

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка до *кваліфікаційної роботи*
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Розробка конструкції фракційного пневмосепаратора насіння»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 133 Галузеве машинобудування
ступеня вищої освіти «магістр» групи 1
Білик Ю.С.

Керівник: Костенко О.М.

Рецензент: Бурлака О.А.

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Актуальність теми. Збільшення збору зерна і виробництва високоякісних кормів для тваринництва є найважливішим завданням агропромислового комплексу. Одним з напрямків вирішення даної задачі є підвищення якості насіння, яке багато в чому визначається застосуванням високоефективних технологій і технічних засобів для післязбиральної обробки.

При цьому з метою зниження приведених витрат на підготовку насіння машини й устаткування технологічних ліній підбирають і розміщують таким чином, щоб необхідну якість отримувати за один пропуск.

Для очищення насіння різних культур, в тому числі трав, овочевих, квіткових і лікарських рослин випускається універсальний пневмосепаратор СП-2У-ОК. Основний недолік сепаратора полягає у відсутності можливості ділити насіннєвий матеріал за один пропуск на фракції, які відповідають за чистоту категорії не нижче елітного насіння (ЕН) і репродуктивного насіння товарного призначення (РНт), що при дворазовій обробці збільшує приведені витрати.

При теоретичному дослідженні процесу пневмосепарації більшість вчених приймають повітряний потік рівномірним у всій зоні взаємодії з частинкою, що призводить до істотної похибки при розрахунках. Врахування нерівномірності поля швидкостей повітряного потоку в зоні сепарації дозволить більш точно розраховувати траєкторії руху компонентів очищувального матеріалу і визначити конструктивні та режимні параметри пневмосепарувального пристрою.

Мета роботи – зниження приведених витрат на очищення насіння зернових культур і трав повітряним потоком.

Для досягнення даної мети визначені наступні технічні **завдання** дослідження:

- розробити конструктивно-технологічну схему фракційного пневмосепаратора насіння;

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- теоретично розрахувати траєкторії руху компонентів зернового матеріалу в вертикальному пневмосепарувальному каналі, його відводі і розділювальній камері з урахуванням нерівномірності повітряного потоку та обґрунтувати основні параметри розділювальної камери;

- вивчити процес функціонування вертикального пневмосепарувального каналу з опорною сіткою і суцільною розділювальною перегородкою, розділювальної камери з двома секціями та поворотним клапаном інерційного жалюзійно-протиточного Г-подібного пиловловлювача, вмонтованого в осадову камеру і обґрунтувати їх основні конструктивні параметри;

- розрахувати економічний ефект застосування пропонованого фракційного пневмосепаратора.

Об'єкт розробки - процес очищення насіння зернових культур і трав повітряним потоком.

Предмет розробки – конструктивні та режимні параметри вертикального пневмосепарувального каналу та інерційний жалюзійно-протиточний пиловловлювач.

Методи досліджень – експериментально-теоретичний метод, метод кінцевих елементів, методи математичної статистики і теорії планування багатофакторного експерименту із застосуванням ЕОМ.

Наукова новизна дослідження полягає у особливості технологічного процесу пневмосепаратора, який містить вертикальний ПСК з опорною сіткою та суцільною розділювальною перегородкою, послідовно з'єднаних з ним розділову камеру, інерційний жалюзійно-протиточний Г-подібний пиловловлювач, осадову камеру та діаметральний вентилятор з дросельною заслінкою, який працює на всмоктування, пристрій вводу матеріалу та виводу його фракцій.

Новизна теоретичного дослідження полягає в тому, що розрахунок траєкторії руху частинок компонентів зернового матеріалу в ПСК та його відводі виконаний з урахуванням нерівномірності полів швидкостей

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

повітряного потоку у вздовж-вертикальній площині, які описані аналітичними залежностями.

Запропоновані технічні рішення підвищують ефективність очищення насіння і зменшують габаритні розміри пневмосепаратора.

На захист виносяться такі питання:

- конструктивно-технологічна схема фракційного пневмосепаратора насіння;
- аналітичні залежності для розрахунку траєкторії руху частинок компонентів зернового матеріалу в ПСК, його відводі та розділювальній камері в нерівномірному повітряному потоці;
- результати економічної оцінки застосування запропонованого фракційного пневмосепаратора.

Публікації:

1. Білик Ю.С., Костенко О.М., Дрожжана О.У. Обґрунтування схеми та робочий процес фракційного пневмосепаратора: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції *Інноваційні аспекти систем безпеки праці, цивільного захисту та захисту інтелектуальної власності* (Полтава, 23-24 березня 2023 року), Полтава, ПДАУ: 2023. С.177-179.

2. Костенко О.М., Дрожжана О.У., Білик Ю.С. Дослідження траєкторії руху частинок компонентів суміші в розділовій камері: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції *Нові технології і обладнання харчових та переробних виробництв* (Полтава, 19-20 квітня 2023 року) Полтава: ПДАУ, 2023. С. 124-127.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

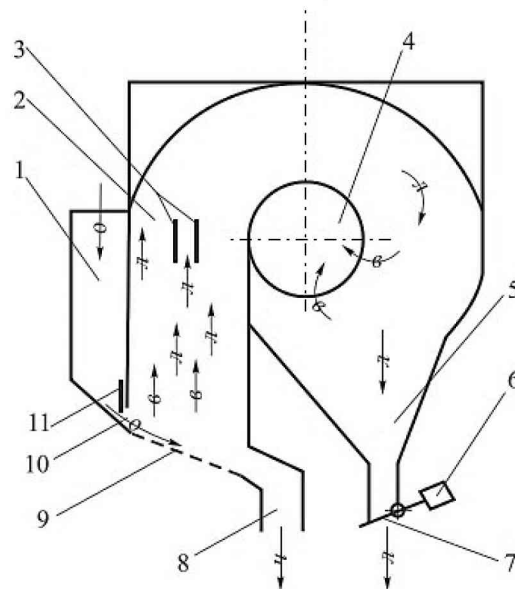
1.1 Аналіз пневмосепараторів насіння і їх робочих органів

Пневмосепаратор застосовуються в основному на кінцевій стадії очищення насіння, коли в насінному матеріалі залишаються важковідокремлювані домішки. Тому до якості виконання технологічного процесу і робочих органів пневмосепараторів пред'являються особливі вимоги. Випускаються пневмосепаратори різної продуктивності (від 0,5 до 30 т/год. і більше) і призначення (для очищення зернових, зернобобових, олійних, кормових та ін. культур). По конструкції і технологічному процесу пневмосепаратори мають велику різноманітність. За способом підведення повітряного потоку в ПСК пневмосепаратори бувають з нагнітальним, зі всмоктуючим і нагнітально-всмоктуючим потоком, за типом джерела повітряного потоку – з радіальним і діаметральним вентиляторами, по напрямленню руху повітряного потоку в зоні сепарації – з вертикальним, похилим і горизонтальним потоком, по типу пристрою введення матеріалу в зону сепарації – з пасивним і активним пристроєм, за типом пристрою для очищення відпрацьованого повітря – з пиловловлювачем гравітаційного, інерційного, фільтраційного типу [14, 19].

Пневмосортувальні машини ПСМ-0,5, ПСМ-2,5, ПСМ-5, ПСМ-10, ПСМ-25 продуктивністю від 0,5 до 25 т/год. призначені для очищення і сортування насіння зернових, зернобобових, круп'яних культур, соняшнику від щуплого і дробленого зерна, насіння інших культур і бур'янів [3, 5, 15, 19]. Машина типу ПСМ (рис. 1.1) складається з приймального бункера 1 з заслінкою 11, пневмосепарувального каналу (ПСК) 2 з опорної сіткою 9, вирівнюючими перегородками 3, вхідним вікном 10, радіального вентилятора 4, осадової камери 5, пристроїв 7 і 8 виведення легких домішок і чистого зерна.

Машина забезпечує високу ефективність очищення за рахунок великої глибини каналу (0,45 м і більше), опорної сітки, що збільшують час взаємодії

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$\phi \rightarrow$ - оброблюваний матеріал; $\lambda \rightarrow$ - легкі домішки;
 $\gamma \rightarrow$ - чисте зерно

1 – бункер приймальний; 2 – канал пневмосепарувальний; 3 – перегородки вирівнюючі; 4 – вентилятор радіальний; 5 – осадова камера; 6 – важки клапана; 7 – клапан; 8 – вивантажувальний пристрій чистого зерна; 9 – сітка опорна; 10 – вхідне вікно; 11 – заслінка регулювання подачі матеріалу

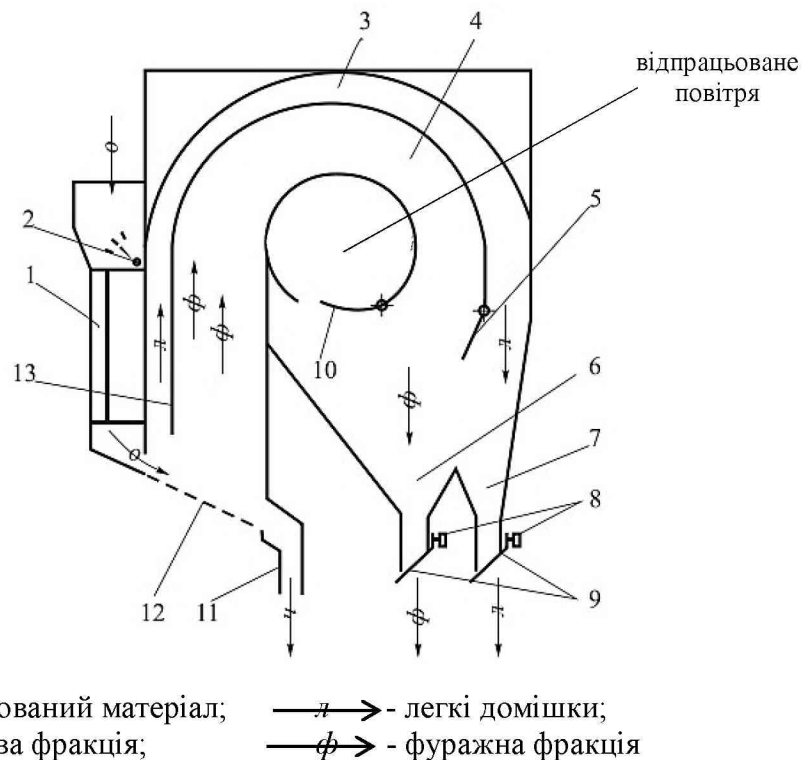
Рисунок 1.1 – Технологічна схема насіннеочисних машин типу ПСМ

повітряного потоку з матеріалом, і перегородок 3, що вирівнюють повітряний потік по глибині каналу.

До недоліків конструкції сепаратора можна віднести пасивний пристрій введення, що утруднює стабільну і рівномірну подачу матеріалу, що повільно рухається, застосування для очищення відпрацьованого повітря осадкової камери гравітаційного типу, що призводить до швидкого забивання тканинного фільтра і необхідності частого його обслуговування. Крім того, радіальний вентилятор створює нерівномірний потік повітря по ширині пневмосистеми. Недолік технологічного процесу машин типу ПСМ полягає в поділі матеріалу тільки на дві фракції - чисте зерно і відхід.

Зерноочищувана машина СМВО-10Б призначена для вторинного і остаточного очищення насіння повітряним потоком [19].

На насінневому режимі має продуктивність до 10 т/год. Складається з приймального бункера 1 (рис.1.2) з дозуючим пристроєм 2, двох пневмосепаруючих каналів 3 і 4, що мають загальну суміжну стіну 12 і опорну сітку 11, двох осадових камер 6 і 7, вивантажувальних пристроїв 9 і 11 фуражної фракції, відходу (легких домішок) і чистого зерна (насіння), регулювальних заслінок 5 і 10.



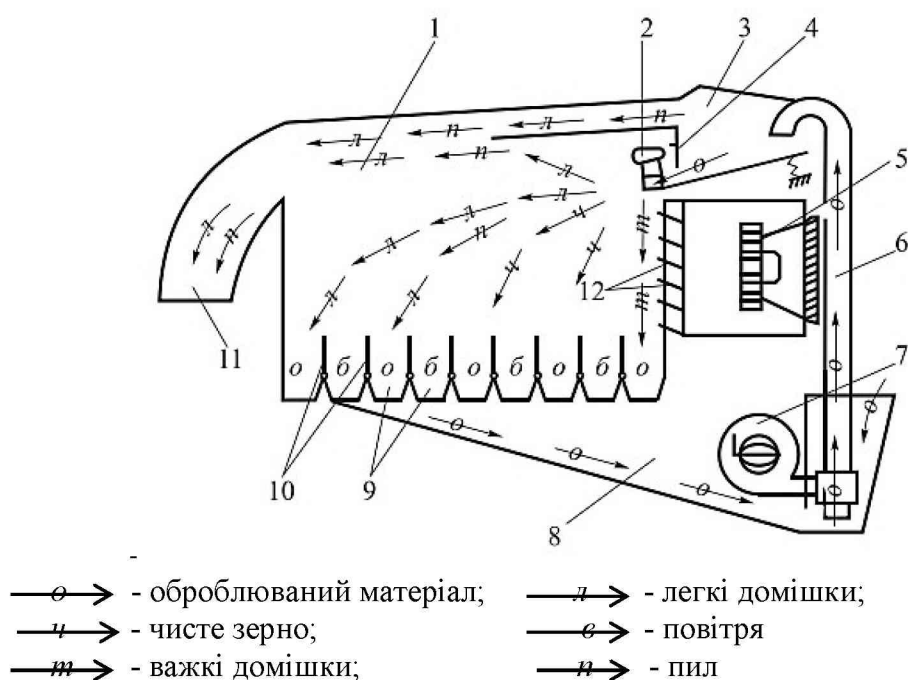
1 – приймальний бункер; 2 – дозуючий пристрій; 3, 4 – пневмосепарувальний канали; 5, 10 – регулювальні заслінки; 6, 7 – осадові камери; 8 – важки клапанів; 9 – вивантажувальні пристрої фуражної фракції і легких домішок; 11 – вивантажувальний пристрій насінневої фракції; 12 – підтримуюча сітка; 13 – суміжна стіна

Рисунок 1.2 – Технологічна схема машини СМВО-10

Відмінною особливістю технологічного процесу даної машини є те, що перший по ходу матеріалу ПСК 3 виділяє легкі домішки, а другий ПСК 4 - фуражну фракцію, які транспортуються відповідно в осадові камери 7 і 6. Для створення повітряного потоку в пневмосистемі застосовується радіальний

вентилятор. Очищення відпрацьованого повітря здійснюється в розташованому зовні машини тканинному фільтрі. Недоліки конструкції машини СМВО-10Б схожі з недоліками машин типу ПСМ.

Сепаратор аеродинамічний САД-10 (рис.1.3) призначений для сортування і очищення зерна і насіння за аеродинамічними властивостями [3, 5, 15, 19]. Продуктивність при очищенні насіння 5 т/год., продовольчого зерна - 10 т / год. Ефективно працює практично на всіх видах культур - дрібнонасіневих, олійних, зернових, зернобобових, круп'яних. Сепаратор містить бункер-живильник 3 з заслінкою 4 і вібрлотки 2, пневмотранспортер, що складається з відцентрового вентилятора 7 високого тиску і пневмотранспортного каналу 6, струменевий генератор 5 з регульованими соплами 12, камеру сепарації 1, збірники фракцій 9 з поворотними шторками 10, бункер повернення 8, відвід відпрацьованого повітря 11.



1 – камера сепарації; 2 – вібрлоток; 3 – бункер-живильник;
 4 – заслінка; 5 – струменевий генератор; 6 – пневмотранспортний канал;
 7 – вентилятор високого тиску; 8 – бункер повернення; 9 – збірники фракцій
 (о – вихідних, б – зворотних); 10 – поворотні шторки; 11 – відведення
 відпрацьованого повітря; 12 – сопла струминного генератора

Рисунок 1.3 – Технологічна схема сепаратора САД-10

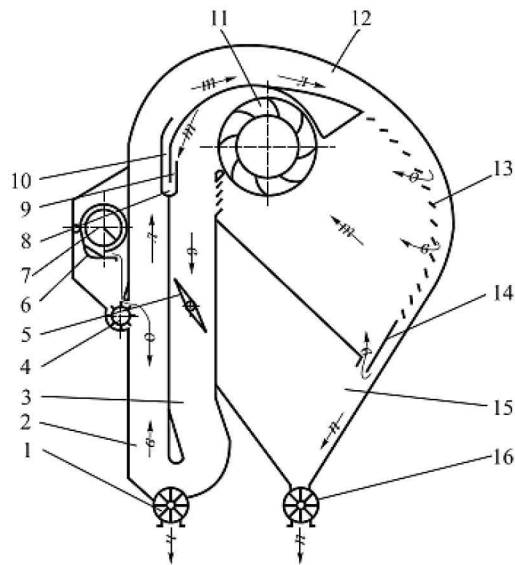
					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк. 11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висока якість поділу очищеного матеріалу досягається за рахунок силового впливу струменями повітряного потоку на кожен частку завдяки тонкошаровій подачі за допомогою віброток і камери сепарації великої довжини, а також повторної обробки проміжних фракцій матеріалу, що надходять з бункера повернення 8 в пневмотранспортер. До недоліків сепаратора можна віднести великі габаритні розміри, висока питома витрата енергії, відсутність пиловловлюючого пристрої і складність технологічної настройки.

Пневмосепаратор ПС-15 (рис.1.4) призначений для очищення насінневого і продовольчого зерна від важковідокремлюваних домішок за аеродинамічними властивостями [9,14,]. Продуктивність пневмосепаратора при вторинному очищенні насіння досягає 15 т/год. Встановлюється на кінцевій операції технологічного процесу після повітряно-решітних і трієрних машин. Пневмосепаратор ПС-15 має в своєму складі приймально-завантажувальний пристрій, пневмосепарувальний, повітропідвідний і повітровідвідний канали, діаметральний вентилятор, інерційний жалюзійно-протиточний пиловловлювач, осадову камеру, пристрої виведення домішок і очищеного зерна.

Особливістю конструкції сепаратора є замкнутий цикл повітряного потоку, що знижує енергоємність процесу сепарації, зменшує запиленість повітря в робочій зоні та повітрообмін в приміщенні. Для очищення повітря, що циркулює в пневмосистемі, передбачені три пристрої: пилоосадова камера 15, інерційний жалюзійно-протиточний пиловловлювач, що містить послідовно працюючі жалюзійний 13 і протиточний 14 очисники, та пиловловлюючий пристрій, розташований в нагнітальному патрубку вентилятора і складається з перепускного вікна 8 і каналу 10 часткового відводу запиленого повітря. Діаметральний вентилятор 11 створює рівномірний потік повітря по всій ширині пневмосистеми (1,4 м). Пристрій введення виконано у вигляді рифленого живильного валика 4 з верхньою подачею, що забезпечує стабільну і рівномірну по поперечному перерізу пневмосепарувального каналу 2 подачу матеріалу. ПСК 2 виконаний вертикальним з розвиненими верхньою і нижньою

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$\rightarrow \text{о}$ - оброблюваний матеріал; $\rightarrow \text{л}$ - легкі домішки;
 $\rightarrow \text{ч}$ - очищений матеріал; $\rightarrow \text{в}$ - повітря;
 $\rightarrow \text{т}$ - важкоосаджувальні домішки; $\rightarrow \text{п}$ - осаджувальні домішки

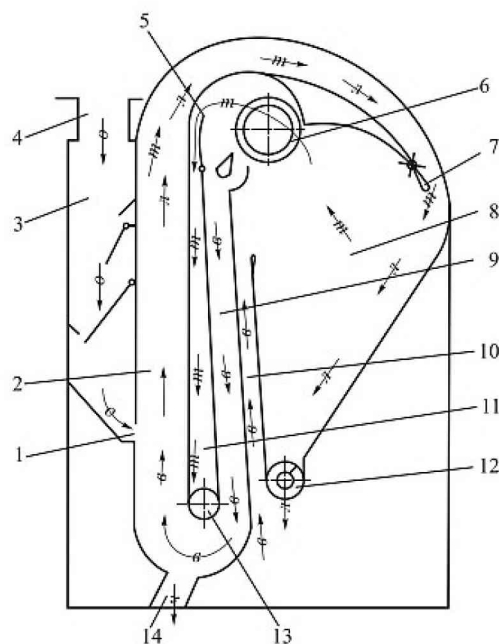
1, 16 – шлюзові затвори; 2, 3, 12 – пневмосепарувальний, повітропідвідний, повітровідвідний канали; 4 – живильний валик; 5 – дросель; 6 – клапан;
 7 – шнек; 8 – перепускне вікно; 9 – вхідна ділянку каналу 10, 10 – канал часткового відводу запиленого повітря; 11 – діаметральний вентилятор;
 13 – жалюзійний очищувач; 14 – протиточний очищувач; 15 – пилоосадова камера

Рисунок 1.4 – Технологічна схема пневмосепаратора ПС-15

частинами, що збільшує час взаємодії повітряного потоку з матеріалом. Завдяки рівномірному повітряному потоку і розподілу матеріалу по всьому поперечному перерізу каналу, а також тривалого процесу їх взаємодії досягається висока ефективність очищення.

Недоліками ПС-15 є запиленість очищеного зерна, обумовлена залишковою концентрацією пилу в циркулюючому повітряному потоці, непристосованість його для обробки дрібнонасіньових культур і поділу насінневого зерна на фракції.

Пневмосепаратори А1-БДЗ-6, А1-БДЗ-12 і А1-БДК-2,5 (рис. 1.5) призначені для поділу продуктів лущення круп'яних культур і очищення зерна [3, 5, 15, 19], мають продуктивність відповідно 6, 12 і 2,5 т/год.



$\rightarrow o$ - оброблюваний матеріал; $\rightarrow л$ - легкі домішки;
 $\rightarrow ч$ - очищений матеріал; $\rightarrow е$ - повітря;
 $\rightarrow т$ - важкоосаджувальні домішки

1 – пристрій введення; 2 – пневмосепарувальний канал; 3 – приймально-розподільний пристрій; 4 – приймальний патрубок; 5 – поворотний клапан; 6 – діаметральний вентилятор; 7 – дросель; 8 – осадова камера; 9 – рециркуляційний канал; 10 – повітропідвідний канал; 11 – канал для відведення запиленого повітря; 12, 14 – пристрої виведення відходів і очищеного матеріалу; 13 – випускний патрубок

Рисунок 1.5 – Технологічна схема пневмосепаратора А1-БДК-2,5

Основні складальні одиниці машин: вертикальний пневмосепарувальний канал з пристроєм введення у вигляді лотка, приймально-розподільний пристрій самопливного типу, діаметральний вентилятор, осадова камера, пристрої виведення чистого продукту і відходів, регулювання швидкості повітря в ПСК.

По конструкції і технологічного процесу сепаратори схожі між собою. Відмінною особливістю конструкції і технологічного процесу пневмосепаратора А1-БДК-2,5 є комбінація замкнутого і розімкнутого циклів повітря завдяки наявності повітропідвідного каналу 10, з'єданого з атмосферою, і каналу 11 з випускним патрубком 13, що відводить запилене повітря з пневмосистеми. В результаті знижується концентрація запиленості

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

повітря, циркулюючого в пневмосистемі, і підвищується якість сепарації матеріалу.

До недоліків сепараторів слід віднести використання пристрою введення матеріалу в ПСК пасивного типу і обробки зерна запиленого повітрям, що знижують ефективність очищення, а також відсутність поділу насіння на фракції.

Пневмосепаратор канадської фірми «Carter-Day» із замкнутим циклом повітряного потоку (рис. 1.6) призначений для очищення насіння зернових і зернобобових культур від легких домішок [3].



—○→ - оброблюваний матеріал; - - - - -> - легкі домішки;
 —○→ - повітря

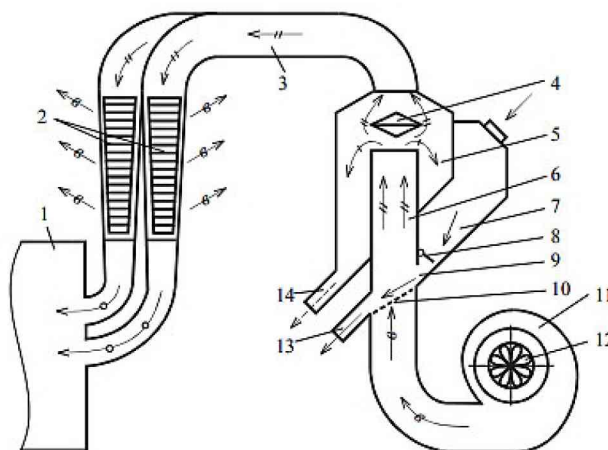
1, 8 – шнеки; 2 – живильний валик; 3 – бункер; 4 – ПСК; 5 – діаметральний вентилятор; 6 – регулювальна заслінка; 7 – осадова камера; А та Б – виходи очищеного матеріалу і відходів

Рисунок 1.6 – Схема пневмосепаратор фірми «Carter-Day»

Очищувальний матеріал з бункера 3 живильним валиком 2 подається в ПСК 4, де продувається повітряним потоком і очищається від легких домішок. Очищений матеріал шнеком 1 виводиться з машини. Повітряний потік з легкими домішками надходить в осадову камеру 7, де домішки осідають і шнеком 8 видаляються назовні. Повітряний потік створюється діаметральним вентилятором 5, а його швидкість регулюється заслінкою 6. Позитивні і

негативні моменти конструкції і технологічного процесу даного сепаратора аналогічні пневмосепаратору ПС-15.

Сепаратор пневматичний СП-5 (рис. 1.7) призначений для очищення насіння сої та зернових колосових культур від важковідокремлюваних домішок, що відрізняються за аеродинамічними властивостями. Встановлюється на кінцевій операції технологічного процесу після повітряно-решітних і трієрних машин [15].



- > - оброблюваний матеріал;
- - -> - легкі домішки;
- ⊙-> - повітряний потік;
- ⊙-> - повітря;
- //> - повітряний потік з домішками;

1 – пиловловлювач; 2 – інерційний жалюзійний пило–осадова камера;
 6 – пневмосепарувальний канал; 7 – завантажувальний бункер; 8 – регулювальний клапан; 9 – входне вікно; 10 – сітка; 11 – відцентровий вентилятор;
 12 – регулювальні лопаті; 13 – вивід очищеного насіння; 14 – вивід фуражної фракції

Рисунок 1.7 – Технологічна схема пневматичного сепаратора СП-5

Основні робочі органи машини: вертикальний пневмосепарувальний канал 6 зі змінною решіткою 10; завантажувальний бункер 7 з регулювальним клапаном 8; осадова камера 5 з розсікачем 4 повітряного потоку; виводи 13 і 14 очищених насіння і повітряних відходів; пиловловлювач 2 з системою повітропроводів 3. Розміри комірок змінних сіток: 5x5 і 3,5x3,5 мм - для сої та інших крупнонасіненних культур; 2,5x2,5 мм - для зернових колосових культур. Повітряний потік створюється відцентровим вентилятором 11. Зміна швидкості

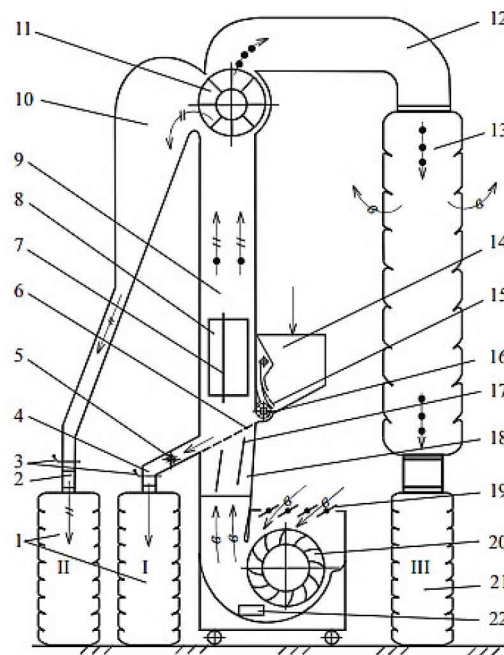
повітря здійснюється поворотом восьми секторних лопатей 12, встановлених на всмоктуючому патрубку вентилятора 11.

До недоліків конструкції сепаратора можна віднести застосування відцентрового вентилятора, який не забезпечує необхідної якості повітряного потоку. Можливість розділяти оброблений матеріал тільки на дві фракції - чисте зерно і фураж, що є непрактичним і неактуальним на сьогоднішній день. Застосування інерційного жалюзійного пиловловлювача відкритого типу, недостатньо очищене повітря з якого видаляється в зону обслуговування машини або за межі приміщення. Питома витрата енергії становить значну величину – понад 1 кВт·год /т.

Сепаратори пневматичні універсальні СП-2У-Р і СП-4У-Р (рис. 1.8) призначені для очищення і сортування зернових і зернобобових культур, насіння злакових і бобових кормових культур від важковідокремлюваних домішок, що відрізняються за аеродинамічними властивостями [5, 15, 19]. Технологічний процес і будова сепараторів однакові. Відрізняються продуктивністю (2 і 4 т/год. по пшениці) і робочою шириною проточної частини (0,3 і 0,5 м). Сепаратор СП-2У-Р включає діаметральний вентилятор 20, пневмосепарувальний канал 9, приймальний бункер 14 живильний валик 16, ротаційний поперечно-потіковий пиловловлювач 11, тканинний фільтр 13, пристрої виведення очищеного матеріалу і домішок, регулювання подачі і швидкості повітряного потоку, механізми приводу робочих органів

Діаметральний вентилятор 20 працює на нагнітання, тому в містах введення і виведення компонентів очищувального матеріалу застосовані герметичні пристрої. ПСК 9 в нижній частині має опорну сітку 6, а у верхній - розділову перегородку 7. Пристрій живлення містить живильний валик 16, закритий зверху заслінкою-вібратором 15, що є збудником руху малосипкого насіння. Сепаратор забезпечений двоступеневою системою очищення відпрацьованого повітря - ротаційним поперечно-потіковим пиловловлювачем 11 і тканинним фільтром 13, завдяки цьому може використовуватися в закритих приміщеннях.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



—> - потік очищувального матеріалу; ···> - пилю,
 - -> - чисте повітря; //> - легкі домішки

1 – мішки; 2, 4 – насіннепроводи легкої і важкої фракцій;
 3 – заслінки; 5 – шлюзовий затвор; 6 – опорна сітка; 7 – перегородка розділювальна; 8 – оглядове вікно; 9 – пневмосепарувальний канал; 10 – осадова камера; 11 – ротаційний поперечно-потіковий пиловловлювач; 12 – повітропровід; 13 – тканинний фільтр; 14 – приймальний бункер; 15 – заслінка-вібратор; 16 – живильний валик; 17 – напрямні пластини; 18 – дифузори; 19 – дросельний пристрій; 20 – діаметральний вентилятор; 21 – приймач пилю; 22 – вікно; I, II, III – виходи фракцій

Рисунок 1.8 – Технологічна схема сепаратора пневматичного СП-2У-Р (СП-4У-Р)

Відмінною особливістю пневмосепаратора є його універсальність - можливість ефективно очищати насінневий матеріал, що відрізняється розмірами і плинністю (насіння зернових, зернобобових, дрібнонасіневих злакових і бобових культур). При відкритті заслінки-вібратора 15 очищувальний матеріал живильним валиком подається в ПСК 9 на опорну сітку 6, продувається повітряним потоком і очищається від легких домішок. Завдяки великій глибині ПСК і наявності розділювальної перегородки 7 матеріал знаходиться в зоні сепарації тривалий час і якісно очищується. Очищений

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

матеріал шлюзовим затвором 5 вивантажується в мішок 1 (вихід I). Повітряний потік з легкими домішками подається в пиловловлювач 11. Під дією інерційних сил легкі домішки спрямовуються в осадову камеру 10, осідають в ній і збираються в мішок 1 (вихід II), а повітряний потік по повітропроводу 12 надходить в тканинний фільтр 13 або видаляється за межі приміщення. З тканинного фільтра 13 пил періодично вивантажується в приймач пилу 21 (вихід III). Швидкість повітря в ПСК 9 регулюється дросельним пристроєм 19, подача матеріалу - заслінкою-вібратором.

Недоліком пневмосепаратора є відсутність можливості поділу насінневого матеріалу на різноякісні фракції за один пропуск. Крім того, робота діаметрального вентилятора на нагнітання викликає запилювання в місцях введення і виведення компонентів матеріалу. Застосування ротаційного пиловловлювача підвищує ефективність очищення відпрацьованого повітря, але збільшує витрату енергії.

Модифікації сепараторів СП-2У-ОК і СП-4У-ОК відрізняються від розглянутих вище тільки системою очищення відпрацьованого повітря - замість ротаційного поперечно-потокowego пиловловлювача встановлена осадова камера з розділювальною перегородкою. Ефективність очищення насіння і відпрацьованого повітря знижується. Максимальна швидкість повітря в ПСК і споживання енергії на привід вентилятора збільшуються, а загальна встановлена потужність зменшується.

Отже, на підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що вдосконалення машинних технологій післязбиральної обробки насіння направлено на зниження приведених витрат за рахунок підвищення ефективності очищення і продуктивності шляхом використання фракційної технології та оптимізації конструктивних параметрів машин.

Тенденції розвитку пневмосепараторів полягають в універсальності виконання технологічного процесу, доведення чистоти насіння до категорій оригінальне та елітне насіння за один пропуск, зниженні енергоємності

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесу пневмосепарації, підвищення ступеня очищення відпрацьованого повітря, зменшення викидів запиленого повітря в зону обслуговування.

Універсальність пневмосепараторів досягається застосуванням живильного пристрою активного типу, що забезпечує рівномірну і стабільну подачу насінневого матеріалу різної плинності.

Підвищення якості очищення насіння забезпечується застосуванням діаметрального вентилятора, що створює плоскопаралельний повітряний потік, вертикального пневмосепарувального каналу прямокутної форми з опорної сіткою і розділювальною перегородкою, пристрою введення матеріалу активного типу і розділювальної камери для виділення фуражного і (або) продовольчого зерна.

Зниження енергоємності обумовлено застосуванням робочих і допоміжних органів з більш низьким гідравлічним опором і збільшенням продуктивності сепараторів. Підвищення ступеня очищення відпрацьованого повітря досягається застосуванням двох-трьох кратного очищення в гравітаційних, інерційних і тканинних пиловловлювачах.

Для зменшення викидів запиленого повітря в зону обслуговування використовують вентилятори, що працюють на всмоктування.

Метою роботи є зниження приведених витрат на очищення насіння зернових культур і трав.

Для досягнення поставленої мети необхідно удосконалити конструкцію фракційного пневмосепаратора, оптимізувати основні конструктивні та режимні параметри.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування схеми удосконаленого фракційного пневмосепаратора

Як показав огляд літературних джерел, тенденції розвитку пневмосепараторів полягають в універсальності виконання технологічного процесу, доведенні чистоти насіння до категорій ОС та ЕС (оригінальне, елітне насіння товарного призначення) за один прохід, зниженні енергоємності процесу пневмосепарації, підвищенні ступеня очищення відпрацьованого повітря, зменшенні викидів запиленого повітря в зону обслуговування.

Універсальність пневмосепараторів досягається застосуванням живильного пристрою активного типу, що забезпечує рівномірну та стабільну подачу насінневого матеріалу різної плинності.

Підвищення якості очищення насіння забезпечується застосуванням діаметрального вентилятора, що створює плоскопаралельний повітряний потік, вертикального пневмосепарувального каналу прямокутної форми з опорною сіткою і розділювальною перегородкою, пристрою введення матеріалу активного типу та розділювальної камери для виділення насінневого, фуражного та (або) продовольчого зерна.

В результаті аналізу конструкцій пневмосепараторів, що обробляють зерновий ворох, та їх робочих органів була розроблена технологічна схема універсального пневмосепаратора насіння, що працює за фракційною технологією, яка представлена на рисунку 2.1 [14, 19, 20].

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з відводом суцільною стінкою 4 на два самостійних канали (перший і другий). Розділювальна камера 5 сполучена з відводом ПСК 6 і розділена на дві секції перегородкою 9 з встановленим на її верхній кромці поворотним клапаном 7.

Інерційний жалюзійно-протиточний пиловловлювач 14 складається з послідовно розташованих горизонтальної 8 і вертикальної 16 ділянок жалюзійного і протиточного 17 очищувачів. З метою зменшення габаритних розмірів пневмосепаратора пиловловлювач встановлений всередині осадової камери 18, має загальну суміжну стіну 10 з розділювальною камерою, а горизонтальна ділянка 8 жалюзійного очищувача розташована над розділювальною камерою 5 і примикає до верхньої стінки пневмосепаратора. Пристрій вводу 2 матеріалу в ПСК 3 являє собою лопатевий живильний валик, закритий зверху заслінкою-вібратором і встановлений в нижній частині приймального бункера.

Робота запропонованого фракційного пневмосепаратора наведена у [додатку А.1](#).

Отже, запропонована конструктивно-технологічна схема фракційного пневмосепаратора насіння зернових культур та трав.

2.2 Дослідження процесу руху компонентів зернового матеріалу у вертикальному пневмосепарувальному каналі

Для визначення основних параметрів розділювальної камери необхідно знати місце розташування частинки зернової суміші, напрямок і величину її швидкості на виході з відводу пневмосепарувального каналу з урахуванням нерівномірності швидкості повітряного потоку в його проточній частині.

Визначимо траєкторію руху частинки зернової суміші, що вводиться у вертикальний пневмосепарувальний канал з опорною сіткою і суцільною розділювальною перегородкою, в який всмоктується повітряний потік.

Існує ряд методів розрахунку траєкторії руху частинок у вертикальному ПСК [10, 11], проте більшість з них не враховує фактичну нерівномірність швидкості повітряного потоку по глибині та висоті каналу. Для врахування

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даного фактора використаний експериментально-теоретичний метод розрахунку.

При дослідженні швидкостей повітряного потоку в пневмосепарувальному каналі і його відводі прийнято припущення, що при зміні середньої $V_{п.сер.}$ швидкість повітряного потоку в досліджуваному діапазоні (5-15 м/с) напрям швидкостей V_i в різних точках каналу та його відводу залишається незмінним, а їх величина змінюється пропорційно до зміни середнього значення. Дане припущення обумовлено тим, що моделювання потоків в рідинах і газах залежить від співвідношення в'язкості, щільності, швидкості та лінійних розмірів елемента потоку, що виражається числом Рейнольдса (Re). Область значень чисел Re , при яких вони впливають на характер течії, називають автомодельною $Re_{авт.}$ У повітроводах ця область настає при значеннях $Re > 0,1 \cdot 10^5$ [1, 11]. У нашому випадку число Рейнольдса знаходиться в діапазоні від $0,8 \cdot 10^5$ (при 5 м/с) до $2,5 \cdot 10^5$ (при 15 м/с), що відповідає області автомодельності.

Наведемо приклад отримання системи рівнянь для 1 елемента (пряма ділянка першої частини каналу). Розрахунки для решти елементів каналу аналогічні і представлені у **таблицях А.1 та А.2.**

На рисунку 2.2 представлений результат вимірів швидкості повітряного потоку на прямій ділянці першої частини каналу. В таблиці 2.1 приведені числові значення при середній швидкості повітряного потоку в першій часті каналу $V_{п.сер.1} = 6,0$ м/с.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

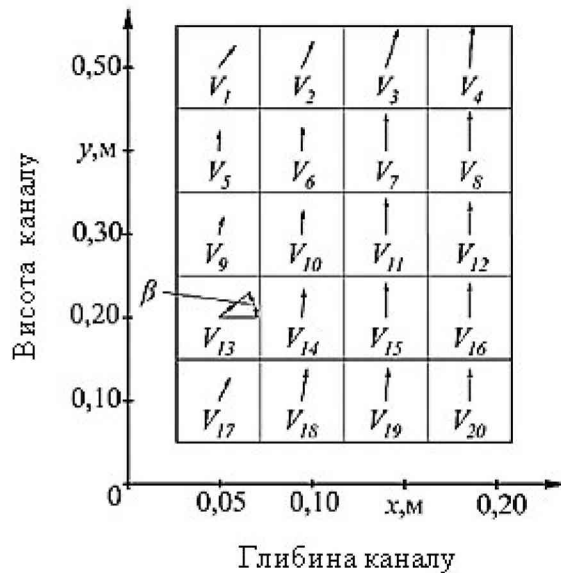


Рисунок 2.2 – Поле швидкостей повітряного потоку прямої ділянки першої частини каналу

Таблиця 2.1 – Величина та напрям швидкості повітряного потоку прямої ділянки першої частини каналу

№ прямокутника	Значення швидкості V_v , м/с	Кут β , град	Значення швидкості $V_{п}$, по осях координат, м/с	
			$V_{пy}$	$V_{пx}$
V_1	4,04	69	3,77	1,45
V_2	4,78	78	4,68	0,99
V_3	7,67	81	7,58	1,20
V_4	8,28	88	8,27	0,29
V_5	3,13	89	3,13	0,05
V_6	4,04	89	4,04	0,07
V_7	7,23	90	7,23	0,00
V_8	7,88	90	7,88	0,00
V_9	2,56	82	2,54	0,36
V_{10}	4,04	89	4,04	0,07
V_{11}	7,00	90	7,00	0,00
V_{12}	5,99	90	5,99	0,00
V_{13}	2,56	58	2,17	1,36
V_{14}	5,11	88	5,11	0,18
V_{15}	6,76	90	6,76	0,00
V_{16}	6,76	90	6,76	0,00
V_{17}	4,04	69	3,77	1,45
V_{18}	5,99	78	5,86	1,25
V_{19}	5,99	81	5,92	0,94
V_{20}	5,99	88	5,99	0,21

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

На основі отриманих значень швидкостей були побудовані графічні залежності, що описують зміну швидкості $V_{\text{пy}}$ і $V_{\text{пx}}$ повітряного потоку по вертикалі (рис. 2.3а при значеннях $x = 0,05; 0,10; 0,15; 0,20$ м) і по горизонталі (рис. 2.3б при значеннях $y = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ м).

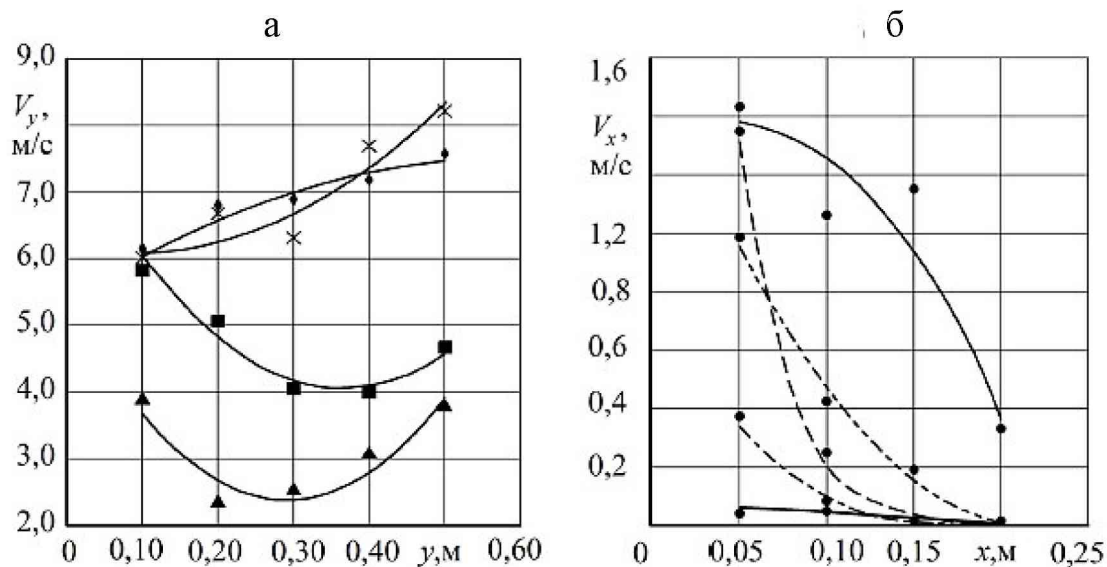


Рисунок 2.3 – Графічні залежності, що описують зміни швидкості повітряного потоку: а – по вертикалі (по осі x): \blacktriangle – при $x = 0,05$ м; \blacksquare – при $x = 0,10$ м; \blacklozenge – при $x = 0,15$ м; \times – при $x = 0,20$ м; б – по горизонталі (по осі y): \cdots – при $y = 0,1$ м; $\cdots\cdots$ – при $y = 0,2$ м; $\cdots\cdots\cdots$ – при $y = 0,3$ м; — – при $y = 0,4$ м; — — — – при $y = 0,5$ м

За цими даними були отримані рівняння (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – Системи рівнянь, що описують зміни швидкостей $V_{\text{пy}}$, $V_{\text{пx}}$ повітряного потоку прямої ділянки першої частини каналу

Вертикальна складова швидкості $V_{\text{пy}}$, м/с						
x/y , м	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	Рівняння
0,05	3,92	2,17	2,53	3,13	3,77	$V_{\text{пy}} = 35,85y^2 - 20,85y + 5,416$
0,1	5,98	5,11	4,04	4,04	4,68	$V_{\text{пy}} = 29,21y^2 - 21,19y + 7,916$
0,15	5,99	6,76	7,00	7,23	7,57	$V_{\text{пy}} = -6,124y^2 + 7,358y + 5,386$
0,2	5,99	6,76	5,99	7,88	8,28	$V_{\text{пy}} = 13,71y^2 - 2,528y + 6,23$
Горизонтальна складова швидкості $V_{\text{пx}}$, м/с						
x/y , м	0,05	0,10	0,15	0,20	Рівняння	
0,1	0,98	0,42	0,21	0,00	$V_{\text{пx}} = 35x^2 - 15,05x + 1,627$	
0,2	1,35	0,18	0,00	0,00	$V_{\text{пx}} = 117x^2 - 37,71x + 1,627$	
0,3	0,36	0,07	0,00	0,00	$V_{\text{пx}} = 29x^2 - 9,55x + 0,757$	
0,4	0,05	0,07	0,00	0,00	$V_{\text{пx}} = -2x^2 + 0,06x + 0,06$	
0,5	1,45	0,99	1,20	0,29	$V_{\text{пx}} = -4,5x^2 + 4,71x + 1,237$	

За допомогою математичного моделювання будувалися траєкторії руху частинок в ПСК з урахуванням нерівномірності поля швидкостей.

На частинку, що рухається у повітряному потоці, діє сила тяжіння \vec{G} (рис.2.4), яка направлена вертикально вниз, та сила \vec{R}_Π опору повітря, яка направлена протилежно відносної швидкості частинки \vec{V}_r та пропорційна квадрату цієї відносної швидкості:

$$\vec{R}_\Pi = m \cdot k_\Pi \cdot V_r^2 \cdot \frac{\vec{V}_r}{V_r}, \quad (2.1)$$

де m – маса частинки, кг;

$\vec{V}_r = \vec{V} - \vec{V}_\Pi$, – вектор відносної швидкості;

V_r – модуль відносної швидкості, м/с;

\vec{V} – вектор абсолютної швидкості потоку, м/с;

\vec{V}_Π , – вектор швидкості повітряного потоку, м/с;

k_Π – коефіцієнт парусності, що визначається експериментально для різних зернових культур і їх домішок, m^{-1} . Характеризує аеродинамічні властивості частинок і пов'язаний зі швидкістю їх вітання $V_{\text{віт}}$ співвідношенням:

$$k_\Pi = \frac{g}{V_{\text{віт}}^2}, \quad (2.2)$$

де g – прискорення вільного падіння, m/s^2 .

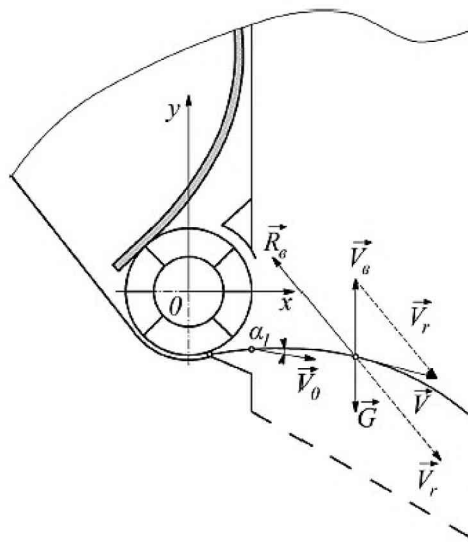


Рисунок 2.4 – Схема сил, що діють на частинку та траєкторію руху частинки в ПСК

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Диференціальне рівняння руху частинки у векторній формі має вид [1, 2]:

$$m\vec{W} = \vec{G} + \vec{R}_B, \quad (2.3)$$

де \vec{W} – прискорення частинки.

У проекціях на декартові осі координат \vec{O}_x і \vec{O}_y отримаємо:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = R_{\text{пх}} \\ m\ddot{y} = G + R_{\text{пy}} \end{cases} \quad (2.4)$$

Для сили \vec{R}_Π її проекції на осі координат:

$$\begin{cases} R_{\text{пх}} = mk_n V_r^2 \frac{V_{rx}}{V_r} = -mk_n V_r V_{rx} \\ R_{\text{пy}} = mk_n V_r^2 \frac{V_{ry}}{V_r} = -mk_n V_r V_{ry} \end{cases}, \quad (2.5)$$

де $V_r = \sqrt{(V_x - V_{\text{пх}})^2 + (V_y - V_{\text{пy}})^2}$ – модуль відносної швидкості точки,

$$\begin{cases} V_{rx} = V_x - V_{\text{пх}} \\ V_{ry} = V_y - V_{\text{пy}} \end{cases}, \quad (2.6)$$

є проекції відносної швидкості на осі координат. Тоді рівняння руху частинки в системі координат \vec{O}_x і \vec{O}_y приймає вид:

$$\begin{cases} \ddot{x} = k_\Pi (\dot{x} - V_{\text{пх}}) \sqrt{(\dot{x} - V_{\text{пх}})^2 + (\dot{y} - V_{\text{пy}})^2} \\ \ddot{y} = g - k_\Pi (\dot{y} - V_{\text{пy}}) \sqrt{(\dot{x} - V_{\text{пх}})^2 + (\dot{y} - V_{\text{пy}})^2} \end{cases}. \quad (2.7)$$

При вирішенні диференціальних рівнянь (2.7) підставляємо в них значення швидкості повітряного потоку, що визначаються системами рівнянь (табл. 2.2 та **табл.А.2**) в залежності від розташування частинок в нерівномірному повітряному потоці в даний момент часу.

Система диференціальних рівнянь другого порядку не має точного аналітичного рішення навіть при постійних значеннях швидкості V_Π повітряного потоку. Тому шукатимемо її чисельне рішення методом Рунге-Кутта [1, 2]. Систему рівнянь (2.7) зведемо до системи чотирьох диференціальних рівнянь першого порядку, позначивши $\dot{x} = A$ та $\dot{y} = B$

$$\begin{cases} \dot{A} = -k_n(A - V_{nx})\sqrt{(A - V_{nx})^2 + (B - V_{ny})^2} \\ \dot{x} = A \\ \dot{B} = g - k_n(B - V_{ny})\sqrt{(A - V_{nx})^2 + (B - V_{ny})^2} \\ \dot{y} = B \end{cases} \quad (2.8)$$

При сепарації насінневого матеріалу частина зерна та домішок досягає поверхні пневмосепарувального каналу і після удару об неї складові швидкості частинки змінюються. Розглянемо це явище у разі, коли швидкість частинки проектується на осі прямокутної системи координат (рис. 2.5).

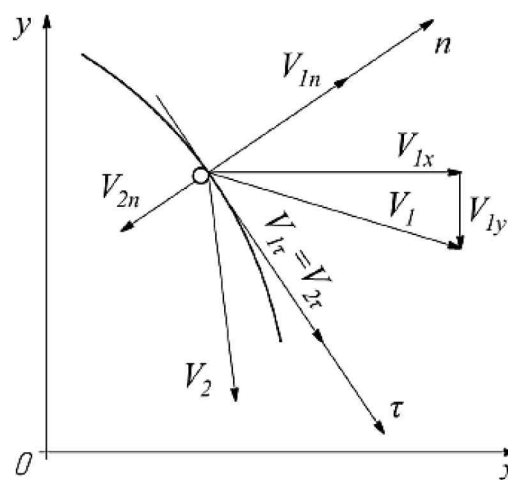


Рисунок 2.5 – Схема рикошету твердої частинки при зустрічі з поверхнею каналу

У момент зустрічі з поверхнею каналу частинка має швидкість V_1 з складовими V_{1x} , V_{1y} в основній системі координат xOy і з складовими $V_{1\tau}$, V_{1n} , спрямованими відповідно вздовж дотичної τ і зовнішньої нормалі до поверхні каналу в точці зустрічі. За умови відсутності тертя між частинкою і поверхнею стінки каналу дотична складова швидкості після удару залишається незмінною ($V_{1\tau} = V_{2\tau}$), а нормальна складова швидкості V_{2n} змінює свій напрямок на протилежний. Її нове значення визначають співвідношенням Ньютона [1, 2]:

$$V_{2n} = k_B V_{1n}, \quad (2.9)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де k_B – коефіцієнт відновлення нормального імпульсу після удару (залежно від пружних властивостей матеріалу, умов зіткнення тіл і може змінюватися від 0 до 1).

V_{1n}, V_{2n} – нормальна складова швидкості частинки до і після удару.

Значення коефіцієнту k_B відновлення нормального імпульсу для різних культур визначається експериментально.

Приймаючи початкову швидкість $V_0 = 0,2$ м/с (рис. 2.4) і кут введення частинок в канал $\alpha_1 = 0^\circ$ [1], вирішуючи систему рівнянь (2.8), визначаємо траєкторії руху частинок компонентів насінневого матеріалу в нерівномірному повітряному потоці вертикального пневмосепарувального каналу, забезпеченого опорною сіткою та розділювальною перегородкою. Розрахунок та побудова траєкторій ведеться за допомогою програми Mathcad. Середня швидкість повітряного потоку в ПСК вибиралася для кожної культури виходячи з вимог (ефект очищення від легких домішок щонайменше 80 %) на пневмосепаратор і з урахуванням допустимих втрат повноцінного зерна у відходи. Так, для насінневого матеріалу ярої пшениці для першої частини каналу I прийняли швидкість, що дорівнює 8,5 м/с. У зв'язку з цим системи рівнянь (табл. 2.2), що описують зміну швидкостей $V_{пу}, V_{пк}$ повітряного потоку, необхідно скоригувати. Так як у нашому випадку діапазон досліджуваних швидкостей знаходиться в автотельній області, то значення швидкостей V_i в різних точках каналу будуть змінюватися пропорційно до зміни середньої швидкості, а їх напрямок змінюватися не буде. Для коригування значень швидкостей введемо поправочний коефіцієнт, рівний відношенню швидкостей. Для насінневого матеріалу ярої пшениці $B = V_{п.серII}/V_{п.серI} = 8,5/6,0 = 1,4$.

Приклад розрахунку траєкторії руху частинки зі швидкістю $V_{віт} = 7$ м/с, що рухається на прямій ділянці першої частини каналу, при середній швидкості повітряного потоку 8,5 м/с представлений у **додатку А.3**.

На **рисунку А.4 (а, б)** представлені розрахункові траєкторії руху частинок компонентів насінневого матеріалу різних сільськогосподарських культур в ПСК при наступних його конструктивних параметрах: висота $H_{ПСК} = 0,55$ м,

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глибина каналу і його відведення $h = h_{\text{відв}} = 0,3$ м, глибина першої частини каналу $h_1 = 0,21$ м, глибина відведення першої частини каналу $h_{\text{відв.1}} = 0,18$ м, кут установки опорної сітки 30° .

На форму траєкторії руху частинки у вертикальному пневмосепарувальному каналі великий вплив надають величина її коефіцієнта парусності, абсолютна швидкість і кут введення частинки в ПСК. На представлених рисунках (рис. А.4) легко помітні області руху основної культури та її домішок. Видно, що при даній конфігурації пневмосепарувального каналу, в його першій частині, на всіх представлених культурах вдається виділити більшість легких домішок. Більш важкі частинки бур'янових домішок, а також частина щуплих і дроблених частинок основної культури, досягаючи суцільної розділювальної перегородки, гальмуються, а потім падають на основний потік очищувального матеріалу, що рухається по опорній сітці.

У другій частині каналу, потрапляючи в зону великих швидкостей, з матеріалу виносяться залишки легких домішок і всі бур'яні домішки, а також частина основної очищувальної культури (щупле, дроблене та дрібне зерно). Залишки очищувального матеріалу виводяться із каналу.

Також слід зазначити, що деякі частинки (наприклад, частинки зі швидкістю $V_{\text{віт}} = 6,0$ м/с, рис. А.4б), досягаючи стінок пневмоканалу під гострим кутом і маючи при цьому достатню швидкість, рикошетять і не падають вниз, а продовжують рух із змінними складовими швидкості.

У результаті розрахунку і побудови траєкторій руху частинок компонентів трьох різних сумішей в обох частинах ПСК було отримано відомості (табл. 2.3, рис. А.4) про їхнє місцезнаходження, напрямок і величину швидкості на виході з відводу пневмосепарувального каналу з урахуванням нерівномірності швидкості повітряного потоку.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.3 – Напрямок і величина швидкості частинок на виході з відводу пневмосепарувального каналу за різних швидкостей витання

Швидкість витання частинки $V_{\text{вит}}$, м/с	Значення швидкості V , м/с	Кут β , град	Значення швидкості V по осях координат	
			$V_{\text{вит } x}$	$V_{\text{вит } y}$
Зернова суміш пшениці				
1,0	1,23	-26	1,10	0,54
3,0	2,56	-16	2,45	0,73
5,0	3,00	54	1,80	2,40
6,0	1,39	-30	1,20	0,70
7,0	2,55	-11	2,50	0,50
8,0	1,91	-28	1,70	0,87
9,0	1,22	-35	1,00	0,70
10,0	1,24	-14	1,20	0,31
Зернова суміш козлятнику				
1,0	3,27	-12	3,20	0,70
3,0	1,42	-18	1,35	0,44
5,0	2,43	8	2,40	0,35
6,0	2,27	-22	2,10	0,87
7,0	1,43	-36	1,15	0,85
8,0	0,17	54	0,10	0,14
Зернова суміш райграса				
1,0	1,83	25	1,65	0,80
2,0	2,63	8	2,60	0,40
3,0	1,41	-6	1,40	-0,16

Отже, розроблена конструктивно-технологічна схема фракційного пневмосепаратора насіння. Отримані аналітичні залежності для розрахунку траєкторії руху компонентів насінневого матеріалу у вертикальному ПСК, оснащеному опорною сіткою, відводом і суцільною розділювальною перегородкою, з урахуванням нерівномірності швидкості повітряного потоку в поздовжньо-вертикальній площині. Визначено координати розташування цих компонентів, напрямок і величину їхньої швидкості на виході з відводу ПСК.

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень. Експериментальна установка, прилади та обладнання

Відповідно до завдань, поставлених в роботі, розроблена програма експериментальних досліджень:

1. Дослідження робочого процесу пропонованого вертикального пневмосепарувального каналу:

- вплив довжини та кута установки нижньої частини зовнішньої стінки пневмосепарувального каналу;

- визначення типу розділювальної перегородки та її положення щодо стінок каналу;

- вплив висоти каналу на показники якості процесу пневмосепарування.

2. Визначення коефіцієнту відновлення частинок очищувального матеріалу після удару об стінку пневмосепаратора.

3. Дослідження розділювальної камери:

- розподіл компонентів зернової суміші по довжині розділювальної камери;

- вплив положення кромки поворотного клапана на вміст основної культури і домішок у фракціях пневмосепаратора;

- вплив положення вихідний кромки задньої стінки розділювальної камери на втрати основної культури.

4. Дослідження інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача.

Для досліджень використовувалася експериментальна установка (рис. Б.1), яка має корисну ширину $B=0,3$ м і натуральні розміри в поздовжньо-вертикальній площині. Висота пневмосепарувального каналу $H_{ПСК} = 0,4-0,7$ м, його глибина $h = 0,3$ м, глибина відведення ПСК $h_{відв} = 0,3$ м, довжина розділювальної камери $L_{р.к} = 0,7$ м, висота розділювальної камери $H_{р.к} = 1,7$ м, максимальна довжина жалюзійної решітки $L_{ж\max} = 1,3$ м (загальна довжина

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

жалюзійної решітки Г-подібного пиловловлювача дорівнює сумі довжин горизонтальної і вертикальної ділянок $L_{ж} = L_{ж1} + L_{ж2}$), висота вхідного патрубку пиловловлювача $H_{вх} = 0,21$ м, глибина пилоосадової камери $H_{п} = 0,6 \dots 1,0$ м, діаметр колеса вентилятора $D = 0,4$ м, частота його обертання $n = 820$ хв⁻¹.

У процесі експериментальних досліджень використовувалися прилади та обладнання, представлені в таблиці Б.1.

Отримані результати однофакторних експериментів обробляли на персональному комп'ютері за допомогою програми «Microsoft Excel». Результати багатфакторних експериментів обробляли за допомогою пакета прикладних програм по статистичній обробці даних. При цьому моделі регресії оцінювали на адекватність реального процесу за допомогою F -критерію Фішера з ймовірністю $P = 0,95$, значимість коефіцієнтів регресії оцінювали t -критерієм Стюдента [1, 2]. Аналіз рівнянь проводили методом аналізу поверхонь відгуку. Рішення компромісних задач знаходили за допомогою методу накладення двовимірних перерізів.

3.2 Методика визначення коефіцієнта відновлення частинки після удару об стінку пневмосепаратора

Коефіцієнта k_v відновлення нормального імпульсу після удару визначався наступним чином. На лист металу, що імітує стінку пневмосепарувального каналу 1 (рис. 3.2), з однаковою висотою $h_{p,1}$ без початкового прискорення кидалася частинка 2.

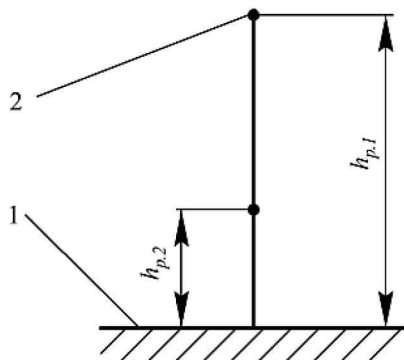


Рисунок 3.2 – Визначення коефіцієнта відновлення частинки

Після удару об поверхню листа частка рикошетила від нього і відскакувала на висоту $h_{p.2}$, яка вимірювалася за допомогою фотофіксації. Потім обчислювався коефіцієнт k_B відновлення для даної частинки за наступною формулою [1]:

$$k_B = \sqrt{\frac{h_{p.2}}{h_{p.1}}}, \quad (3.1)$$

Експерименти проводили в п'ятикратній повторності. Отримані результати були зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнт відновлення для різних культур при вологості 14%

Культура	$h_{p.1}$	$h_{p.2}$	k_B
Пшениця	500	84	0,41
Щупле жито	500	76	0,39
Козлятник	500	121	0,49
Конюшина	500	128	0,51
Райграс	500	69	0,37
Легкі домішки	500	11	0,15

3.3 Методика дослідження вертикального пневмосепарувального каналу

При дослідженні вертикального пневмосепарувального каналу з опорною сіткою вивчали вплив довжини та кута установки нижньої частини зовнішньої стінки ПСК, типу розділювальної перегородки і її положення щодо стінок каналу, висоти каналу на показники якості процесу пневмосепарування, величину і рівномірність поля швидкостей повітряного потоку в зоні сепарації.

Оброблюваний матеріал - зернова суміш, що складається з основної культури (яра пшениця) – 95%, зернових домішок (щупле зерно озимого жита абсолютною масою 13 г) – 3% і легких домішок (тирса) – 2%. Варіаційні криві розподілу насіння пшениці, щуплого озимого жита і тирси за швидкістю $V_{\text{вит}}$ витання наведені на рисунку 3.3, з якого видно, що виділити легкі домішки із зернової суміші можливо на 100% без втрат основної культури, а зернову домішку повністю виділити без втрат повноцінного зерна навіть теоретично не можливо.

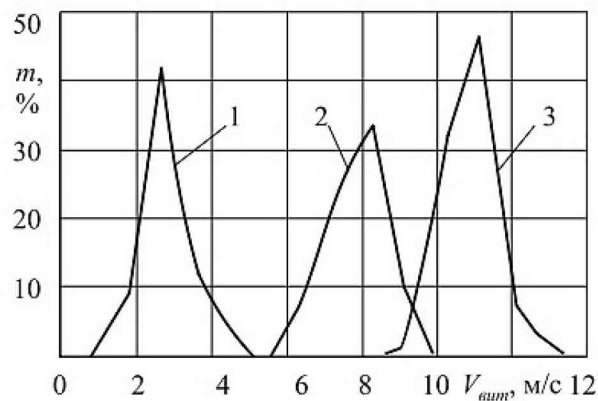


Рисунок 3.3 – Варіаційні криві розподілу насіння пшениці (3), щуплого жита (2), тирси (1) по швидкості витання $V_{\text{вит}}$

Тому для забезпечення чистоти 1 гатунку (важкої фракції), що відповідає категорії ЕН (елітне насіння) (99,0%), швидкість повітря в ПСК встановлювали рівній $10,0 \pm 0,1$ м/с. Повноцінне зерно, віддалене разом із зерною домішкою і легкими домішками, надходить в розділову камеру і основна частина його осідає. Втрати a основний культури у відходи вловлюються пиловловлювачем. При остаточному очищенні вони не повинні перевищувати для зернових культур 10% [10].

Якість процесу пневмосепарації оцінювали чистотою ζ очищеного матеріалу і втратами a основної культури у невикористовувані відходи.

$$\zeta = \frac{M_{\text{ч}}}{M_{\text{ч}} + M_{\text{з}}} 100, \quad \% \quad (3.2)$$

де $M_{\text{ч}}$, $M_{\text{з}}$ – маса чистого зерна і домішок в чистому матеріалі, г.

$$a = \frac{m_{\text{з пв}}}{m_{\text{зп}}} 100, \quad \% \quad (3.3)$$

де $m_{\text{з пв}}$, $m_{\text{зп}}$ – маса зерна у пиловловлювачі та вихідному матеріалі, м
Експерименти проводили з триразовою повторністю.

Якість поля швидкостей повітряного потоку в поперечному перерізі пневмосепарувального каналу оцінювали коефіцієнтом нерівномірності μ , обчислюваному за формулою [2]:

$$\mu = \frac{\sigma}{V_{\text{сеп}}}, \quad \% \quad (3.4)$$

де σ – стандартне відхилення середнього значення вимірюваної швидкості $V_{\text{сеп } i}$ в кожній точці від швидкості $V_{\text{сеп}}$ потоку в даному перетині каналу, \pm м/с;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (V_{\text{сеп } i} - V_{\text{сеп}})^2}{(n_i - 1)}}, \quad (3.5)$$

$$V_{\text{сеп}} = \frac{\sum_{n_i}^{n_i} V_{\text{сеп } i}}{n_i}, \quad (3.6)$$

де n_i – число точок в перерізі.

Для зняття поля швидкостей по глибині ПСК (найбільш нерівномірний розподіл швидкості повітряного потоку) вимірювання проводили в п'яти перетинах, по ширині каналу – в шести перетинах, в центрах рівновеликих прямокутників з триразовою повторністю.

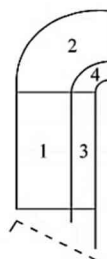
Перетини для місць вимірювання по висоті ПСК визначали виходячи із завдань дослідження. Вимірювання динамічного тиску P_T в кожній точці здійснювали за допомогою мікроманометра ММН-2400 і трубки Піто-Прандля.

Середню швидкість потоку в кожній (i) точці визначали за формулою:

$$V_{\text{ср}} = 1,29 \sqrt{P_{T.\text{сеп } i}}, \quad (3.7)$$

де $P_{T.\text{сеп } i}$ – середнє значення динамічного тиску в i -ій точці перетину каналу, Па.

Для визначення напрямку і величини швидкості повітряного потоку ПСК був розділений на 4 елементи (рис. 3.4). Це пряма ділянка 1 першої частини каналу, відвід 2 першої частини каналу, пряма ділянка 3 другій частині каналу і відвід 4 другої частини каналу.



1 - пряма ділянка першої частини каналу; 2 - відвід першої частини каналу;
3 - пряма ділянка другої частини каналу; 4 - відвід другої частини каналу

Рисунок 3.4 – Поділ ПСК на 4 елементи

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Кожен з цих елементів був розбитий на прямокутники (рис. 3.5).

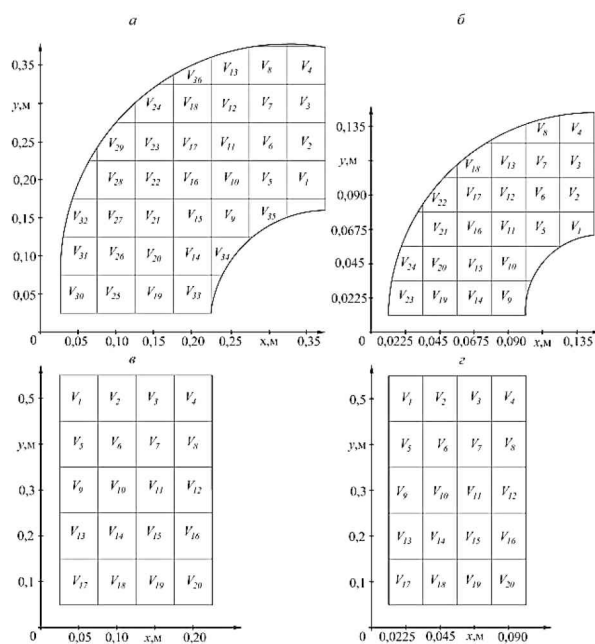


Рисунок 3.5 – Схема розбиття елементів ПСК на прямокутники: а – відвід першої частини каналу; б – відвід другій частині каналу; в – пряма ділянка першої частини каналу; г – пряма ділянка другої частини каналу

Прямі ділянки каналів розбиті на 20 прямокутників, відвід першої части каналу – на 36 прямокутників, відвід другої частини каналу – на 24 прямокутника. Для частки, що знаходиться в центрі кожного прямокутника, експериментально визначали напрямок і величину швидкості повітряного потоку. Напрямок повітряного потоку визначали візуально за допомогою шарнірно закріплених на стінці каналу шовковинок, а величину швидкості за допомогою мікроманометра ММН-2400 і трубки Піто-Прандля.

3.5 Методика дослідження розділювальної камери

Дослідження розділювальної камери проводили при очищенні насіння зернових культур і насіння трав. Вивчали вплив положення кромки поворотного клапана на вміст основної культури і домішок в II і III фракціях при чистоті I фракції, відповідної категорії не нижче ЕН.

Вихідним матеріалом при очищенні зернових культур була та ж зернова суміш, що і при дослідженні ПСК. При очищенні насіння трав використовували суміші козлятнику східного з конюшиною і тирсою та райграсу пасовищного з тирсою, варіаційні криві розподілу компонентів по швидкості витання яких наведені на рисунках 3.6 і 3.7.

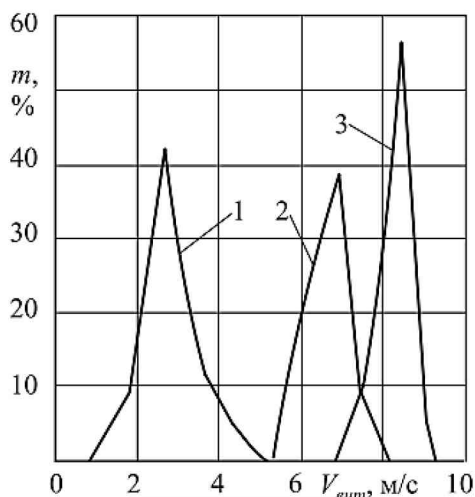


Рисунок 3.6 – Варіаційні криві розподілу тирси (1), конюшини (2), козлятнику східного (3) за швидкістю витання $V_{\text{вит}}$

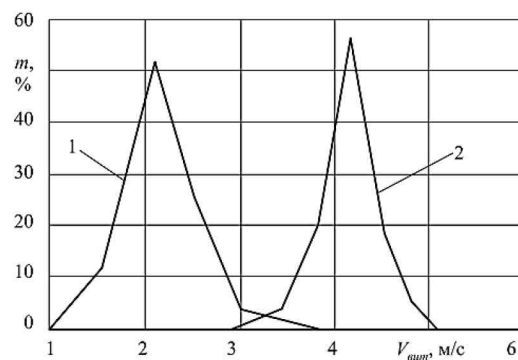


Рисунок 3.7 – Варіаційні криві розподілу деревного струму (1) і райграсу пасовищного (2) по швидкості витання $V_{\text{вит}}$

Вміст домішок в очищувальному матеріалі становило 5-3% конюшини і 2% тирси в суміші козлятнику східного і 5% тирси в суміші райграсу пасовищного. Всі компоненти попередньо очищені на решетах: козлятник східний – схід з решета з круглими отворами діаметром 2,0 мм, конюшина – схід з решета з круглими отворами діаметром 1,5 мм, тирса в суміші з козлятником східним – прохід через решето з круглими отворами діаметром 1,5 мм; райграс пасовищний – схід з решета з круглими отворами діаметром 1,5 мм і тирса в суміші з райграсом – прохід через решето з круглими отворами діаметром 1,0 мм.

Аналіз рисунків 3.6 і 3.7 показує, що для повного виділення домішок з суміші козлятнику східного і райграсу пасовищного швидкість повітряного потоку в ПСК повинна бути не менше 8,0 і 4,0 м/с. Питома подача очищувального матеріалу в ПСК становила: при очищенні пшениці –

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

1,74кг/(с·м); при очищенні козлятнику східного і райграсу пасовищного – 0,35кг/(с·м).

Для вивчення розподілу компонентів зернової суміші по довжині $L_{р.к}$ розділювальної камери виготовлений пробовідбірник, що складається з семи секцій шириною 0,1 м і глибиною 0,3 м. Схема пробовідбірника і місце його установки в розділювальній камері представлені на рисунку 3.8. після закінчення дослідів виймали пробовідбірник і аналізували масу компонентів суміші в кожній секції.

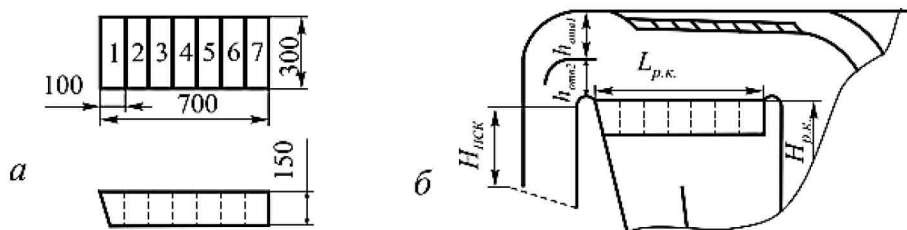


Рисунок 3.8 – Схема пристрою для відбирання проб (а) і місце його установки в розділювальній камері (б)

Далі визначали відносну масу легких домішок $a_{лі}$, зернових домішок $a_{зді}$ і зерна $a_{зі}$ в кожній секції пробовідбірника за формулами (3.8), (3.9), (3.10) [1]:

$$a_{лі} = \frac{m_{лі}}{m_{лд}} 100, \%, \quad (3.8)$$

де $m_{лі}$ – маса легких домішок в i -ій секції пробовідбірника, г;

$m_{лд}$ – загальна маса легких домішок в пробовідбірнику, г.

$$a_{зді} = \frac{m_{зді}}{m_{зд}} 100, \%, \quad (3.9)$$

де $m_{зді}$ – маса зернових домішок у i -ій секції пробовідбірника, г;

$m_{зд}$ – загальна маса зернових домішок у пробовідбірнику, г.

$$a_{зі} = \frac{m_{зі}}{m_{з}} 100, \%, \quad (3.10)$$

де $m_{зі}$ – маса зерна в i -ій секції пробовідбірника, г;

$m_{з}$ – загальна маса зерна в пробовідбірнику, г.

Якість робочого процесу розділювальної камери оцінювали чистотою $Ч$ очищеного матеріалу II фракції, яку визначали за формулою (3.2).

Експерименти проводили в триразовій повторності.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Методика дослідження інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача

Дослідження інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача проводили однофакторними експериментами і методом багатфакторного планування експерименту. Вивчали вплив довжини $L_{\text{ж}}$ жалюзійної решітки, висот $h_{\text{ж}}$, $h_{\text{п}}$, Δ вихідних отворів жалюзійного та протиточного очищувачів і пилоосадової камери, глибини $H_{\text{п}}$ пилоосадової камери, швидкості $V_{\text{вх}}$ повітряного потоку на вході в пиловловлювач на ефект E очищення повітря і гідравлічний опір $P_{\text{г}}$ пиловловлювача [2].

$$E = \frac{M_{\text{у}}}{M_{\text{н}}}, \quad \%, \quad (3.11)$$

де $M_{\text{у}}$ і $M_{\text{н}}$ - маса вловлених пиловловлювачем легких домішок і маса наважки, кг.

$$P_{\text{г}} = P_{V_{\text{вх}}} - P_{V_{\text{вих}}}, \quad \text{Па}, \quad (3.12)$$

де $P_{V_{\text{вх}}}$ і $P_{V_{\text{вих}}}$ - повний тиск потоку повітря на вході в пиловловлювач і виході з нього, Па.

При дослідженні в якості легких домішок використовували деревну тирсу, аеродинамічні властивості якої близькі до властивостей легких домішок (рис. 3.4), швидкість витання яких $V_{\text{вит}} = 1,0 \dots 5,5$ м/с. Маса $M_{\text{н}}$ становила 1 кг. Вимірювання наважок виконували на вагах ВЛКТ-500, параметрів потоку повітря - за допомогою ММН-2400 і трубки Піто-Прандтля.

Модель пиловловлювача (рис. 3.14) має ширину $B = 0,3$ м і натуральні розміри в поздовжньо-вертикальній площині. Глибина повітроводу для подачі пилоповітряного потоку в пиловловлювач $H_0 = 0,3$ м. Довжина горизонтальної ділянки жалюзійної решітки пиловловлювача була постійною $L_{\text{ж1}} = 0,7$ м.

Експерименти проводили з триразовою повторністю.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Дослідження вертикального пневмосепарувального каналу з опорною сіткою

Вертикальний пневмосепарувальний канал з опорної сіткою, встановленою в його нижній частині, забезпечує високу ефективність очищення насіння завдяки тривалому перебуванню матеріалу в зоні сепарації і вирівнюванню швидкостей повітря по глибині каналу. Траєкторії руху частинок у верхній частині каналу залишаються такими ж, що і в ПСК без опорної сітки і визначаються їх початковими параметрами, швидкістю витання і швидкістю повітряного потоку. У цій зоні крім легких частинок домішок знаходиться деяка частина повноцінного насіння основної культури. Частинки, досягають протилежної стінки каналу, гальмуються, падають назад на сітку і разом з основним потоком виводяться назовні. Частинки, які не досягли стінки каналу, з певною ймовірністю видаляються з легкими домішками у відходи. У виробничих умовах ефект очищення від легких домішок в таких каналах досягає 50-60%.

З метою підвищення ефективності сепарації ПСК сепаратора СП-2У-Р забезпечений переривчастою розділювальною перегородкою.

При цьому легкі домішки піднімаються вгору і безперешкодно несуться в осадову камеру, а середня фракція набігає на розділову перегородку і гальмується об неї, що зменшує ймовірність виносу повноцінних зернівок у відходи. Крім того, при обробці в другій частині каналу горизонтальна складова швидкості очищувального матеріалу знижується, тому час сепарації збільшується. Однак у верхній частині каналу, де відсутня перегородка, відбувається перетікання повітря з першої частини каналу в другу, що створює нерівномірність поля швидкостей по глибині. Крім цього на вході повітря в ПСК у кромки зовнішньої стінки (в місці подачі матеріалу на сітку) утворюється вихор [9, 12].

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

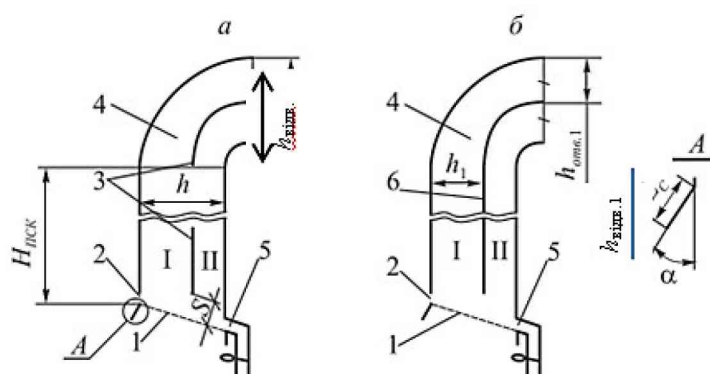
Метою дослідження вертикального ПСК з опорною сіткою було подальше підвищення ефективності його функціонування за рахунок оптимізації параметрів нижньої частини зовнішньої стінки, положення розділювальної перегородки в каналі і його відводі, висоти каналу (зони сепарації).

4.1.1 Вплив суцільної розділювальної перегородки, довжини і кута установки нижньої частини зовнішньої стінки ПСК на якість сепарації

Дослідження починали з вивчення впливу довжини L_c і кута α установки нижньої частини зовнішньої стінки ПСК з переривчастою розділювальною перегородкою (рис. 4.1а) на чистоту $Ч$, втрати a повноцінного зерна у відходи і вміст зернових Z_d і легких L_d домішок в очищеному матеріалі. Враховували також масу $M_{ч}$ чистого матеріалу (вихід першого сорту).

При дослідженні мали на увазі, що допустимі втрати a повноцінного зерна не повинні перевищувати 10% [12, 7], а вміст насіння інших рослин Z_d в очищеному матеріалі для категорії ЕН – не більше 10 шт/кг. Конструктивні параметри ПСК при дослідженні мали такі значення:

$$H_{\text{ПСК}} = 1,0 \text{ м}, h = h_{\text{відв}} = 0,3 \text{ м}, h_1 = 0,21 \text{ м}, h_{\text{відв.1}} = 0,18 \text{ м}, S = 0,1 \text{ м}.$$



1 - опорна сітка; 2 - завантажувальний вікно; 3 - переривчаста розділювальна перегородка; 4 - відвід; 5 - вивантажний вікно; 6 - суцільна розділювальна перегородка; I і II - перша і друга частини ПСК

Рисунок 4.1 – Схеми пневмосепарувального каналу: а – з переривчастою розділювальною перегородкою; б – із суцільною розділювальною перегородкою

Отримані дані цього дослідження надані в таблицях 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Показники якості сепарації залежно від довжини L_c нижньої частини зовнішньої стінки ПСК при $\alpha = 0^\circ$.

Довжина, L_c , мм	Зернові домішки, Z_d , шт/кг	Легкі домішки, L_d , %	Маса чистого зерна, $M_{ч}$, %	Чистота, $Ч$, %	Втрати, a , %
0	210	0	77	99,73	3,9
50	150	0	72	99,81	5,2
100	246	0	72	99,68	4,6
150	325	0	71	99,58	3,8

Найкращі показники якості сепарації досягаються при $L_c = 50$ мм, при цьому втрати a основної культури дещо вищі, ніж в інших дослідах, але вони не перевищують допустимих значень.

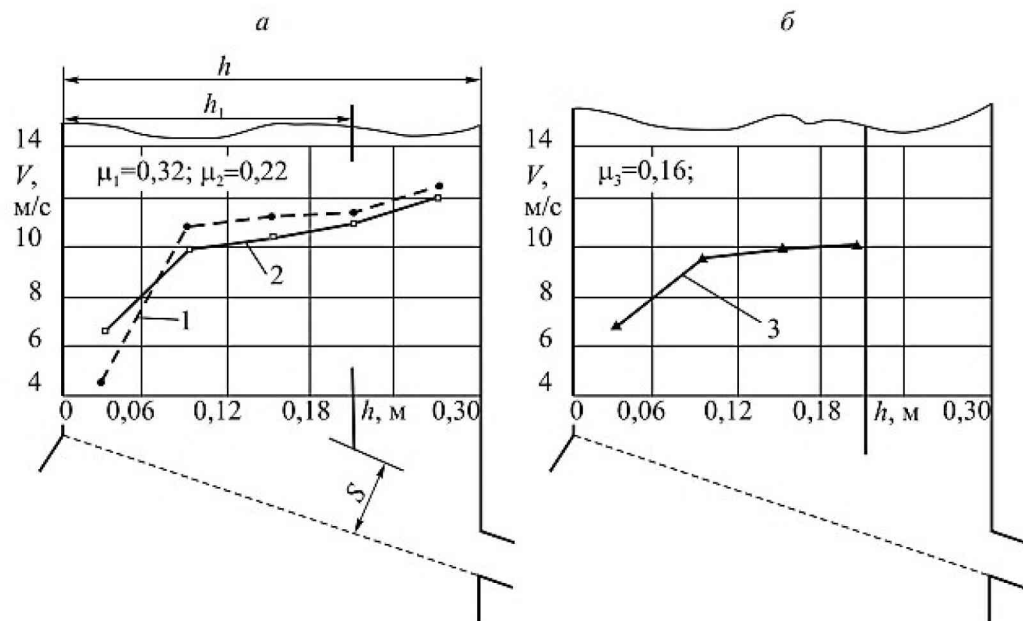
Таблиця 4.2 – Показники якості сепарації залежно від кута α нахилу нижньої частини зовнішньої стінки ПСК при її довжині $L_c = 50$ мм

Кут α , град	Зернові домішки, Z_d , шт/кг	Легкі домішки, L_d , %	Маса чистого зерна, $M_{ч}$, %	Чистота, $Ч$, %	Втрати, a , %
0	150	0	72	99,81	5,2
10	116	0	73	99,85	5,0
20	110	0	77	99,86	4,4
30	111	0	76	99,86	4,4

Результати дослідження при $L_c = 50$ мм свідчать про деякий вплив кута α на якість сепарації. Найгірші показники якості отримані при $\alpha = 0^\circ$. У цьому варіанті вміст зернової домішки в очищеному матеріалі $Z_{п} = 150$ шт/кг і найбільші втрати $a=5,2\%$. Більш висока чистота $Ч$ і менші втрати a досягаються при $\alpha = 20$ і 30° .

Позитивний вплив нижньої частини зовнішньої стінки ПСК пов'язано з зменшенням розміру повітряного вихору в зоні подачі матеріалу на опорну сітку і поліпшенням рівномірності швидкості повітря в нижній частині каналу

(рис. 4.2). При $L_c = 50$ мм і $\alpha = 20^\circ$ коефіцієнт варіації швидкості повітря $\mu_2=0,22$, а без нижньої частини зовнішньої стінки ПСК $\mu_1= 0,32$.



1 - без нижньої частини зовнішньої стінки; 2, 3 - з нижньою частиною зовнішньої стінки довжиною 0,05 м встановленої під кутом $\alpha = 20^\circ$ ($H_{\text{ПСК}} = 1,0$ м, $h = h_{\text{відв}} = 0,3$ м, $h_1 = 0,21$ м, $h_{\text{відв.1}} = 0,18$ м, $S = 0,1$ м)

Рисунок 4.2 – Поля швидкостей по глибині ПСК в перерізі, розташованому на відстані 0,3 м від завантажувального вікна:
а – з переривчастою розділювальною перегородкою; б – із суцільною розділювальною перегородкою

Результати дослідження по вивченню впливу суцільний розділювальної перегородки (рис. 4.2б) на якість сепарації при довжині та куті установки нижньої частини зовнішньої стінки ПСК $L_c = 50$ мм і $\alpha = 20^\circ$ наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Показники якості сепарації залежно від типу розділювальної перегородки ($L_c = 50$ мм і $\alpha = 20^\circ$)

Тип розділювальної перегородки	Зернові домішки, Z_d , шт/кг	Легкі домішки, L_d , %	Маса чистого зерна, M_q , %	Чистота, ζ , %	Втрати, a , %
Переривчаста	110	0	77	99,86	4,4
Суцільна	0	0	77	100,0	3,6

Дані таблиці 4.3 показують, що заміна переривчастої розділювальної перегородки на суцільну покращує якісні показники процесу пневмосепарації. Чистота першого сорту підвищилася від 99,86 до 100 %. Втрати повноцінного зерна знизилися від 4,4 до 3,6%. В очищеному матеріалі відсутня зернова домішка (щупле жито). В результаті очищений матеріал відповідає по чистоті категорії ОН. Підвищення ефективності сепарації пов'язано з наступним. Суцільна перегородка в ПСК і його відводі вирівнює швидкість повітря по глибині в верхній частині каналу (рис. 4.2). Коефіцієнти варіації швидкості повітря відповідно складають 0,22 і 0,16 в ПСК з переривчастою і з суцільною розділювальною перегородкою. Крім того, відбувається певний перерозподіл середніх швидкостей між каналами – у першій частині I каналу швидкість повітря знижується на 0,2 м/с, а в другій підвищується на 0,7 м/с, що сприяє повнішому виділенню зернової домішки.

Слід також зазначити, що у всіх варіантах дослідів (табл. 4.1, 4.2, 4.3) відсутня проблема виділення легких домішок ($L_d = 0$).

Таким чином, найкращі показники якості сепарації досягаються при довжині і куті нахилу нижньої частини зовнішньої стінки ПСК $L_c = 50$ мм і $\alpha = 20...30^\circ$ і виконанні розділювальної перегородки каналу суцільною.

4.1.2 Визначення оптимального положення суцільний розділювальної перегородки

Положення суцільної розділювальної перегородки (рис. 4.1б) в вертикальному ПСК і його відводі характеризується глибиною h_1 (відстань від зовнішньої стінки до перегородки) при постійній загальній глибині h ПСК, що дорівнює 0,3 м, глибиною $h_{\text{відв.1}}$ відводу першої частини I ПСК (відстань від верхньої стінки розділювальної камери до кромки перегородки у відводі ПСК) при загальній глибині відводу, рівній $h = 0,3$ м і зазором S між нижньою кромкою перегородки та опорною сіткою. Зміна параметрів h_1 і $h_{\text{відв.1}}$

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

перерозподіляє потоки повітря в першій I і другий II частинах ПСК і впливає на процес сепарації.

Завданням дослідження було визначення оптимального положення розділювальної перегородки, при якому очищений матеріал відповідає категорії ОН (чистота 99,0% і вміст насіння інших рослин не більше 8 шт/кг) при втратах повноцінного зерна у відходи не більше 10% [7].

Для визначення оптимальних значень h_1 і $h_{\text{відв.1}}$ в таблиці 4.4 приведені інтервали і рівні варіювання факторів. Вибір рівнів факторів ґрунтувався на результатах однофакторних експериментів і досліджень [2]. Висота $H_{\text{ПСК}}$ становила 1,0 м, параметри нижньої частини зовнішньої стінки ПСК $L_c = 0,05$ м, $\alpha = 20^\circ$, зазор $S = 0,1$ м.

Таблиця 4.4 – Фактори, рівні та інтервали їх варіювання

Кодоване позначення факторів	Назва факторів, їх позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
		-1	0	+1	
x_1	Глибина h_1 ПСК, м	0,19	0,21	0,23	0,02
x_2	Глибина $h_{\text{відв.1}}$ відводу першої частини ПСК, м	0,18	0,20	0,22	0,02

Критеріями оптимізації являються втрати a насіння у відходи та вихід C насіння чистотою, відповідної категорії ОН.

Матриця плану експерименту і значення критеріїв оптимізації наведені в таблиці Б.1.

Після обробки результатів експерименту отримані адекватні з 95% ймовірністю моделі регресії втрат і виходу насіння (%):

$$Y_a = 6,15 + 1,25x_1 - 0,32x_2 - 1,78x_1^2, \quad (4.2)$$

Аналіз моделей (4.1) і (4.2) методом двовимірних перерізів поверхні відгуку (рис. 4.3) показав, що мінімальне значення втрат a насіння у відходи і максимальне значення виходу C насіння досягається при $x_1 = -1$ ($h_1 = 0,19$ м) і $x_2 = +1$ ($h_{\text{відв.1}} = 0,22$ м). При цьому у всій вивченій області експерименту втрати насіння у відходи не перевищують допустимого значення

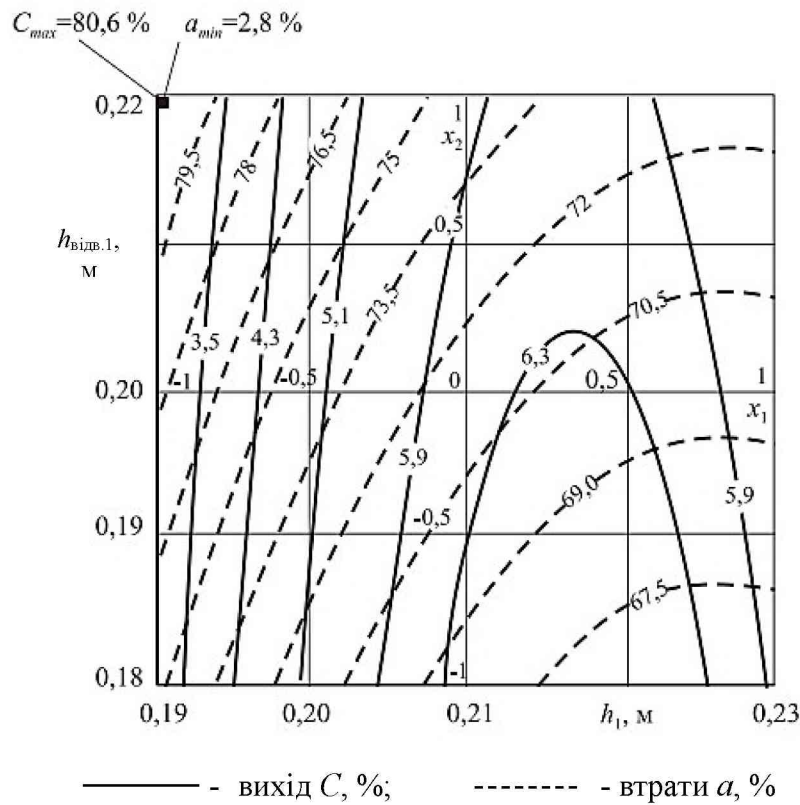


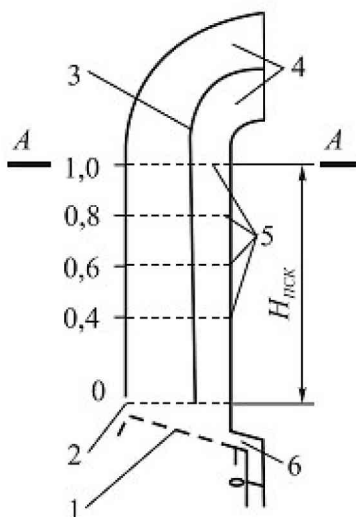
Рисунок 4.3 – Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив h_1 і $h_{\text{вiдв.1}}$ на втрати a очищувального матеріалу у відходи і вихід C насіння при відповідності їх чистоти категорії ОН

Одночасно з цим було встановлено перевищення допустимого значення насіння інших рослин в очищеному матеріалі в дослідях при $h_1 = 0,19$ м: при $h_{\text{вiдв.1}} = 0,18$ м - 131 шт/кг; $h_{\text{вiдв.1}} = 0,20$ м - 185 шт/кг; $h_{\text{вiдв.1}} = 0,22$ м - 282 шт/кг. Таке явище обумовлено тим, що при $h_1 = 0,19$ м і $h_{\text{вiдв.1}} = 0,18$ м швидкість повітря в першій частині I каналу в порівнянні з $h_1 = 0,21$ м підвищується на 0,2 м/с, а в другій частині II каналу, де виділяються зернові домішки, знижується на 0,9 м/с. Збільшення глибини $h_{\text{вiдв.1}}$ від 0,18 до 0,22 м при $h_1 = 0,19$ м підсилює цю тенденцію і до другої частини II ПСК надходить ще менша кількість повітря (швидкість повітря знижується від 11,8 до 9,5 м/с). Тому для подальшого аналізу залишена область дослідження при $h_1 = 0,21$ -0,23 м. Найменші втрати a й найбільший вихід C насіння спостерігаються при $x_1=0\dots 1$ ($h_1 = 0,21$ -0,23 м) і $x_2 = 1$ ($h_{\text{вiдв.1}} = 0,22$ м). Остаточню приймаємо $h_1 = 0,21$ м і $h_{\text{вiдв.1}} = 0,22$ м.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.1.3 Визначення оптимальної висоти вертикального ПСК з опорною сіткою і суцільною розділювальною перегородкою

При визначенні оптимальної висоти $H_{\text{ПСК}}$ (рис. 4.4) вертикального ПСК з опорною сіткою і суцільною розділювальною перегородкою вивчали поля швидкостей по глибині каналу при його висоті від 0,4 до 1,0 м з кроком 0,2 м на холостому ході і якість очищення насіння.



1 - опорна сітка; 2 - завантажувальне вікно; 3 - суцільна розділювальна перегородка; 4 - відвід; 5 - поперечні перерізи ПСК для зняття полів швидкостей; 6 - вивантажувальне вікно

Рисунок 4.4 – Схема пневмосепарувального каналу

Якість повітряного потоку оцінювали коефіцієнтом μ варіації, а якість очищення насіння - чистотою $Ч$ і втратами a насіння у відходи. Висоту $H_{\text{ПСК}}$ ПСК змінювали з інтервалом 0,2 м від 1,0 до 0,4 м за рахунок скорочення його середньої частини. Дослідження проводили при постійних конструктивних і технологічних параметрах: $h = 0,3$ м, $h_1 = 0,21$ м, $h_{\text{відв.1}} = 0,22$ м, $S = 0,1$ м, $L_c = 0,05$ м, $\alpha = 20^\circ$, $V_{\text{в.сп.1}} = 9,1 \pm 0,1$ м/с, $V_{\text{в.сп.2}} = 12,7 \pm 0,1$ м/с, $q = 1,74$ кг/(с·м).

В процесі проведення експериментів на кожній з досліджуваних висот ПСК проводився замір поля швидкостей в поперечних перетинах 5 ПСК і визначалися чистота $Ч$ і втрати a насіння у відходи. В результаті проведення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

однофакторних експериментів були отримані поля швидкостей повітря по глибині каналу та визначені чистота і втрати насіння у відходи при різних висоті $H_{ПСК}$.

На рисунку 4.5а як приклад представлені поля швидкостей повітря по глибині каналу, розташовані від завантажувального вікна на відстані 0,4, 0,6, 0,8 і 1,0 м, а на рисунку 4.5б – поля швидкостей повітря по глибині каналу в перерізі А - А при різних висоті $H_{ПСК} = 1,0, 0,8, 0,6$ і $0,4$ м.

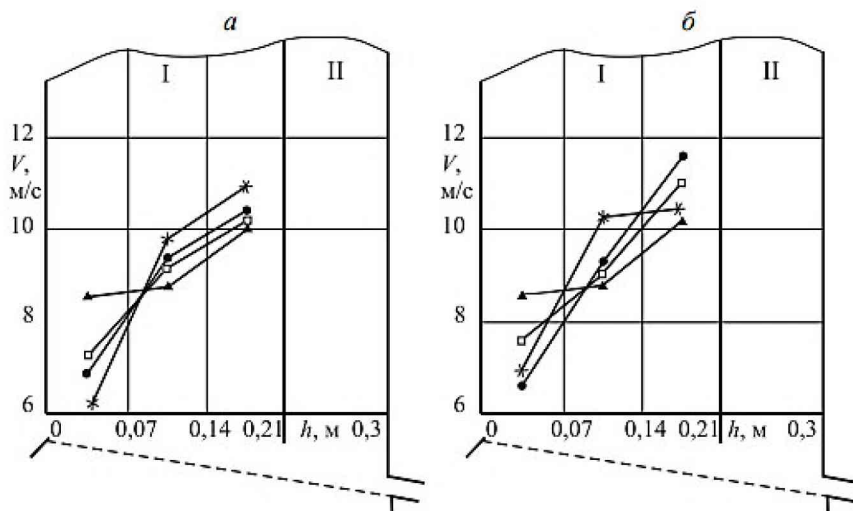


Рисунок 4.5 – Поля швидкостей повітря по глибині ПСК:
 а - в ПСК висотою $H_{ПСК}=1,0$ м в перерізах, розташованих від завантажувального вікна на відстані: 0,4 м (—*—); 0,6 м (—●—); 0,8 м (—□—); 1,0 м (—▲—);
 б - в перерізі А-А (рис. 4.4) при висоті $H_{ПСК}$: 0,4 м (—*—); 0,6 м (—●—); 0,8 м (—□—); 1,0 м (—▲—)

З рисунка 4.5а видно, що повітряний потік у міру пересування від опорної сітки вгору вирівнюється. Коефіцієнт μ варіації швидкості повітря становить: на висоті 0,4 м – 0,28; 0,6 м – 0,21; 0,8 м – 0,14; 1,0 м – 0,10. В цілому рівномірність повітряного потоку по глибині каналу досить гарна.

Рисунок 4.5б свідчить про незначні зміни якості повітряного потоку в перерізі А-А при зменшенні висоти $H_{ПСК}$. Коефіцієнт μ варіації швидкості повітря при $H_{ПСК}$, що дорівнює 1,0, 0,8, 0,6 і 0,4 м, становить відповідно 0,10, 0,18, 0,26 і 0,22. При цьому найбільші швидкості повітря спостерігаються у розділювальній перегородки.

Результати дослідів з вивчення впливу висоти $H_{\text{ПСК}}$ на якість процесу сепарації наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Вплив висоти ПСК на чистоту і втрати насіння у відходи

Висота $H_{\text{ПСК}}$, м	Компоненти зернової суміші	Маса компонентів в очищеному матеріалі, г	Вихід насіння, %	Маса компонентів у відходах, %
1,0	Пшениця	7477	78,7	2,6
	Жито	0		34,0
	Тирса	0		35,5
0,8	Пшениця	7577	79,8	2,3
	Жито	0		31,3
	Тирса	0		31,0
0,6	Пшениця	7525	79,2	1,8
	Жито	0		32,0
	Тирса	0		39,0
0,4	Пшениця	7480	78,7	2,6
	Жито	0		31,3
	Тирса	0		41,0

Аналіз наведених експериментальних даних дозволяє зробити висновок про незначне коливання якості процесу сепарації зернової суміші при зміні висоти $H_{\text{ПСК}}$. Так, при 100% чистоті насіння після його очищення вихід насіння становить 78,7-79,8%, а втрати насіння пшениці у відходи змінюються в межах 1,8-2,6% і не перевищують допустимого значення 10%, що свідчить про високу якість процесу пневмосепарації у всіх вивчених варіантах висоти $H_{\text{ПСК}}$ – від 0,4 до 1,0 м. Стабільність якісних показників очищення зернової суміші обумовлена рівномірністю повітряного потоку, створюваного діаметральним вентилятором, не тільки по ширині ПСК, а й за його глибиною, завдяки наявності опорної сітки і суцільної розділювальної перегородки в ньому і його відводі.

Таким чином, висоту вертикального ПСК з опорною сіткою і суцільною перегородкою можна приймати без суттєвої зміни якості очищення насіння в межах 0,4-1,0 м, виходячи з конструктивних і компоновальних особливостей пневмосепаратора.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

4.2 Дослідження розділювальної камери

4.2.1 Дослідження розділювальної камери при очищенні насіння зернових культур

Поділ зерна на фракції дозволяє підвищити ефективність використання машини, якість очищення зерна, знизити собівартість і травмування матеріалу. Завданням дослідження розділювальної камери було виявлення можливості отримання з виділеного в ПСК насіння основної культури і легких домішок фракції за своїм складом, що відповідає за чистоту не нижче категорії репродукційного насіння зернових культур для виробництва товарної продукції

На рисунку 4.6 представлено розподіл компонентів зернового матеріалу по довжині (секціях) розділювальної камери.

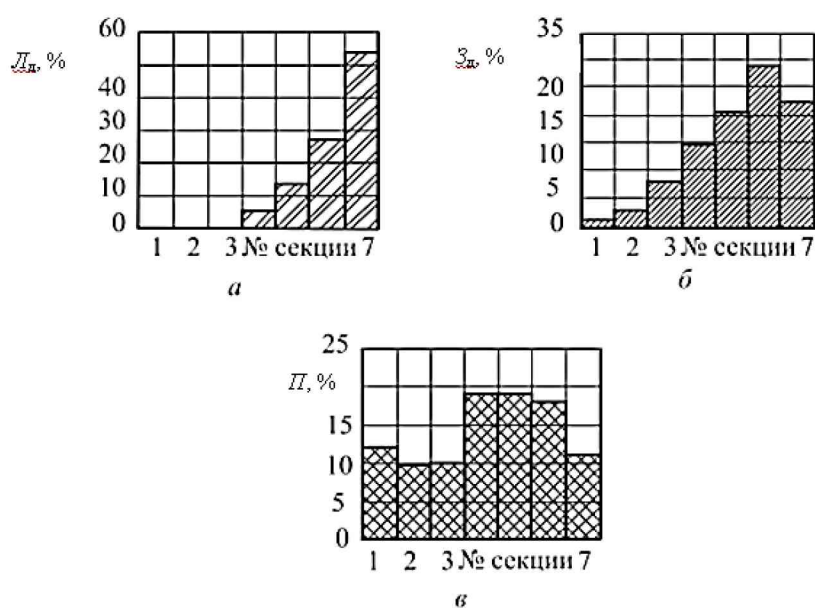


Рисунок 4.6 – Розподіл компонентів зернового матеріалу по довжині розділювальної камери: а – легких домішок; б – зернових домішок; в – повноцінного зерна пшениці

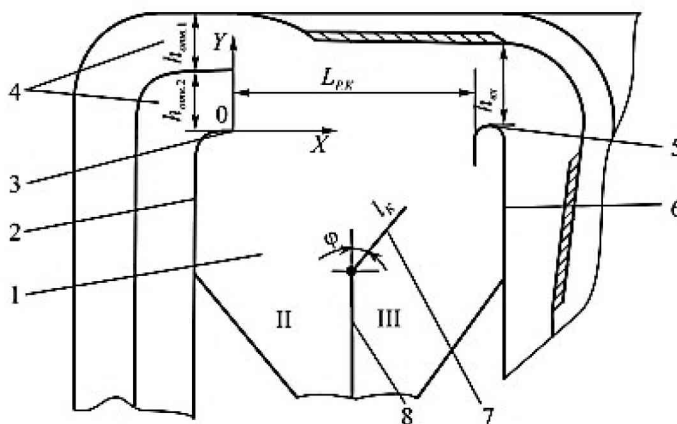
Найбільша кількість легких домішок потрапляє в 5, 6, 7 секції пробовідбірника, а в 1, 2, 3 секції легкі домішки зовсім не надходять. Основна кількість зернових домішок знаходиться в 4, 5, 6, 7 секціях, а в першій секції

міститься всього 1,1% від їх загальної кількості. Повноцінне зерно розподіляється по секціях більш рівномірно, ніж домішки. Середнє значення повноцінного зерна в секціях становить 13,7%. Вище цього значення мають 4, 5, 6 секції (від 17,5 до 19%).

На підставі цих даних можна припустити, що при установці на кромці перегородки 9 (рис. 2.1) в певне положення поворотного клапана 7 можна виділити II фракцію зерна, що не містить легких домішок.

Для вивчення впливу положення кромки поворотного клапана на розподіл компонентів оброблюваного матеріалу в розділювальній камері з урахуванням результатів однофакторних експериментів був реалізований план експерименту другого порядку для двох факторів.

При цьому перегородка встановлена вертикально і розташовується на середині довжини $L_{р.к}$ розділювальної камери (рис. 4.7). Кромку поворотного клапана 7 встановлювали в потрібне положення за рахунок зміни його довжини $L_к$ і кута φ установки щодо перегородки.



1 - розділювальна камера; 2, 6 - передня і задня стінки розділювальної камери; 3, 5 - вхідна і вихідна кромки стінок розділювальної камери; 4 - відвід ПСК; 7 - поворотний клапан; 8 - перегородка розділювальної камери; II, III - друга і третя фракції очищувального матеріалу

Рисунок 4.7 – Схема розділювальної камери

Фактор, та інтервали їх варіювання приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Фактор, рівні та інтервали їх варіювання

Кодоване позначення факторів	Назва факторів, їх позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
		-1	0	+1	
x_1	Положення кромки поворотного клапана відносно вхідної кромки стінки розділювальної камери по горизонталі (X), м	0,25	0,35	0,45	0,10
x_2	Положення кромки поворотного клапана відносно вхідної кромки стінки розділювальної камери по вертикалі (Y), м	-0,10	-0,05	0	0,05

Критерієм оцінки процесу поділу суміші була чистота $Ч$ матеріалу II фракції, яка визначається за виразом (4.2). Дослідження проводили при постійних параметрах ПСК, розділювальної камери і швидкості повітря в ПСК (довжина $L_{рк}$ розділювальної камери – 0,7 м, висота $H_{рк}$ розділювальної камери – 1,7 м, висота $H_{ПСК}$ – 0,4 м; глибина h ПСК – 0,3 м; глибина $h_{відв1}$ і $h_{відв2}$ відводів становить 0,22 і 0,08 м відповідно; глибина $H_{вх}$ вхідного патрубку пиловловлювача – 0,21 м; середня швидкість повітря $V_{п}$ в ПСК – $10,0 \pm 0,1$ м/с).

Матриця плану експерименту і значення критеріїв оптимізації наведені в **таблиця Б.2**.

Після реалізації плану і обробки результатів експерименту отримана адекватна з 95% ймовірністю модель регресії другого порядку чистоти $Ч_{п}$ пшениці II фракції (%):

$$Y_{ч.п} = 95,57 - 1,2x_1 - 0,85x_2 + 0,8x_1^2. \quad (4.3)$$

Аналіз моделі регресії (4.3) методом двовимірних перерізів (рис 4.8) показав, що найбільше значення чистоти $Ч_{п} = 98,4\%$ досягається при $x_1 = -1$ ($X_{п} = 0,25$ м) і $x_2 = -1$ ($Y_{п} = -0,10$ м) за рахунок зміщення кромки поворотного клапана в зону з найменшим вмістом зернових домішок. При цьому втрати повноцінного зерна у відходи складають 5,4%, вихід фракцій відповідно:

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

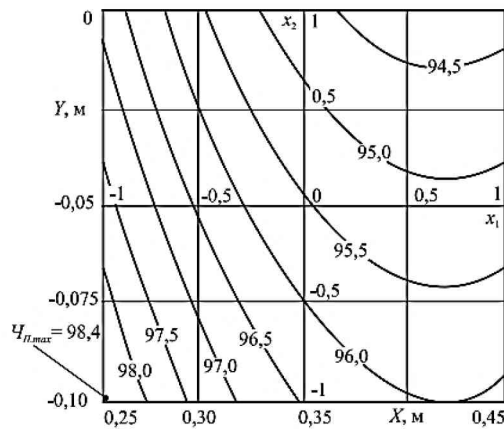


Рисунок 4.8 – Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує вплив положення кромки поворотного клапана (факторів x_1 і x_2) на чистоту Ch_{II} матеріалу II фракції в розділювальній камері (%)

I - 74,4%, II - 4,5%, III - 15,7% від загальної маси вихідного матеріалу, чистота фракцій Ch : I - 100%, II - 98,4%, III - 91,9%.

При дослідженні було визначено також вміст насіння зернової домішки в II фракції і швидкості витання насіння пшениці в II і III фракціях (рис. 4.9) при оптимальному положенні кромки поворотного клапана ($X_{II} = 0,25\text{м}$, $Y_{II} = -0,10\text{м}$).

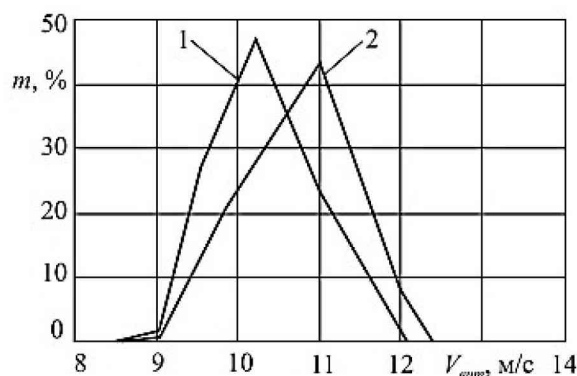


Рисунок 4.9 – Варіаційні криві розподілу насіння пшениці по швидкості витання V_v : 1 – III фракція; 2 – II фракція

Встановлено, що II фракція містить зернову домішку в кількості 187 шт/кг і відповідає вимогам стандарту (не більше 200 шт/кг для категорії РНт – репродуктивне насіння товарного призначення). Варіаційні криві розподілу насіння за швидкістю V_v витання показують, що у II фракції міститься більш

важке зерно, ніж в III фракції (середнє і максимальнє значення швидкості витання мають велику величину).

Таким чином, дослідження розділювальної камери фракційного пневмосепаратора при очищенні насіння ярої пшениці виявило можливість отримання II фракції, яка відповідає за чистоту категорії РНт. При оптимальному положенні кромки поворотного клапана ($X_{II} = 0,25$ м, $Y_{II} = -0,10$ м) чистота II фракції $U_{II} = 98,4\%$, вміст зернової домішки $Z_d = 187$ шт/кг, чистота I фракції $U_I = 100\%$, втрати повноцінного зерна у відходи $a = 5,4\%$.

Після вивчення впливу положення кромки поворотного клапана на розподіл компонентів зернового матеріалу в II і III фракціях були продовжені дослідження з визначення оптимальної довжини $L_{p.k}$ і положення вихідної кромки 5 (рис. 4.7) задньої стінки 6 розділювальної камери по вертикалі (по осі Y). Дослідження проводили при оптимальному положенні кромки поворотного клапана для очищення насіння пшениці. Умови проведення дослідів залишалися ідентичними попереднього дослідження.

У завдання даного дослідження входило визначення мінімальної довжини розділювальної камери і положення вихідної кромки стінки, що визначає також висоту $h_{вх}$ вхідного патрубку пиловловлювача, при яких вміст (маса $m_{лд}$) легких домішок в III фракції по відношенню до їх загальної маси у вихідному матеріалі (у відсотках) буде мінімальним, а втрати a повноцінного зерна у відходи (IV фракція) не перевищуватимуть допустимих значень (для пшениці 10%).

З урахуванням результатів однофакторних експериментів і теоретичних досліджень були обрані рівні та інтервали варіювання факторів, а також план експерименту другого порядку для двох факторів.

Фактори, рівні та інтервали їх варіювання наведені в таблиці 4.7.

Матриця плану експерименту і значення критеріїв оптимізації наведені в **таблиця Б.3.**

В результаті обробки даних експерименту отримані адекватні з 95% ймовірністю моделі регресії другого порядку втрат a (%) повноцінного зерна у відходи і маси $m_{лд}$ (%) в III фракції:

$$Y_a = 4,52 - 1,23x_1 - 2,10x_2 + 0,70x_1x_2 ; \quad (4.4)$$

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$Y_{m_{\text{лд}}} = 6,90 + 2,48x_1 + 4,43x_2 + 0,67x_1x_2 . \quad (4.5)$$

Таблиця 4.7 – Фактори, рівні та інтервали їх варіювання

Кодоване позначення факторів	Назва факторів, їх позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
		-1	0	+1	
x_1	Довжина розділювальної камери, $L_{\text{р.к}}$, м	0,55	0,625	0,70	0,075
x_2	Положення вихідної кромки задньої стінки розділювальної камери по вертикалі $Y_{\text{з.с}}$	-0,10	-0,05	0	0,05

Аналіз моделей регресії (4.4 і 4.5) методом двовимірних перерізів (рис.4.10) показав, що найменше значення втрат $a = 1,89\%$ досягається при $x_1 = +1$ ($L_{\text{р.к}} = 0,7$ м) і $x_2 = +1$ ($Y_{\text{з.с}} = 0$ м), а найменше значення маси легких домішок $m_{\text{лд}} = 0,66\%$ - при $x_1 = -1$ ($L_{\text{р.к}} = 0,55$ м) і $x_2 = -1$ ($Y_{\text{з.с}} = -0,10$ м). При цьому зменшення довжини $L_{\text{р.к}}$ розділювальної камери веде до збільшення втрат a зерна і зниження маси $m_{\text{лд}}$ легких домішок в III фракції за рахунок скорочення часу перебування в ній матеріалу, що розділяється.

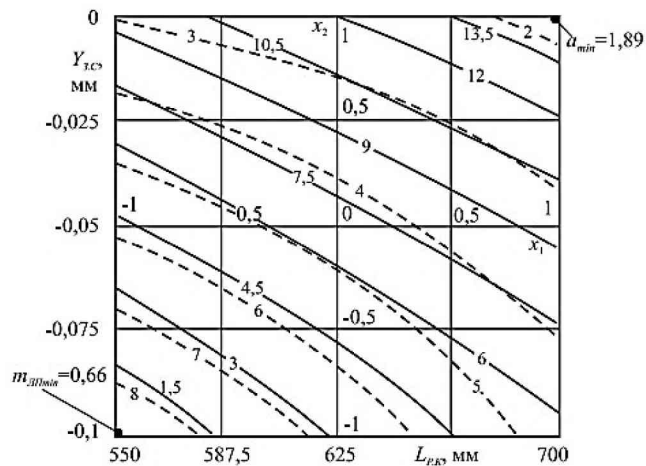


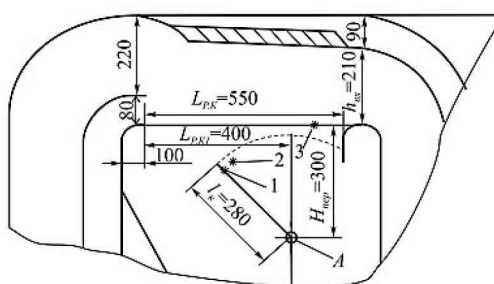
Рисунок 4.10 – Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив факторів $L_{\text{р.к}}$ та $Y_{\text{з.с}}$ на втрати a (-----) повноцінного зерна у відходи (%) та вміст легких домішок $m_{\text{лд}}$ (—) в III фракції (%)

Опускання вихідної кромки задньої стінки нижче нульового рівня (збільшення $h_{\text{вх}}$) також сприяє підвищенню втрат a зерна і зменшення маси $m_{\text{лд}}$

легких домішок в III фракції. Втрати a повноцінного зерна у відходи не перевищують допустимих значень у всій області досліджуваних факторів. Тому довжину $L_{р,к}$ розділювальної камери приймаємо найменшою – 0,55 м. З огляду на те, що з двох критеріїв оцінки (4.4) і (4.5) найбільш важливим є перший (втрати a повноцінного зерна у відходи), фактор $Y_{з,с}$ встановлюємо на верхньому рівні. Вихідна кромка задньої стінки буде знаходитися на одному рівні з вхідною кромкою передньої стінки, а висота $h_{вх}$ вхідного патрубку складе 0,21 м. Дані параметри розділювальної камери дозволять зменшити габаритний розмір пневмосепаратора по довжині на 0,15м і забезпечать утримання $m_{лд}$ легких домішок в III фракції 9,5%, і втрати a повноцінного зерна у відходи 3,0%.

4.2.2 Визначення положення кромки перегородки розділювальної камери і довжини поворотного клапана

Результати дослідження розділювальної камери за впливом конструктивних параметрів і станом кромки поворотного клапана на якість очищення насіння зернових і кормових культур II і III фракцій при допустимих втратах у відходи були використані для визначення довжини l_k поворотного клапана і місця установки кромки A перегородки (рис. 4.11)



1, 2, 3 - оптимальне положення кромки поворотного клапана при очищенні насіння ярої пшениці, козлятнику східного, райграсу пасовищного;
 - - - - траекторія руху кромки поворотного клапана

Рисунок 4.11 – Схема установки поворотного клапана і перегородки в розділювальній камері

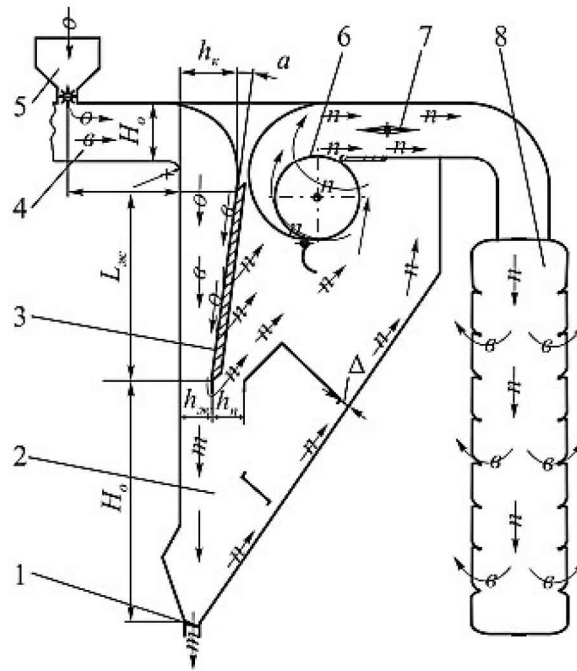
Траєкторія руху кромки клапана при його повороті щодо точки кріплення найкращим чином проходить близько оптимальних положень 1,2,3 (з урахуванням компонування секцій камери) при довжині $l_k=0,28$ м та встановлення його на кромці перегородки, розташованої на відстані $L_{p.k.1}=0,40$ м від вхідної кромки передньої стінки і нижче її рівня на $H_{пер} = 0,30$ м.

Таким чином, в процесі проведеного дослідження розділювальної камери при очищенні насіння зернових культур і кормових трав була встановлена можливість отримання II фракції зернових культур, що відповідає по чистоті категорії РНт репродукційного насіння товарного призначення, і насіння кормових трав, відповідної по чистоті категорії РН репродукційного насіння, при чистоті насіння I фракції, відповідної категорії не нижче ЕН, і допустимих втратах насіння у відходи. Необхідна чистота II фракції забезпечується при мінімальній довжині $L_{p.k}$ 0,55 м, довжині l_k поворотного клапана 0,28 м, встановленого на кромці перегородки, розташованої на відстані 0,40 м від вхідної кромки передньої стінки і нижче її рівня на 0,30 м. При цьому найбільш висока чистота III фракції при допустимих втратах повноцінного насіння у відходи (IV фракція) досягається при розташуванні вихідної кромки стінки розділювальної камери на одному рівні із вхідною кромкою ($h_{вх} = 0,21$ м).

4.3 Обґрунтування схеми інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача

На підставі аналізу конструкцій і характеристик існуючих пристроїв очищення повітря від пилу в пневмосепараторах, для дослідження було запропоновано інерційний жалюзійно-протиточний пиловловлювач, технологічна схема якого зображена на рисунку 4.12. Основною відмінною рисою даного пиловловлювача є розміщення діаметрального вентилятора всередині пиловловлювача над пилоосадовою камерою.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$\phi \rightarrow$ - тирса; $n \rightarrow$ - повітря з дрібнодисперсним пилом;
 $\sigma \rightarrow$ - повітря; $m \rightarrow$ - важка фракція

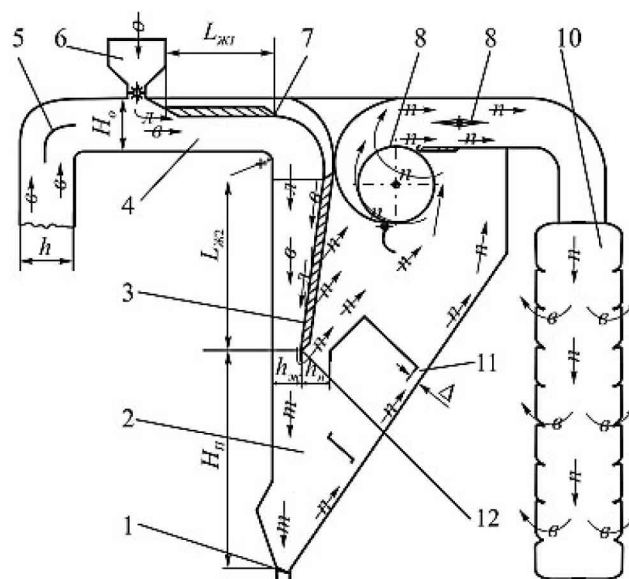
1,5 - пристрої виведення і введення матеріалу; 2 - пилоосадова камера;
 3 - інерційний жалюзійно-протиточний пиловловлювач; 4 - повітропровід;
 6 - діаметральний вентилятор; 7 - заслінка регулювання швидкості повітряного потоку; 8 - тканинний фільтр

Рисунок 4.12 – Технологічна схема інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача

Робочий процес відбувається наступним чином. Діаметральний вентилятор 6, який працює на всмоктування, рівномірно подає повітряний потік в повітропровід 4. Одночасно в повітропровід 4 за допомогою пристрою введення 5 подаються легкі домішки, які разом з повітряним потоком переміщуються в зону роботи інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача 3, де під дією інерційних і гравітаційних сил вловлені легкі домішки в подальшому осідають в пилоосадовій камері 2, а потім видаляються пристроєм 1 назовні. Повітря, що містить дрібнодисперсний пил, з інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача і пилоосадової камери прямує через проточну частину діаметрального вентилятора 6 в тканинний фільтр 8, де очищається і викидається в атмосферу. Швидкість повітряного потоку в пиловловлювачі регулюється заслінкою 7.

Однофакторними експериментами вивчено вплив довжини $L_{ж}$ жалюзійної решітки (0,8; 0,9; 1,0 м), висот $h_{ж}$ і $h_{п}$ вихідних отворів жалюзійного і протиточного очищувачів (0,050; 0,075; 0,100; 0,125; 0,150 м) і швидкості $V_{п}$ повітряного потоку на вході в пиловловлювач (4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 м/с) на ефект E очищення повітря і гідравлічний опір $P_{г}$ пиловловлювача. Дослідження показали, що збільшення $h_{ж}$ і $h_{п}$ до 0,125 м стабілізує процес очищення повітря. Ефект E очистки складає 85-93% по всьому діапазону швидкостей $V_{п}$, а гідравлічний опір не перевищує 280 Па. Однак проведені однофакторні експерименти виявили конструктивні недоліки розробленої схеми.

Наявність вертикально розташованого інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача в пилоосадовій камері призводить до великих габаритних розмірів по висоті. Тому запропонована схема із застосуванням Г-подібного інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача (рис. 4.13).



- $\phi \rightarrow$ - повітря;
 $\psi \rightarrow$ - легкі домішки;
 $m \rightarrow$ - повітря з дрібнодисперсним пилом;
 \rightarrow - важка фракція

- 1, 6 - пристрої виведення і введення матеріалу; 2 - пилоосадова камера;
 3, 7 - кінцева і початкова ділянки інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача; 4 - повітропровід; 5 - напрямна пластина; 8 - діаметральний вентилятор; 9 - заслінка регулювання швидкості повітряного потоку;
 10 - тканинний фільтр; 11 - вихідне вікно пило осадової камери;
 12 - протиточний очищувач

Рисунок 4.13 – Технологічна схема Г-подібного інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача

Особливістю конструкції даного пиловловлювача є те, що початкова ділянка 7 жалюзійного очищувача розташована горизонтально, а кінцева 3-вертикально. Крім того, повітропровід 4 забезпечений направляючою пластиною 5, яка сприяє вирівнюванню повітряного потоку. Застосування Г-подібного пиловловлювача дозволило зменшити габаритний розмір установки по висоті на 0,4 м.

Згідно методики (п.3.6) проведено дослідження інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача. В результаті досліджень впливу довжини жалюзійної решітки $L_{ж}$; висоти вихідних отворів жалюзійного і протиточного очищувачів $h_{ж}$ і $h_{п}$; глибини пилоосадової камери $H_{п}$; висоти вихідного вікна пилоосадової камери $h_{вих.в}$ на ефект очистки повітря E та гідравлічний опір пиловловлювача $P_{г}$ встановлені оптимальні основні конструктивні параметри інерційного Г-подібного жалюзійно-протиточного пиловловлювача: $L_{ж} = 1,3$ м, $h_{ж} = 0,09$ м, $h_{п} = 0,13$ м, $H_{п} = 0,8$ м, $h_{вих.в} = 0,08$ м.

Отже, на основі проведених експериментів встановлено, що заміна переривчастої розділювальної перегородки на суцільну покращує якісні показники в пневмосепарувальному каналі і дозволяє отримувати матеріал, відповідний по чистоті категорії ОН, а установка нижньої частини зовнішньої стінки L_c довжиною 50 мм і під кутом $\alpha = 20^0 \dots 30^0$ дозволяє зменшити розмір повітряного вихору в зоні подачі матеріалу на опорну сітку і тим самим знизити коефіцієнт варіації швидкості повітря з $\mu = 0,32$ до $\mu = 0,22$.

Визначено основні конструктивні параметри вертикального пневмосепарувального каналу, які найбільше впливають на процес сепарації матеріалу. Отримано математичні моделі втрат a насіння у відходи та виходу C насіння чистого, відповідної категорії НС при питомому навантаженні на канал 1,74 кг/(с·м). Оптимальними конструктивно-технологічними параметрами ПСК, при яких вихід C насіння становить 80,6%, а втрати a насіння мінімальні (2,8%), є $h_1 = 0,21$ м і $h_{відв.1} = 0,22$ м, при $h = h_{відв} = 0,30$ м.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Доведено, що зміна висоти ПСК в межах від 0,4 до 1,0 м не призводить до суттєвої зміни якості очищення насіння. Її можна приймати в цих межах, виходячи з конструктивних і компоновальних особливостей пневмосепаратора .

Досліджено можливість отримання в розділювальній камері фракції, які за своїм складом відповідають по чистоті не нижче категорії репродукційного насіння. Отримано математичні моделі чистоти $Ч$ матеріалу II фракції для пшениці, райграсу і козлятнику. Визначено оптимальну довжина l_k поворотного клапана і місце установки кромки A перегородки. При довжині $l_k = 0,28$ м та встановлення його на кромці перегородки, розташованої на відстані $L_{p.k.1}=0,40$ м від вхідної кромки передньої стінки і нижче її рівня на $H_{пер}=0,30$ м на всіх вивчених культурах вдається виділити фракцію, що відповідає категорії РНт.

В результаті дослідження по уточненню оптимальної довжини $L_{p.k}$ розділювальної камери і положення $Y_{з.с}$ вихідної кромки її задньої стінки по вертикалі визначено оптимальне поєднання даних конструктивних параметрів ($L_{p.k}=0,55$ м; $Y_{з.с}=0$ м), при яких зменшується габаритний розмір пневмосепаратора по довжині на 0,15 м, а вміст $m_{л}$ легких домішок в III фракції становить 9,5%, втрати a повноцінного зерна у відходи при цьому 3,0%.

Розроблено схему Г-подібного інерційного жалюзійно-протиточного пиловловлювача. Визначено його основні конструктивні параметри: довжина жалюзійної решітки $L_{ж} = 1,3$ м, висота вихідних отворів жалюзійного і протиточного очищувачів $h_{ж} = 0,09$ м, $h_{п} = 0,13$ м, глибина пилоосадової камери $H_{п} = 0,8$ м, висота вихідного вікна пилоосадової камери $h_{вих.в} = 0,08$ м.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

5.1 Охорона праці

Перехід суспільства до широкого використання ринкових відносин, виникнення різноманітних форм власності потребують розроблення нових підходів до побудови сучасної моделі управління охороною й безпекою праці на національному, регіональному й виробничому рівнях. У суспільстві із соціально орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики як держави, так і кожного підприємства та організації.

Охорона праці – це система законодавчих, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці [18].

В роботі проводилися дослідження по удосконаленню конструкції пневмосепаратора в технологічному процесу очищення насіння. Розглянемо вимоги безпеки під час виконання робіт [16].

Для операторів зерноочисних машин:

- перед включенням машин необхідно переконатися, що поблизу машин відсутні люди і подати звуковий сигнал;

- не можна працювати зі знятими огороженнями пасових і ланцюгових передач трієрних циліндрів та інших обертових частин зерноочисних машин, муфт, блоків натяжних пристроїв, місць набігання полотен транспортерів на барабани, опорних роликів і роликів нижньої гілки стрічки в зонах робочих місць, а також рухомих частин машин і механізмів, що знаходяться в місцях, вільних для доступу;

- необхідно усувати пошкодження, проводити очищення машини від зерна й домішок, мащення й регулювання тільки при виключеному рубильнику, відключеному штепсельному з'єднанні і зупиненій машині.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Під час обслуговування й очищення вузлів машин і електрообладнання, що знаходяться високо, необхідно користуйтесь розсувною або переносною драбиною з опорними наконечниками, що виключають можливість сковзання її по підлозі (землі, площадці тощо).

При переміщенні самопересувних машин не можна допускати натягу живильного кабелю, а також наїзд на нього.

Під час зміни місця роботи зерноочисних і сортувальних машин, навантажувачів зерна та іншого пересувного обладнання необхідно від'єднати від силової шафи живильний кабель.

Очищати решета необхідно спеціальною щіткою. Регулювання щіток проводиться тільки після зупинки машини.

При обслуговуванні решітних станів зерноочисних машин не можна ставати на раму щіткового механізму.

Під час роботи зерноочисних машин зерно й відходи необхідно прибирати зі скатних дощок і лотків спеціальними скребками з довгими ручками.

Не можна чистити руками осадові камери аспіраційних улаштувань через оглядові люки. Цю роботу необхідно виконувати після повної зупинки машини.

Не можна допускати накопичення пилу, відходів соломи, зернових решток і іншого сміття біля машин, в робочій зоні.

Під час обслуговування транспортерів для переміщення зерна:

- під час роботи транспортера не можна ставати на раму машини, не відкривати кришки люків кожуха;

- для очищення шнеку, що забився зерном, необхідно зупинити машину і відкрити кришки кожуха;

- переміщення транспортерів по території току із швидкістю не більше 5км/год., уникати їх перекидання. Не можна знаходитися у цей час поруч із транспортером;

- при переміщенні транспортерів їхні поворотні скребкові частини необхідно встановлювати паралельно ходовим колесам;

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

- під час переміщення транспортерів вручну не можна ставати збоку.

Для працівників, які виконують ручні роботи під час обробки зерна:

- необхідно виконувати вказівки тільки керівника робіт;

- не можна підгрібати руками зерно до завантажувальних транспортерів зерноочисних і сортувальних машин, робочих органів навантажувачів, транспортерів тощо. Для роботи необхідно використовувати тільки інструмент (лопати, граблі, совки);

- не можна переступати через негороджені ланцюги скребкових завантажувальних транспортерів машин.

Виконання вимог безпеки сприяє зниженню травматизму до мінімуму.

З метою запобігання виробничого травматизму необхідно посилити контроль за дотриманням вимог безпеки при виконанні робіт; проводити своєчасне навчання з питань охорони праці; поновити засоби колективного захисту, забезпечити працюючих засобами індивідуального захисту; проводити своєчасно медичні огляди; застосовувати штрафні санкції за порушення вимог безпеки.

5.2 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза — це комплексний аналіз технологій, матеріалів, устаткування, техніки, проектів, планів, прогнозів та іншої документації, аналіз та оцінка результатів запланованої або існуючої господарської діяльності, що чинить чи може чинити негативний вплив на навколишнє природне середовище, який проводять висококваліфіковані спеціалісти-експерти для визначення відповідності поданих матеріалів чинному законодавству і розробки конструктивних пропозицій щодо охорони навколишнього середовища.

Екологічна експертиза спрямована на запобігання новим, обмеження або ліквідацію існуючим негативним джерелам впливу на оточуюче природне середовище та здоров'я населення. Необхідність та процедура проведення

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

екологічної експертизи визначені природоохоронним законодавством України. Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [17] встановлює правові та організаційні засади оцінки впливу на довкілля, спрямованої на запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони довкілля, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів.

З метою недопущення забруднення навколишнього природного середовища при роботі зерноочисних машин передбачаються такі природоохоронні заходи:

- недопущення перевищення викидів визначених концентрацій по основних забруднюючих речовинах в атмосферне повітря;
- недопущення використання обладнання з перевищенням у викиди відпрацьованих газів нормативно встановлених показників CO, CH, NO₂;
- регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в періоди несприятливих метеорологічних умов відповідно заходів передбачених матеріалами ОВНС та документами дозвільного характеру;
- реалізація заходів, з метою мінімізації викиду забруднюючих речовин до атмосферного повітря при впровадженні технологічних операцій;
- суворе дотримання технологічного регламенту;
- ведення технологічного процесу і обслуговування обладнання в суворій відповідності з керівництвом по експлуатації, проектною документацією, виробничими інструкціями, інструкціями з охорони праці, протипожежної і екологічної безпеки;
- вжити заходів щодо недопущення втрат сировини при транспортуванні автотранспортом на зерноочисний та зерносушарний комплекс;
- реалізація заходів щодо зниження пилоутворення під час впровадженні планової діяльності;

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

- наявність чіткого регламенту та необхідної кількості засобів на випадок виникнення необхідності оперативної ліквідації, у повному обсязі, з метою мінімізації можливого негативного впливу на оточуюче природне середовище, будь-якої аварійної ситуації;
- припинення будь-яких робіт при виникненні будь-яких нештатних ситуацій до приведення технологічного процесу до нормальних умов;
- організація спеціально відведених та відповідно обладнаних місць для тимчасового зберігання кожного окремого виду небезпечних відходів згідно з їх характеристикою небезпеки та відповідно до вимог діючих санітарно-гігієнічних норм і правил;
- виконання запланованих заходів з охорони та раціональному використанню водних ресурсів;
- використання сучасного технологічного обладнання для ведення технологічного процесу;
- очищення пило-газоповітряної суміші за допомогою циклонів та сепаратора;
- оснащення газорозподільного обладнання скидними клапанами, запірною арматурою, контрольно-вимірювальною апаратурою та автоматикою, забезпечення мінімальної кількості фланцевих з'єднань на технологічних трубопроводах;
- вжиття заходів щодо зниження рівнів шуму;
- влаштування водонепроникного покриття на території проммайданчику та під'їзних автодоріг;
- відведення господарсько-побутових стічних вод в гідроізольований септик з подальшим вивезенням на очисні споруди комунального підприємства;
- використання труб для системи водопостачання й водовідведення із сучасних високоякісних матеріалів;
- реалізація заходів з виключення виникнення забруднення ґрунту;
- недопущення використання техніки з підтіканням ПММ;

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ремонтні роботи техніки, обладнання проводити у спеціально відведених місцях;
- стежити за герметичністю обшивки енергетичних установок, вибухових клапанів, зварних сполучень технологічних трубопроводів, регулярно усувати присоси повітря через обшивку установок, повітропроводів і газоходів;
- забезпечення проведення екологічного моніторингу за станом навколишнього природного середовища.

5.3 Економічна ефективність розробок

Вихідні дані і розрахунок техніко-економічної ефективності наведені в **таблиці В.1.**

Пропонована машина має більш високу ціну, але за рахунок удосконалення конструкції і технологічного процесу забезпечує поділ матеріалу за один пропуск на чотири фракції: насіння, відповідне по чистоті категорії ЕН; насіння, відповідне по чистоті категорії РНт; фуражне зерно; відходи.

При розрахунку економічного ефекту від застосування пропонованого сепаратора при очищенні зерна пшениці прийнято, що якість зерна і його втрати у відходи в процесі обробки однакові в обох варіантах. Однак при очищенні матеріалу з використанням базового варіанту для досягнення однакової якості насіння потрібно 80% матеріалу пропускати двічі.

При першому пропуску виділяється фуражне зерно, при другому пропуску зерно ділиться на категорії ЕН і РНт. Економічний ефект досягається за рахунок зниження наведених експлуатаційних витрат на обробку зерна.

Крім економічного ефекту пропонований сепаратор забезпечує поліпшення санітарно-гігієнічних умов обслуговуючому персоналу і знижує концентрацію запиленості повітря, що видаляється в атмосферу.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок техніко-економічної ефективності застосування запропонованого фракційного сепаратора наведений в таблиці 5.1 [4].

Таблиця 5.1 – Розрахунок техніко-економічної ефективності розробки

Показники	Формула Розрахунку	Базовий варіант		Пропонований варіант	
		Числовий вираз	Числове значення	Числовий вираз	Числове значення
Балансова ціна, грн.	$B = C \cdot m$	$45000 \cdot 1,2$	54000	$50000 \cdot 1,2$	60000
Питомі витрати на зарплату, грн/т	$Z = \frac{\sum(\Gamma \cdot P)}{W \cdot K_{\text{експ}}}$	$\frac{41,7 \cdot 0,5 + 25,8 \cdot 2}{2 \cdot 0,95}$	38,1	$\frac{41,7 \cdot 0,5 + 25,8 \cdot 2}{2 \cdot 0,95}$	38,1
Амортизаційні відрахування, грн/т	$A = \frac{B \cdot a}{W \cdot T \cdot 100 \cdot K_{\text{експ}}}$	$\frac{45000 \cdot 11,1}{2 \cdot 400 \cdot 100 \cdot 0,95}$	6,57	$\frac{50000 \cdot 11,1}{2 \cdot 400 \cdot 100 \cdot 0,95}$	7,3
Питомі витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/т	$B_p = \frac{B \cdot K_p}{W \cdot T \cdot 100 \cdot K_{\text{експ}}}$	$\frac{45000 \cdot 2}{2 \cdot 400 \cdot 100 \cdot 0,95}$	1,18	$\frac{50000 \cdot 2}{2 \cdot 400 \cdot 100 \cdot 0,95}$	1,32
Питомі витрати на електроенергію, грн/т	$B_{\text{пит ел}} = \frac{N \cdot B_{\text{ел}}}{W \cdot K_{\text{експ}}}$	$\frac{2,75 \cdot 1,68}{2 \cdot 0,95}$	2,43	$\frac{2,75 \cdot 1,68}{2 \cdot 0,95}$	2,43
Питомі витрати на зберігання, грн/т	$B_{\text{пит з}} = \frac{B_z}{W \cdot K_{\text{експ}}}$	$\frac{0,7}{2 \cdot 0,95}$	0,37	$\frac{0,7}{2 \cdot 0,95}$	0,37
Питомі капіталовкладення, грн/т	$K_{\text{пит}} = \frac{B}{W \cdot T \cdot K_{\text{експ}}}$	$\frac{45000}{2 \cdot 400 \cdot 0,95}$	59,2	$\frac{50000}{2 \cdot 400 \cdot 0,95}$	65,8
Питомі експлуатаційні витрати на обробку насіння, грн/т	$P_{\text{експ}} = Z + A + B_p + B_{\text{пит ел}} + B_{\text{пит з}}$	$(38,1 + 6,57 + 1,18 + 2,43 + 0,37) \cdot 1,8^*$	87,57	$38,1 + 7,3 + 1,32 + 2,43 + 0,37$	49,52

* 1,8 – коефіцієнт, що враховує збільшення витрат по причині більшого часу обробки матеріалу для отримання необхідної якості.

Річний економічний ефект по приведених витратах визначається за формулою:

$$E_p = [(P_{\text{б}} + E \cdot K_{\text{б}}) - (P_{\text{пр}} + E \cdot K_{\text{пр}})] \cdot W \cdot T \cdot K_{\text{експ}}, \quad (5.1)$$

де $P_{\text{б}}$, $P_{\text{пр}}$ – прямі витрати на одиницю продукції по базовій і пропонованій машинах, грн/т;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (0,15);

$K_{\text{б}}$, $K_{\text{пр}}$ – питомі капіталовкладення, грн/т.

Річний економічний ефект від застосування фракційного сепаратора:

$$E_p = [(87,57 + 0,15 \cdot 59,2) - (49,52 + 0,15 \cdot 65,8)] \cdot 2 \cdot 400 \cdot 0,95 = 28166 \text{ грн.}$$

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю продукції у пропонованого сепаратора будуть нижче на:

$$P_{\text{пр1}} = \left(1 - \frac{49,52}{87,57}\right) 100 = 43\% . \quad (5.2)$$

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{B_{\text{пр}}}{E_p}, \quad (5.3)$$

$$T = \frac{50000}{28166} = 1,7 \text{ року.}$$

Отже, очікуваний річний економічний ефект від роботи пневматичного сепаратора на очищуванні насіння по фракційній технології досягається за рахунок зниження приведених витрат шляхом скорочення часу, необхідного для отримання насіння необхідної якості і складає 28166 грн. Термін окупності менше 2 років.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу літературних джерел розроблена конструктивно-технологічна схема фракційного пневмосепаратора насіння, що містить вертикальний пневмосепарувальний канал з опорної сіткою і суцільною розділювальною перегородкою, послідовно з'єднані з ним розділову камеру, інерційний жалюзійно-протиточний Г-подібний пиловловлювач, осадову камеру і діаметральний вентилятор з дросельною заслінкою, що працює на всмоктування, пристрої введення матеріалу і виведення його фракцій.

2. Розраховані траєкторії руху компонентів насінневого матеріалу в вертикальному пневмосепарувальному каналі і його відводі, а також в розділювальній камері, що дозволило визначити довжину розділювальної камери ($L_{к.р} = 0,5 \dots 0,6$ м), її висоту ($H_{р.к.} \geq 0,5$ м) і положення вихідної кромки задньої стінки розділювальної камери щодо її верхньої стінки ($h_{вих} = 0,30 \dots 0,35$ м).

3. Експериментальними дослідженнями визначені основні конструктивні параметри вертикального ПСК з опорною сіткою і суцільною розділювальною перегородкою при питомій подачі $q = 1,74$ кг/(с·м): $H_{ПСК} = 0,4 \dots 0,8$ м, $h = h_{відв} = 0,3$ м, $h_1 = 0,21$ м, $h_{отв.1} = 0,22$ м, $S = 0,1$ м, $L_c = 0,05$ м, $\alpha = 20 \dots 30^\circ$.

4. Визначені основні конструктивні параметри розділювальної камери: $L_{р.к} = 0,55$ м, $L_{р.к.1} = 0,40$ м, $H_{пер} = 0,30$ м, $l_k = 0,28$ м, $Y_{з.с} = 0$ м ($h_{вих} = 0,30$ м).

5. Визначено основні конструктивні параметри інерційного жалюзійно-протиточного Г-подібного пиловловлювача: $L_{ж} = 1,3$ м, $h_{ж} = 0,09$ м, $h_{п} = 0,13$ м, $H_{п} = 0,8$ м, $\Delta = 0,08$ м.

6. Розрахунковий річний економічний ефект від застосування пропонованого пневмосепаратора в порівнянні з пневмосепаратором СП-2У-ОК за рахунок зниження питомих приведених витрат складає 28116 грн.

					КРМ.133ГМмд_21.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72