз. 2 повинна вільно обертатись в кардані поз. 4.
- 4 * Розміри для довідок.

Технічна характеристика

1. Передавальний момент, Нм -36,9
2. Номінальна частота обертання, хв⁻¹ -1430
3. Частота обертання на ступінь, хв⁻¹ -1001

ПСА 00.030.070.65			
Муфта відцентрова			
Матеріал	М. Висота	Матеріал	Матеріал
Сталь	45	Сталь	45
Група	Б	Група	Б
20 ГОСТ 1417-75			
Хруст (сталь) 45 ГОСТ 1417-75			
ЦНТУ, гр. А123113			