

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

НОВАЧУК ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 631.362

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування параметрів гравітаційного сепаратора для очищення зерна
(тема роботи)

208 «Агроінженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Сукманюк Олена Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.і.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Новачук О. О. Обґрунтування параметрів гравітаційного сепаратора для очищення зерна. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

В кваліфікаційній роботі наведений аналіз сучасних технічних засобів для післязбиральної обробки зерна. Описана існуюча техніка для післязбиральної обробки зерна, показані загальна конструкція та аналіз гравітаційних сепараторів. Показаний аналіз процесу руху частинок зернового матеріалу по похилій дошці та на сепаруючій гребінці.

Обґрунтовані основні параметри та раціональні схеми повітряно-гравітаційного сепаратора для очищення зерна. Наведена методика проведення дослідів при розподілі зернового матеріалу, оцінка ефективності технологічного процесу очищення та показаний вплив основних параметрів на ефективність очищення зерна.

Ключові слова: очищення, зерно, процес, гравітаційний сепаратор, удосконалення.

ABSTRACT

Novachuk O.O. Justification of the parameters of a gravity separator for grain cleaning. Qualification for the advanced master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification thesis presents an analysis of modern technical means for post-harvest grain processing. Existing equipment for post-harvest grain treatment is described, and the general design and analysis of gravity separators are provided. An analysis of the movement of grain material particles along an inclined board and on the separating comb is presented.

The main parameters and rational schemes of the air-gravity separator for grain cleaning are substantiated. A methodology for conducting experiments on grain material separation is provided, including evaluating the efficiency of the technological cleaning process and showing the influence of key parameters on the effectiveness of grain cleaning.

Keywords: cleaning, grain, process, gravity separator, improvement.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА	6
1.1. Існуюча техніка та технологія для післязбиральної обробки зерна та шляхи розвитку	6
1.2. Пневмосепаруючі канали та камери	8
1.3. Загальна конструкція та аналіз гравітаційних сепараторів	10
1.4. Висновки по першому розділу	21
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ	22
2.1. Аналіз процесу руху частинок зернового матеріалу по похилій дошці	22
2.2. Аналіз процесу руху частинок пшениці на сепаруючій гребінці	27
2.3. Висновки по другому розділу	29
РОЗДІЛ 3. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ	30
3.1. Обґрунтування основних параметрів повітряно-гравітаційного сепаратора	30
3.2. Методика проведення дослідів при розподілі зернового матеріалу	33
3.3. Оцінка ефективності технологічного процесу очищення	34
3.4. Обґрунтування раціональної схеми повітряно-гравітаційного сепаратора для очищення зерна	36
3.5. Вплив основних параметрів повітряно-гравітаційного сепаратора на ефективність очищення зерна	37
3.6. Вплив кількості гребінок на ефективність виділення домішок у повітряно-гравітаційному сепараторі для очищення зерна	38
3.3. Висновки по третьому розділу	39
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41

ВСТУП

Однією з найважливіших технологічних операцій на процесах прийому, зберігання та переробки зерна є процес сепарування, тобто поділ сипких матеріалів на фракції, що відрізняються властивостями частинок. Аналіз даних показує, що існуюча техніка сепарування за чіткістю поділу сумішей недостатньо ефективна і не задовольняє зростання вимог промисловості. Тому на сьогоднішній день розробка нової техніки для сепарування зерна та продуктів його переробки є дуже актуальною.

Конструкції сепараторів постійно удосконалюються, але в нових машинах збільшення продуктивності досягається не за рахунок інтенсифікації процесу сепарації, застосування технологічних режимів, а за рахунок збільшення площі робочої поверхні решіт.

Підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна необхідно шукати за рахунок подальшого вивчення закономірностей процесу сепарації і створення на даній основі нових робочих органів, видів і режимів їх руху, які в поєднанні забезпечують підвищення пропускної здатності зерноочисних машин.

Основна мета є підвищення ефективності очищення зерна від великих, дрібних та легких домішок за рахунок застосування нової конструкції гравітаційного сепаратора та обґрунтування його параметрів.

Об'єкт дослідження: процес очищення зернових культур на гравітаційному сепараторі.

Предмет дослідження: Закономірність процесу очищення зерна від легких, дрібних та великих домішок за розмірами в гравітаційному сепараторі.

Методологія і методи дослідження.

Фізико-механічні властивості зерна та домішок визначали відповідно до державних стандартів. Основні параметри гравітаційного сепаратора, що удосконалюється для очищення зерна були досліджені за методикою.

Основні завдання дослідження:

- розробити математичну модель процесу розподілу зернових сумішей на гравітаційному сепараторі для очищення зернового матеріалу від домішок;
- вивчити вплив основних параметрів гравітаційного сепаратора для очищення зерна, а також фізико-механічних властивостей зернового матеріалу на ефективність виділення великих, дрібних та легких домішок.

Публікації:

Сукманюк О. М., Новачук О. О. Аналіз процесу руху частинок зернового матеріалу по похилій дошці. *Біоенергетичні системи: Біоенергетичні системи: матеріали ІХ міжн. наук.-практ. конф. 19-20 листопада 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 35-40.*

Новачук О. О. Існуюча техніка та технологія для післязбиральної обробки зерна та шляхи розвитку. *Наукові читання – 2025: збірник тез доповідей наук.-практ. конф. за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. Том 2. 85 С. 70-74.*

Новачук О. О. Загальна конструкція та аналіз гравітаційних сепараторів. *Студентські читання–2025: матеріали наук.-практ. конф. науково-педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 30 жовтня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. Т2. 85 с. С. 42-49.*

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 43 сторінках машинописного тексту, містить 16 рисунків, списку використаних джерел з 13 найменувань.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

1.1. Існуюча техніка та технологія для післязбиральної обробки зерна та шляхи розвитку

«Для одержання необхідної кондиції насіння зерна застосовується класична триступенева обробка. Зерно, що надійшло від комбайнів, необхідно піддати спочатку попередньому та первинному очищенню, потім вторинному, а після цього остаточному очищенню» [1-3].

«В неочищеному та вологому зерновому вороху вже починаючи з другої доби розпочинає накопичуватись вуглекислий газ, який витісняє кисень з міжзернового простору, а це в сою чергу може призвести до пошкодження зародка та втрат схожості зерна при сівбі. Тому необхідно, щоб зерновий ворох був якнайшвидше очищений від домішок і доведений до кондиційної вологості» [1-3].

«У сільському господарстві переважно використовують машини повітряно-решітного типу, в яких основним робочим елементом є решітна система, а допоміжним – пневматична установка.» [3].

«Машини, що застосовуються в даний час для очищення зернового вороху повітряним потоком можна умовно поділити на чотири основні групи – це вібраційні, відцентрові, гравітаційні та інерційні» [1- 3].

Здійснивши поєднання повітряного та решітного сепараторів в одній зерноочисній машині дасть можливість застосовувати один механізм для розподілення зернового матеріалу по ширині сепарувальних робочих органів машини - пневмоканалу та решета, а також буде сприяти підвищенню якості очищення зернового вороху при проходженні через одну машину.

«Схеми компонування повітряно-решітних машин різні, але найбільш є поширеною схема, при якій очищення повітрям пневмосепаратором відбувається перед очищенням на решітках. Також є схеми, де пневмосепаратор стоїть після решіт, ці схеми знайшли своє використання в машинах вітчизняних та зарубіжних фірм. В даних машинах встановлені решета з великими отворами, але в них мала продуктивність» [1-2].

Існують технологічні схеми дворазового очищення зерна повітряним потоком, що відбувається очищення до і після решета, наприклад, у машинах К-531 Петкус, СВУ-5.

«Схеми решітної частини в зерноочисних машинах різноманітні, причому одиночне решето в них застосовується рідко. Найбільш поширена

двоюрсна схема розташування решіт, що відрізняється способом поділу зернового матеріалу по ярусах» [1].

«В першій схемі передбачено виділення великої домішки, далі дрібної. Відповідно решето з маленькими отворами розташовані під решетом з великими. Спочатку зерновий матеріал подається на верхнє решето, де проходом через нього здійснюється виділення основного зерна та дрібних домішок, сходом – великі домішки, нижнім решетом здійснюється виділення дрібних домішок» [1].

«Збільшення швидкості руху зернового матеріалу по решету потребує відповідного підвищення інтенсивності перемішування його шарів, щоб якомога більша кількість проходових частинок за короткий проміжок часу могла досягти поверхні решета та пройти крізь його отвори. Однак такий підхід є малоефективним і не може розглядатися як перспективний. У машинах традиційної конструкції цього ефекту намагаються досягти шляхом збільшення частоти та амплітуди коливань робочих органів, що неминуче спричиняє збільшення маси обладнання, необхідної для забезпечення його міцності та стабільності процесу очищення, а також веде до створення громіздких і дорогих споруд» [1].

«Концепція фракційної переробки полягає у поділі початкового потоку зерна на фракції, які відрізняються за складом домішок та фізико-механічними властивостями, із подальшим їх роздільним очищенням, гідротермічною обробкою та розмелюванням. За розгалуженої схеми поетапного фракціонування кількість отриманих фракцій може бути більшою за число потоків, які надалі піддаються окремій обробці» [1].

Машина, такі як СУОД, СВУ-1,25, ОВА-1,0, містять одне решето, у зв'язку з цим, низька продуктивність, відбувається перевищення пропускної здатності верхнього решета над нижнім, при цьому нижнє решето стає перевантаженим і виникають перешкоди виділення дрібної домішки.

Для поділу зернового матеріалу за аеродинамічними властивостями використовують пневмосепаруючі пристрої, які є самостійними машинами (пневмосепаратори, аспіраційні колонки, аспіратори), які включають пневмосепаруючий канал; пристрій осадження легких домішок; пиловловлюючий пристрій; механізми регулювання технологічного процесу; сполучні пневмоприводи.

Пневмосепаруючі системи поділяються на такі групи:

1. За способом циркуляції повітряного потоку бувають: із замкнутим, розімкнутим та замкнуто-розімкнутим циклом повітря.

2. За кількістю сепарувальних каналів: з одним каналом, двома чи декількома каналами.

3. За способом використання: централізовані системи, самостійні системи (пневмосепаратори) та складні системи (повітряно-решітні системи в зерно- і насін'яочисних машинах);

4. За напрямком повітряного потоку в сепарувальних каналах та камерах: вертикальні, горизонтальні та похилі.

5. За способом підведення повітря до зони пневмосепарації поділяються на: з всмоктуючим потоком повітря, горизонтальним та з нагнітальним потоком повітря.

6. За формою пневмоканалу бувають прямокутної, кільцевої, круглої та квадратної.

1.2. Пневмосепаруючі канали та камери

«На покращення ефективності очищення найбільше впливає форма, конструкція та геометрія каналів, який є основним робочим органом пневмосепаруючих пристроїв» [7]. Тому збільшення ефективності очищення зернового матеріалу від легких домішок буде залежати насамперед від даних параметрів.

Найпоширеніші пневмосепаруючі пристрої з вертикальним повітряним потоком [7]. На рис. 1.1 показані схеми пневмосепаруючих каналів.

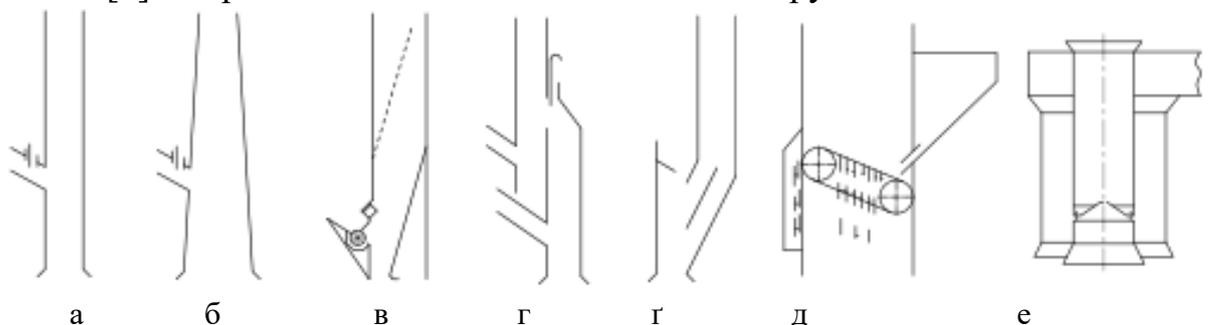


Рисунок 1.1. Схеми пневмосепаруючих каналів: а – прямокутний постійного перетину; б – конічний; в – з ситовим транспортером; г - похилий з подвійним продуванням; г – подвійний; д - з відбивними козирками; е - кільцевої форми перерізу

«Деякі дослідники віддають перевагу пневмоканалам кільцевої форми, так-як вони найбільш повно відповідають вимогам ефективності очищення та в них порівняно легко можна досягти необхідної швидкості повітряного потоку за допомогою вирівнювальної решітки» [8]. Такі пневмоканали невеликі та зручно компонуються в самостійних пневмосепаруючих машинах. Але значно складніше забезпечити в даних каналах рівномірність

розподілу по довжині каналу у зв'язку з одностороннім відсмоктуванням повітря» [8].

«У повітряно-решітних сепараторах переважно застосовують пневмоканали прямокутної форми, що зумовлено необхідністю рівномірного розподілу зернового матеріалу по ширині решета. Проте забезпечення однакової швидкості повітряного потоку по всій довжині такого каналу є складним завданням, у зв'язку з чим у конструкціях даних машин використовують спеціальні елементи вирівнювання потоку – сітки, решета, бар'єри та перегородки». [8].

«У повітряних зерноочисних машинах пневмоканали круглої форми застосовують доволі рідко, так як обладнання з такою конструкцією зазвичай має низьку продуктивність». [7, 8]

«Канали, що мають квадратний переріз також характеризуються недостатньою ефективністю сепарації та супроводжуються відносно високими втратами зерна» [7, 8].

Деякі дослідники відмічають, що на ефективність очищення впливає перетин пневмоканалу у вертикальній площині.

«Ряд дослідників зазначає, що ефективність очищення значною мірою залежить від форми перерізу пневмоканалу у вертикальній площині. Частина з них позитивно оцінює канали клиноподібної форми, що розширюються догори (рис. 1.1, б), хоча такі конструкції, як і попередні, мають проблему нерівномірного розподілу повітряного потоку. Інші автори [7–8] підкреслюють високу ефективність очищення у прямокутних каналах сталого перерізу (рис. 1.1, а), а також у каналах клиноподібної форми, що звужуються догори (рис. 1.1, в)» [8].

«Найвищі показники ефективності сепарування демонструють похилі пневмоканали з подвійним продуванням (рис. 1.1, г, г). Водночас їх значним недоліком є те, що разом із легкими домішками з потоку може виноситися повноцінне зерно, яке потрапляє у відходи» [8].

«Пневмосепарувальні канали, оснащені відбивними козирками або зигзагоподібними перегородками (рис. 1.1, е), є одними з найбільш трудомістких у виготовленні. [8]. Крім того, їхнім характерним недоліком є повторне змішування легких домішок (лушпиння, насіння бур'янів, битого зерна тощо) із зерном основної культури: ударяючись об елементи конструкції, домішки рухаються вниз пневмоканалом разом з основним потоком та потрапляють у фракцію очищеного зерна, знижуючи загальну ефективність сепарації» [8].

Отже, ключовою проблемою більшості розглянутих типів пневмосепарувальних каналів і камер залишається забезпечення

рівномірного розподілу швидкості повітряного потоку по всьому перерізу каналу.

1.3. Загальна конструкція та аналіз гравітаційних сепараторів

В даний час існують сепарувальні машини, робочі органи яких закріплені нерухомо, а зерно самопливом рухається ними. Такі пристрої отримали назву самопливних або гравітаційних (оскільки матеріал рухається під дією сили тяжіння) [9].

Історія створення самопливних сепаруючих машин становить близько 100 років. Протягом даного терміну розроблялися та створювалися зерноочисні машини, в яких було виключено привід решета, а матеріал рухався завдяки силі тяжкості.

У 1914 році в Канаді було отримано патент на створення зернового сепаратора, в якому використаний принцип самопливного переміщення матеріалу. Як робочі органи в ньому були використані плоскі решета, що встановлювалися послідовно один за одним під нахилом так, що вони утворюють зигзагоподібний канал. Зерновий матеріал очищаючись, рухався з одного решета на інший [8].

Розглядаючи процес сепарації в гравітаційних машинах, необхідно зазначити те, що матеріал повинен стабільно рухатися по решетах, щоб виключити завал зигзагоподібного каналу. Тому на кожному решеті матеріал має прискорюватися до певної швидкості. Значення даної швидкості при роботі із зерновими матеріалами (пшениця, жито, ячмінь) в основному настільки велике, що тягне за собою непрохідність дрібних частинок в отвори, оскільки вони просто пролітають над ними [9]. У зв'язку з цим ефективність процесу сепарації на одному похилому решеті досить низька. Її підвищення загалом можна досягти, збільшуючи число послідовно встановлених у зигзагоподібному каналі вирішить, що тягне за собою зростання габаритних розмірів машини.

Гравітаційним сепарувальним пристроям властивий такий важливий недолік, як забиваємість отворів решіт частинками, що застрягають в отворах. У пристроях [9] ефект забивання проявляється менше, завдяки застосуванню вібраційного механізму.

Аж до середини 80-х років у США та Канаді випускалися і практично використовувалися гравітаційні зерноочисні машини різних конструкцій, що відрізняються формою решіт (прямокутні, трапецієподібні) та їх кількістю [9]. Усі зерноочисні машини призначалися для виділення найдрібніших домішок – пилу, піску тощо. На виділення великих домішок дані пристрої

через швидку забиваємість зигзагоподібного каналу великими домішками мало використовувалися.

Гравітаційні сепаратори з робочими органами, що представляють собою сепаруючі конічні поверхні [10], виконані з клиноподібних каналів, що розширюються від вершини конуса до його основи, складаються з корпусу із завантажувальним бункером у верхній частині і патрубків вивантаження великої і дрібної фракції в нижній частині.

Сепаратор з конічною поверхнею (рис. 1.2.) містить корпус, приймальний бункер, приймачі прохідової та сходової фракцій, розподільний пристрій. Сепаруюча поверхня, виконана у вигляді усіченого конуса і утворена стрижнями. Стрижні встановлені у втулці та через один нерухомо закріплені у похилих отворах втулки. Рухомі вигнуті стрижні, що чергуються з ними, розміщені в радіальних отворах втулки з можливістю вертикального переміщення. Фіксацію конуса забезпечує пружний елемент.

Дане технічне рішення дозволяє підвищити якість розподілу сипких матеріалів на дві фракції за рахунок вдосконалення конструкції сепаратора.

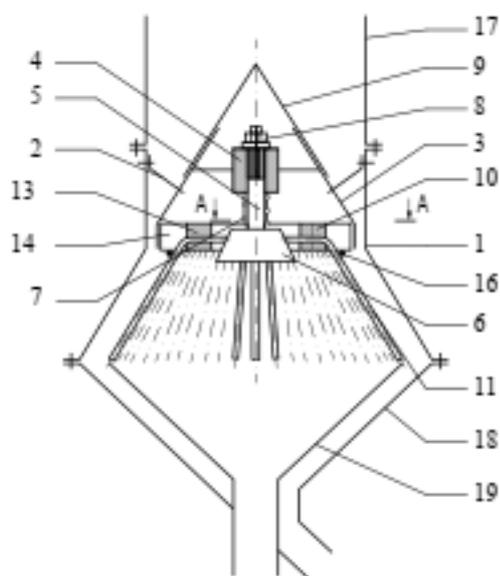


Рисунок 1.2. Сепаратор з конічною поверхнею: 1 – корпус; 2 – кронштейн; 3 – тримач; 4 – напрямні утримувача; 5 – вал; 6 – регулюючий конус; 7 – пружний елемент; 8 – гайка; 9 – розподільний пристрій; 10 – втулка; 11 – вигнуті рухомі стрижні; 12 – нерухомі стрижні; 13 – отвори; 14 – вертикальні пази; 15 – похилі отвори; 16 – кільцевий пружний елемент; 17 – приймальний пристрій; 18 – приймач сходової фракції; 19 – приймач прохідової фракції.

Гравітаційна зерноочисна машина [14], США 1983, представляє собою зигзагоподібний вертикальний жолоб, що приймає зерновий матеріал для очищення, що надходить в жолоб під дією сили тяжіння. Нижня сторона кожної прямолінійної секції жолоба має отвір для проходу матеріалу до дна корпусу, а верхня сторона такої секції розташована під певним кутом до стінок корпусу. Над кожним отвором жолоба встановлений перекриваючий отвір сито, шарнірно з'єднаний з жолобом. Зерновий матеріал рухаються зигзагоподібним жолобом, призводить до коливання кожного сита, що в свою чергу сприяє подальшому відокремленню від матеріалу дрібних фракцій. Очищений матеріал вивантажують із жолоба, а дрібні фракції – із корпусу.

Використання коливаючих сит, дозволило інтенсифікувати процес очищення і зменшити забивання отворів сит (рис. 1.3).

До переваг розглянутого гравітаційного сепаратора можна віднести наступне:

- наявність каскаду решіт, що збільшують продуктивність та ефективність очищення;
- відсутність енергоспоживання;
- простота конструкції.

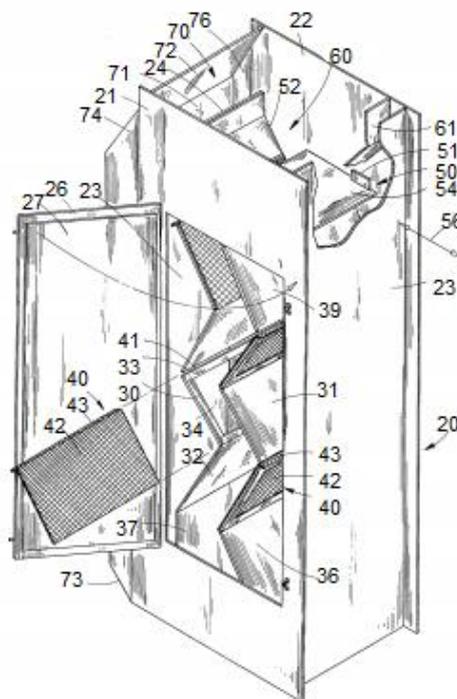


Рисунок 1.3 - Очисна машина із зигзагоподібним сепарувальним каналом
До недоліків:

- неможливість виділення легкої фракції;

– забивання решіт, що вимагає додаткових пристроїв їх очищення та ускладнення конструкції;

– низька ефективність очищення.

На основі конструкції (рис. 1.4) класифікатора сипучих матеріалів КСМ-2 [10] розроблено комбінований сепаратор для контролю великої кількості продуктів подрібнення зернової сировини КСМК-1 (рис. 1.4). Він включає блок 1 з послідовно розташованими лотками 2, які мають пилоподібні отвори і блок 3 з зигзагоподібно розташованими розділяючими елементами 4 з клиноподібними отворами, що просівають. Поєднання в одній конструкції переваг щілинного і клиноподібного отворів, що просівають, дозволяє забезпечити стійкі показники роботи в широкому інтервалі зміни межі поділу.

У різних варіантах гравітаційних сепараторів, основний робочий орган яких є решета, не усувають повністю недоліки, що прямо впливають на якість і швидкість протікання процесу – забиваність отворів решіт або сит погана роботоздатність при наявності в матеріалі, що очищається, соломистих частинок. Такі домішки не мають необхідної сипкості, щоб під дією сили тяжіння рухатися по зигзагоподібному каналу. Також довгі домішки мають властивість забиватися в отвори, ставати вертикально або під кутом до решета утворюючи у свою чергу перешкоду шляху руху потоку матеріалу.

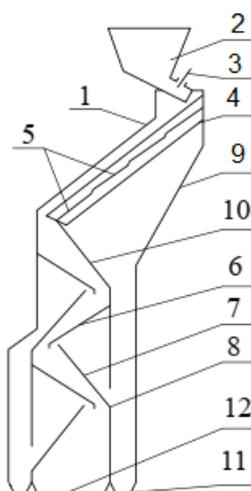


Рисунок 1.4. Класифікатор сипучих матеріалів КСМ-2: 1 – корпус; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – заслінка; 4 – блок поверхонь, що просівають; 5, 6 – поверхні, що просівають; 7 – дефлектори; 8 – валики; 9 – піддон; 10 – нерухомий дефлектор; 11, 12 – розвантажувальні патрубки

До переваг аналізованого класифікатора сипучих матеріалів можна віднести наступне:

- відсутність енергоспоживання;
- можливість повороту дефлекторів щодо решіт.

Недоліки:

- неможливість виділення легкої фракції;
- використання решітки, що призводять до забивання;
- низька ефективність очищення внаслідок застосування решіт.

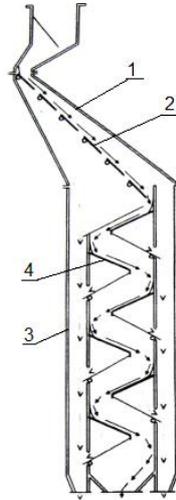


Рисунок 1.5. Комбінований сепаратор КСМК-1: 1, 3 – блоки; 2 – лотки; 4 – розділюючий елемент

Розроблений гравітаційний сепаратор в якому в якості поверхонь, що просівають, використовуються не решета і сита, а консольно закріплені пальці [10]. Сходовою частиною кожної просіваючої поверхні, спрямованою на протилежну просіваючу поверхню під гострим кутом так, що сепаруючий вертикальний канал має форму зигзагу (рис. 1.6). Просіваючі поверхні виконані увігнутими і встановлені з перекриттям по ширині. Консольне закріплення пальців дає помітне підвищення ефективності очищення. При русі на коливаючих пальцях матеріал, завдяки такому конструктивному рішенню, звільняється від часток, що застрягають між ними, а також сприяють ефективнішому очищенню з них великих домішок, наприклад, соломи, стебел трав [10].

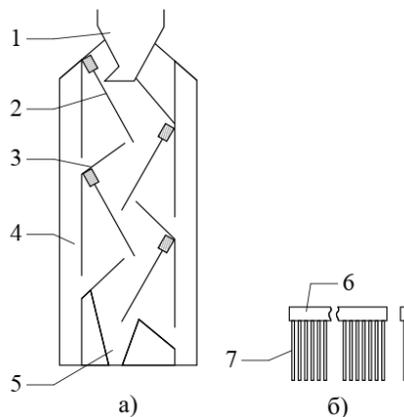


Рисунок 1.6. Схема гравітаційного сепаратора: а) поздовжній розріз сепаратора; б) гребінка з прямими пальцями; 1 – завантажувальний пристрій; 2 – просіювальні пристрої; 3 – дефлектори; 4 – патрубки виведення

розділених фракцій – проходовий (дрібні домішки); 5 – патрубок виведення розділеної фракції – сходовий (великі домішки); 6 – консольне кріплення пальців; 7 – пальці

Сепарувальний канал дозволяє інтенсифікувати процес очищення за рахунок того, що нижня частина просіваючої поверхні, направлена на протилежну поверхню під гострим кутом, при якому частинки матеріалу, ударяючись, змушують коливатися консольні пальці. При такому розташуванні просіваючих поверхонь, створюється плавне перетікання матеріалу з однієї поверхні на іншу, що усуває відскакування окремих частинок матеріалу та сприятливо позначається на умовах процесу очищення. Дана зерноочисна машина має ще одну конструкційну особливість, яка полягає в тому, що пальці виконані увігнутими, що дозволяє додатково використовувати відцентрові сили для збільшення інтенсивності просіювання [10].

До переваг розглянутого гравітаційного сепаратора можна віднести таке:

- відсутність енергоспоживання;
- простота конструкції;
- підвищення ефективності очищення та зниження втрат зерна за рахунок застосування увігнутих гребінок;
- самоочищення гребінок за рахунок руху зернового матеріалу.

Недоліки:

- неможливість виділення легкої фракції;
- заклинювання великої домішки внаслідок того, що сходові частини гребінки направлена на середню частину протилежної гребінки під гострим кутом;
- низька ефективність очищення внаслідок заклинювання великої домішки та утворення затору.

Розроблений енергозберігаючий сепаратор [11] гравітаційного типу (рис. 1.7), відрізняється від вище розглянутих гравітаційних сепараторів тим, що: гребінки жорстко зафіксовані у 2-х місцях за рахунок контактної зварювання (рис. 1.8). Це дозволяє в процесі експлуатації зберігати жорстку відстань між прутками, що підвищує ефективність очищення зернової суміші великої та дрібної домішки;

- попереду кожного гребінця встановлена похила дошка, яка дозволяє усунути забивання гребінок.

Робота сепаратора здійснюється наступним способом. Вихідний зерновий матеріал, що подається в бункер завантаження 1, під дією сил гравітації рухається вниз і потрапляє на відбивач - суцільну дошку 3.

Частинки зернового матеріалу скочуються по похилій дошці і попадають на перший просіваючий пристрій (гребінку) 2. Зазор між пальцями гребінки виставлений таким чином, щоб дрібні частинки, що підлягають відділенню мали змогу пройти між пальцями. В результаті руху по похилій дошці 3 і гребінці 2 частина прохідової фракції виділяється і потрапляє на дефлектор 4, сходить по ньому в патрубок виведення прохідової фракції 5 з сепаратора, а решта матеріалу під дією сил гравітації сходить по гребінці 2 на другу протилежно встановлену похилу дошку 3. Поділ здійснюється при попаданні зернового матеріалу на похилу дошку 3 на другу гребінку 2 аналогічно першої, потім на третю похилу дошку 3 і гребінку 2 і так далі до останньої. Кількість гребінок 2 та похилих дошок 3, встановлених у сепараторі визначається необхідною повнотою виділення прохідової фракції.

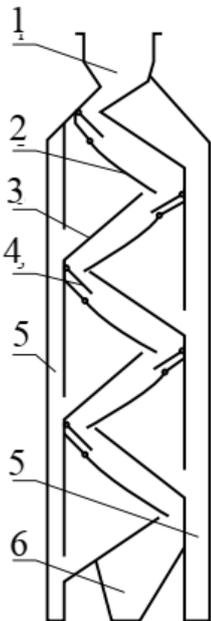


Рисунок 1.7 – Схема енергозберігаючого сепаратора: 1 – завантажувальний бункер; 2 – сепаруючі гребінки; 3 – похилі дошки; 4 – дефлектори; 5 – патрубки для відведення прохідової (дрібною) фракції; 6 – патрубок для відведення сховодої (великої) фракції

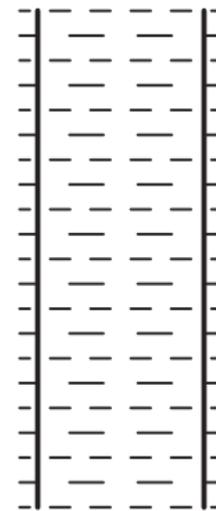


Рисунок 1.8. Сепаруюча гребінка енергозберігаючого сепаратора

До переваг розглянутого гравітаційного сепаратора можна віднести наступне:

- відсутність енергоспоживання;
- простота конструкції;

– усунення забивання за рахунок застосування як просіюючих пристроїв гребінок увігнутої форми та суцільних похилих дощок;

– можливість регулювання кута нахилу просіваючих пристроїв до горизонту, що скорочує перехід при обробці з однієї культури на іншу.

Недоліки:

– неможливість виділення легкої фракції;

– низька ефективність очищення.

Продовженням удосконалення даного напрямку є розроблений енергозберігаючий сепаратор для очищення зерна з використанням сил гравітації [12]. Сепаратор складається із центрального каналу і паралельних йому двох бічних зигзагоподібних каналів, що утворені каскадом сепарувальних гребінок (рис. 1.9).

У центральному зигзагоподібному каналі відбувається виділення великої домішки із зернового матеріалу, а в бічних зигзагоподібних каналах виділення дрібної домішки.

Сепаруючі гребінки представляють собою набір пальців (прутків) виготовлених з дроту. Пальці жорстко закріплені, що дозволяє в процесі експлуатації зберігати жорстку відстань між пальцями, це підвищує ефективність очищення зернової суміші від домішки. З метою усунення забиваності сепаруючого гребінця та створення шару зернового матеріалу певної товщини на кожному гребінці попереду кожної гребінки встановлені суцільні похилі дошки. При цьому зерновий матеріал, рухаючись з верхньої сепарувальної гребінки, потрапляє не на нижче розташований сепаруючий гребінець, а на суцільну похилу дошку, встановлену під таким же кутом, але у зворотному напрямі.

Сепаратор дозволяє одночасно виділити дрібні та великі домішки з зернового матеріалу, без збільшення висоти пристрою, що призводить до зменшення металомісткості сепаратора та скорочення часу очищення зернового матеріалу, тим самим збільшення продуктивності сепаратора.

Вище розглянутий енергозберігаючий гравітаційний сепаратор для очищення зерна, дозволяє одночасно виділити дрібні та великі домішки з зернового матеріалу, без збільшення висоти пристрою, а це в свою чергу, веде до зменшення металомісткості сепаратора та скорочення часу обробки зернового матеріалу. Недоліком для даної машини є питома завантаженість на сепаруючі решітки, на початку процесу просіювання зернового матеріалу, цим зменшується ефективність очищення зерна.

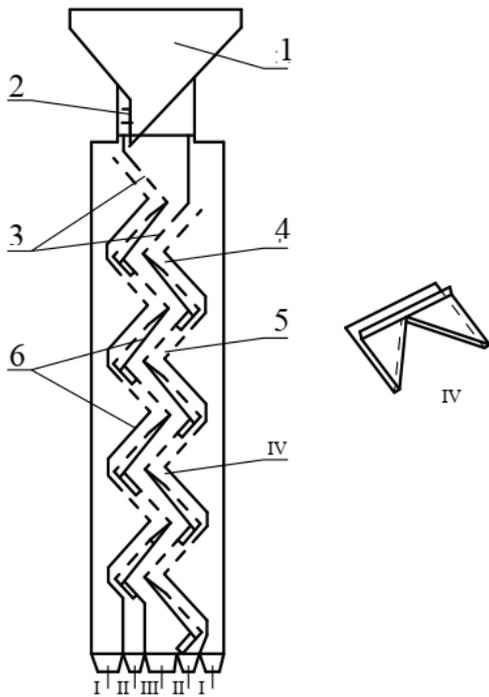


Рисунок 1.9. Схема енергозберігаючого сепаратора для очищення зерна з використанням сил гравітації: 1 – завантажувальний бункер; 2 – заслінка подачі матеріалу; 3 – сепаруючі гребінки для виділення великої домішки (сходова фракція); 5 – скатні дошки; 6 – дефлектори; I - патрубки для виведення дрібної домішки; II – патрубки для виведення очищеного зерна; III – патрубок для виведення великої домішки; IV – патрубки для виведення дрібної домішки у бічну сторону

Заслужують на увагу технологія та створені на її основі сепаратори, що забезпечують високопродуктивне очищення зерна та поділ його на фракції із застосуванням сил гравітації. У зв'язку з цим особливого значення набуває проблема інтенсифікації процесів очищення зернового вороху за рахунок використання нових робочих органів, у яких технологічний процес протікає під дією сил гравітації.

На рис. 1.10 представлений енергозберігаючий сепаратор для очищення зерна з використанням сил гравітації (захищений патентом № 2465970) [12]. Сепаратор складається з центрального каналу і паралельні йому двох бічних зигзагоподібних каналів, які утворені каскадом гребінок, що сепарують.

Наведений вище сепаратор відрізняється від інших тим, що у ньому вихідний зерновий матеріал ділиться на дві частини, а це призводить до зменшення питомого навантаження на гребінки. Яке дозволяє зменшити питоме навантаження на сепаруючі гребінки, а також збільшити ефективність виділення дрібних та великих домішок.

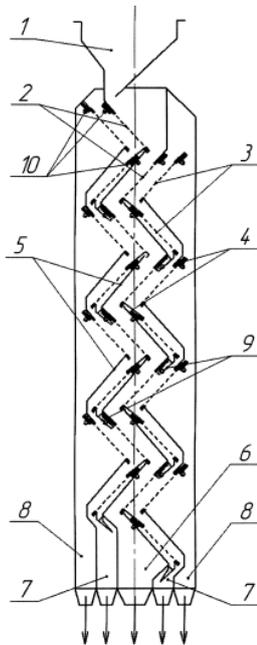


Рисунок 1.10. Схема енергозберігаючого сепаратора для очищення зерна з використанням сил гравітації: 1 – завантажувальний бункер, 2,3 – пристрої для просіювання, 4 – суцільні похилі дошки, 5 – дефлектори, 6 – патрубок для виведення сходової фракції (великої), 7 – патрубки для виведення проходової фракції (середньої), 8 – патрубки для виведення проходової фракції (дрібною), 9 – патрубки для відведення дрібної фракції у бічну сторону.

Гравітаційний сепаратор для очищення зерна має:

- центральний канал, призначений виділення дрібних домішок – в ньому встановлені пруткові сепаруючі гребінки, у яких зазор між прутками менше товщини основного зерна;
- бокові канали, які розташовані з ліва та права від центрального каналу призначені для виділення великих домішок;
- бокові канали, які розташовані спереду та ззаду від центрального каналу призначені для додаткового виділення дрібних домішок.

У центральному зигзагоподібному каналі відбувається виділення великої домішки із зернового матеріалу, а в бічних зигзагоподібних каналах виділення дрібної домішки.

На рис. 1.11 представлено удосконалений сепаратор [13]. Сепаратор побудований із завантажувального бункера 1, вібратора, заслінки 2, встановлені зигзагоподібно у вертикальному каналі сепаруючі гребінки 3, 4. Над сепаруючими гребінками 3, 4 розміщені суцільні накопичувачі 6. Під гребінками 3 та 4 встановлені похилі дошки 5. Сепаратор містить патрубки розділених фракцій: патрубок I для виведення сходової фракції (великої) з гребінки сепаруючої 3, патрубки III для виведення проходової фракції (середньої) з гребінки 3 і сходової фракції з гребінки 4, патрубки II для виведення проходової фракції (дрібною) з гребінки 4. Після похилої дошки зигзагоподібного каналу встановлені чотири патрубки IV для відведення дрібної фракції у бічну сторону.

Робота сепаратора здійснюється наступним способом. Вихідний зерновий матеріал потрапляє з бункера-живильника на праву та ліву сторони сепаратора, тобто вихідний зерновий матеріал ділиться на два потоки. Один

потік, потрапляючи на праву сторону сепаратора, надходить у правий зигзагоподібний канал, якому встановлено каскад гребінок, а потім на суцільний накопичувач, в якому відбувається перерозподіл часток зернового матеріалу. Дрібніші частинки дрібної домішки і основне зерно опускаються в нижні шари, а потім надходять на верхній перший гребінець. Зазор між прутками гребінки обраний таким чином, що дрібні домішки та основне зерно проходять в отвори гребінки, а великі домішки, що не пройшли, йдуть сходом з верхньої першої гребінки і надходять на похилу дошку, при цьому напрямок руху зернового потоку змінюється.

Після скатної дошки вони надходять на суцільний накопичувач, на якому відбувається перерозподіл частинок у шарі. Дрібні частки зернового матеріалу опускаються у нижні шари зернового матеріалу. А потім – на верхній другий гребінець, де дрібні домішки та основне зерно проходять в отвори другої гребінки, а частинки великої домішки та частинки основного зерна, що не пройшли йдуть сходом та потрапляють на нижчу похилу дошку. Переміщаючись по даній похилій дошці, зерновий матеріал надходить на верхній третій гребінець, де частинки дрібної домішки та основного зерна проходять в отвори гребінки, а частинки великої домішки потрапляють у правий канал виведення великої домішки.

Частинки дрібної домішки і основного зерна, що пройшли в отвори верхньої першої гребінки, надходять на нижчу похилу дошку. Після чого вони надходять на іншу похилу дошку і при цьому змінюють напрямок руху. Відбувається перерозподіл часток у зерновому шарі. Частинки дрібної домішки опускаються у нижні шари. Потім дрібні домішки та основне зерно надходять на гребінку виділення частинок дрібної домішки, у якій зазор між прутками гребінки обраний таким чином, що частинки дрібної домішки проходять у отвори між прутками, а частинки основного зерна не проходять.

Частинки дрібної домішки проходять в отвори верхнього гребінки для виділення частинок дрібної домішки та надходять на похилу дошку для виведення в бічну сторону сепаратора. А частинки основного зерна з частинками, що не пройшли дрібної домішки надходять на суцільний накопичувач, де матеріал змінює напрямок руху і відбувається перерозподіл частинок у шарі, далі матеріал надходить на верхній гребінець для виділення частинок дрібної домішки.

Частинки дрібної домішки проходять в отвори гребінки, потрапляють на похилу дошку, а потім направляються на виведення у бічну сторону.

Матеріал, який не пройшов (основне зерно з частинками дрібної домішки) надходить на суцільний накопичувач, де матеріал змінює напрямки руху, а потім надходить на гребінку, де частинки дрібної домішки проходять

в отвори і потрапляють на похилу дошку, а потім у центральний канал виведення дрібної домішки.

Друга частина вихідного зернового матеріалу (другий потік) надходить на верхню першу гребінку лівої сторони, в отвори якої проходять частки основного зерна та дрібної домішки. А частки великої домішки з частинками дрібної домішки та основного зерна, що не пройшли в отвори гребінок, йдуть сходом. Процес сепарації зернового матеріалу на лівій стороні сепаратора, лівому зигзагоподібному каналі, в якому встановлений каскад гребінець аналогічний процесу сепарації на правій стороні сепаратора.

До переваг розглянутого гравітаційного сепаратора можна віднести наступне:

- відсутність енергоспоживання;
- використання регульованих просіювальних пристроїв, що забезпечують швидку зміну при обробці з однієї культури на іншу без великих витрат часу;
- скорочення часу регулювання просіювальних пристроїв щодо вертикальної осі за рахунок установки поворотних кулачків, жорстко закріплених на валу;
- одночасне виділення дрібної та великої фракцій без повернення на повторну обробку;
- усунення забивання за рахунок встановлення на початку гребінок похилих дощок.

1.4. Висновки по першому розділу

При здійсненні аналізу зерноочисних сепараторів, що використовуються у сільському господарстві та враховуючи вимоги, які висуваються можливо зробити висновки:

- основним недоліком в зерноочисних машинах є нерівномірність швидкості повітряного потоку в каналі, що призводить до низької ефективності очищення;
- аналіз конструкцій сепараторів для очищення зерна від дрібних та великих домішок показав, що найбільш перспективними щодо зниження енергоємності є – гравітаційні сепаратори, тому необхідно удосконалити гравітаційні сепаратори з метою зниження висоти каналу, зменшення металоємності та підвищення ефективності очищення за рахунок поділу зернового матеріалу на фракції.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ

2.1. Аналіз процесу руху частинок зернового матеріалу по похилій дошці

Оскільки показники процесу сепарації зернового матеріалу багато в чому залежать від характеру відносного руху частинок зернового матеріалу по похилій дошці та сепарувальній гребінці, тому виникла необхідність описати закони відносного руху зернових частинок по похилій дошці гравітаційного сепаратора.

«Зерновий матеріал є різноманіттям форм частинок, умовно їх можна звести до двох основних груп: частинки, довжина яких можна порівняти з їх шириною і товщиною (продукти подрібнення зернового матеріалу, горох, просо, кукурудза тощо); зернівки, довжина яких переважає над іншими її лінійними розмірами (зерна пшениці та злакових культур, вівсюг тощо). Як модельного тіла першої групи – при вивченні законів відносного руху зернових частинок по похилій дошці та сепарувальній гребінці, може бути використана модель частки у формі кулі, а для другої групи – у формі еліпсоїда, довжина якого перевищує діаметр поперечного перерізу. У даному зв'язку нами описаний процес руху частинок зернового матеріалу у вигляді циліндра та еліпсоїдної форми». [1]

Для отримання математичної моделі динамічного стану зерна на похилій дошці та сепарувальній гребінці, що буде зручною для подальших розрахунків, приймемо наступні припущення:

- для теоретичного аналізу приймемо солону у вигляді однорідного порожнього циліндра, що котиться без ковзання;
- опір повітря не враховується;
- пружні властивості соломи та опір повітря не надають значного впливу на процес руху.

Розглянемо рух соломи як рух однорідного порожнистого циліндра вагою G і радіусом R , який котиться без ковзання по похилій площині довжиною L , що становить з горизонтом кут α . Похила площина завдовжки L складається з суцільної скатної дошки із закріпленими на ній круглими прутками форми довжиною L_1 та сепаруючої гребінки довжиною L_2 . Схема сил, що впливають на порожнистий циліндр, який рухається по похилій дошці і сепарувальній гребінці, показаний рис. 2.1. Коефіцієнт зчеплення дорівнює $f_{\text{цп}}$.

Розглянемо рух порожнистого циліндра на другій ділянці по гребінці, що сепарує, довжиною L_2 . Рух порожнього циліндра відбувається під дією трьох

зовнішніх сил: ваги G , нормальної реакції площини N та сили зчеплення $F_{\text{цп2}}$. Напрямок вісі x та y , як зазначено на рис. 2.1. Через центр тяжіння соломи проведемо вісь j і v і вісь k . Момент сили щодо вісі k буде позитивним, якщо сила прагне обернути площину навколо точки проти руху годинний стрілки, і негативний – у протилежному випадку.

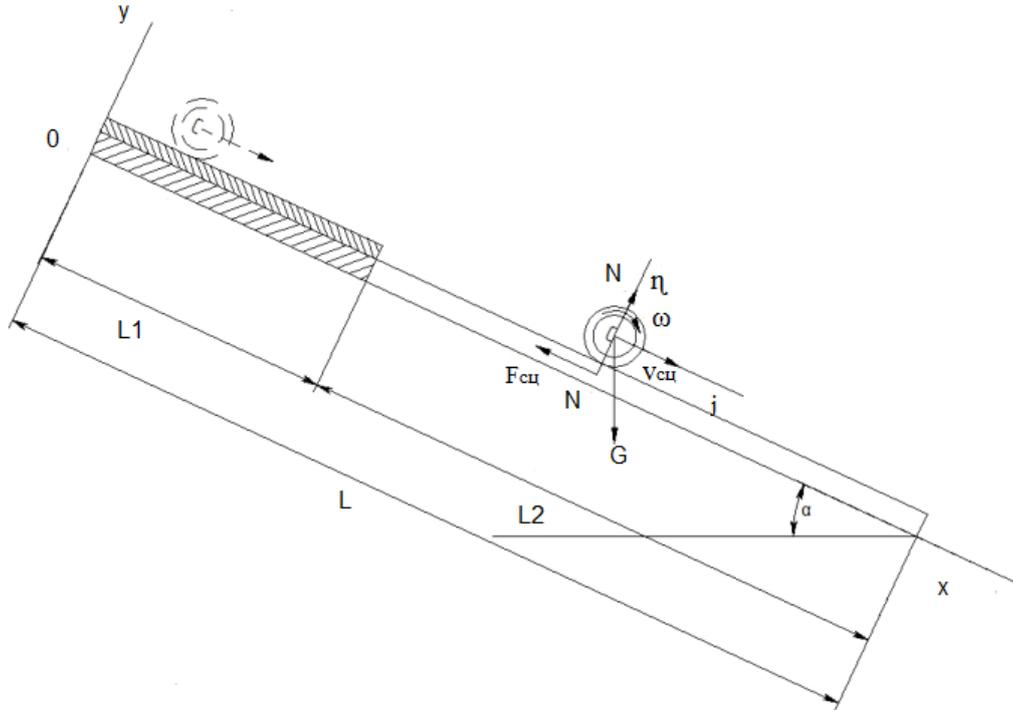


Рисунок 2.1 - Схема сил, що діють на порожнистий циліндр, що рухається по похилій дошці та сепарувальній гребінці.

Диференціальні рівняння плоского руху твердого тіла мають вигляд:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_b = \sum X_j^q = X^q, \\ J\ddot{z} = \sum M_{jk}^q = M_k^q \end{cases} \quad (2.1)$$

де m – маса тіла;

\ddot{x}_b – проекція прискорення центра маси на вісь x ;

X^q – проекція головного вектора зовнішніх сил, прикладених до тіла, на вісь x ;

X_j^q – проекція зовнішніх сил на вісь x ;

M_{jk}^q – моменти зовнішніх сил відносно вісі k ;

M_k^q – головний момент зовнішніх сил, прикладених до тіла, відносно вісі k ;

J – момент інерції твердого тіла відносно вісі k ;

\ddot{z} – кутове прискорення твердого тіла.

Таким чином, диференціальне рівняння руху порожнистого циліндра на другій ділянці по похилій сепарувальній гребінці, довжиною L_2 мають вигляд:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_b = \sum X_j^q = G\sin\alpha - F_{\text{цц}2}, \\ J\ddot{z} = \sum M_{jk}^q = F_{\text{цц}2}d_0 \end{cases} \quad (2.2)$$

де d_0 – відстань від вісі миттєвого обертання порожнистого циліндра k до паралельної їй вісі проходить через точки дотику порожнистого циліндра з пальцями сепаруючої гребінки.

Диференціальні рівняння (2.2) містять дві невідомі величини: x_b і $F_{\text{цц}}$.

Так як порожнистий циліндр котиться без ковзання, то точка дотику порожнистого циліндра з пальцями сепарувальної гребінки, є миттєвим центром швидкостей.

Тому швидкість центру порожнього циліндра $v_{\text{ц}2}$ знайдемо через його кутову швидкість ω :

$$v_{\text{ц}2} = |\omega|d_0. \quad (2.3)$$

Момент інерції соломи щодо осі k :

$$J = \frac{1}{3}ml^2. \quad (2.4)$$

Підставивши дані значення в рівняння 2.3, отримаємо:

$$\frac{ml^2\ddot{x}_b}{3R} = F_{\text{цц}}R. \quad (2.5)$$

Вирішивши рівняння (2.5) спільно з рівнянням (2.2), знайдемо

$$\begin{cases} \ddot{x}_{b2} = G\sin\alpha - F_{\text{цц}2} \\ F_{\text{цц}} = \frac{ml^2\ddot{x}_{b2}}{3R^2} \end{cases}, \quad (2.6)$$

$$\ddot{x}_{b2} = \frac{g\sin\alpha}{1 + \frac{1}{3}\left(\frac{l}{R}\right)^2}, \quad (2.7)$$

звідки

$$F_{\text{цц}2} = \frac{G\sin\alpha l^2}{3\left(\frac{l}{R}\right)^2 + 1}, \quad (2.8)$$

На першій ділянці суцільної похилої дошки завдовжки L_1 знайдемо та підставивши рівняння (2.7) значення R : отримуємо:

$$\ddot{x}_{b1} = \ddot{x}_{b2}, \quad (2.9)$$

$$F_{\text{цц}1} = F_{\text{цц}2}, \quad (2.10)$$

З формул (2.9) і (2.10) видно, що центр тяжіння порожнистого циліндра рухається суцільною похилою дошкою і сепарувальною гребінці, рівноприскорено з прискоренням, що не залежить від ваги порожнього циліндра. На першій ділянці суцільної дошки довжиною $L1$ знайдемо час руху порожнистого циліндра t_1 шляхом інтегрування виразу (2.9) за часом при нульовій початковій швидкості:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2L1(1+\frac{1}{3}(\frac{l}{R})^2)}{gsina}}, \quad (2.11)$$

Знаючи час руху порожнистого циліндра t_1 , суцільною похилою дошкою довжиною $L1$ і інтегруючи вираз (2.9) знайдемо швидкість руху порожнистого циліндра по дошці:

$$\dot{x}_{b1} = \sqrt{\frac{gsinaL1}{1+\frac{1}{3}(\frac{l}{R})^2}}, \quad (2.12)$$

На другій ділянці сепарувальної гребінці, довжиною $L2$ знайдемо час руху порожнистого циліндра t_2 шляхом інтегрування виразу (2.7) за часом при початковій швидкості \dot{x}_{b1} :

$$t_2 = (\sqrt{1 + L2} - 1) \sqrt{\frac{2(1+\frac{1}{3}(\frac{l}{R})^2)}{gsina}}, \quad (2.13)$$

Знаючи час руху порожнистого циліндра t_2 , по сепарувальній гребінці, довжиною $L2$ та інтегруючи вираз (2.7) за часом знайдемо швидкість руху порожнистого циліндра по гребінці при початковій швидкості \dot{x}_{b1} :

$$\dot{x}_{b2} = (\sqrt{1 + L2} + \sqrt{1 + L1}) \sqrt{\frac{2(1+\frac{1}{3}(\frac{l}{R})^2)}{gsina}}, \quad (2.14)$$

З рівнянь (2.12, 2.14) знаходимо остаточну швидкість руху порожнистого циліндра \dot{x} в кінці похилої площини завдовжки L :

$$\dot{x} = (\sqrt{1 + 2L2} + \sqrt{L1} - 1) \sqrt{\frac{2(1+\frac{1}{3}(\frac{l}{R})^2)}{gsina}}. \quad (2.15)$$

Знаючи час руху порожнистого циліндра t_2 , по сепарувальній гребінці, довжиною L_2 та інтегруючи вираз (2.12) за часом знайдемо швидкість руху порожнистого циліндра по гребінці при початковій швидкості \dot{x}_{b1} :

$$\dot{x}_{b2} = \sqrt{\frac{2L_2 \sin \alpha}{0,5 + \left(\frac{R^2 + r^2}{a_0^2}\right)}} \quad (2.16)$$

Таблиця 2.1 - Вплив кута нахилу похилої дошки і сепарувальної гребінки, на швидкість руху соломи у вигляді порожнього циліндра, коефіцієнт зчеплення

Кут нахилу сепарувальної гребінки і похилої дошки, α	$F_{\text{цц}}$	x_{b2} (м/с)	Кут нахилу сепарувальної гребінки і похилої дошки, α	$F_{\text{цц}}$	x_{b2} (м/с)
19	2,040	-	45	0,15	1,38
20	1,540	0,28	50	0,14	1,48
25	1,220	0,68	55	0,28	1,64
30	0,980	0,96	60	0,14	1,64
35	0,820	1,18	65	0,06	1,82
40	0,678	1,25	70	0,04	1,93

Знаючи зовнішній радіус порожнистого циліндра, відстань між пальцями сепарувальної гребінки і радіус пальця гребінки, знайдемо d_0 :

$$d_0 = \sqrt{R^2 \left(1 - \frac{h^2}{4(R^2 + r^2)^2}\right)} \quad (2.17)$$

Отримані результати показують, що центр тяжіння порожнього циліндра рухається суцільною похилою дошкою і сепарувальною гребінці з прискоренням, що не залежить від ваги порожнистого циліндра. Час руху порожнього циліндра також залежить від ваги кулі.

Вплив кута нахилу скатної дошки та сепаруючої гребінки на швидкість руху соломи у вигляді порожнистого циліндра та коефіцієнта зчеплення представлені в таблиці 2.1. Аналіз даних свідчить про те, що солома у вигляді порожнього циліндра починають рух по скатній дошці і сепарувальній гребінці при $\alpha = 20^\circ$.

2.2. Аналіз процесу руху частинок пшениці на сепаруючій гребінці

Для отримання математичної моделі зручною для наступних розрахунків приймемо такі припущення через складність повного опису процесу руху частинок пшениці по похилій дошці та сепарувальній гребінці:

- опір повітря не враховується;
- при визначенні діючих сил на частку та взаємодія частинок не враховується;
- пружні властивості частки не мають значного впливу на процес руху;
- частка пшениці рухається без обертання.

Приймемо рух частинки пшениці вагою g , яка ковзає по похилій площині складової L з горизонтом кута α . Похила площина довжиною L складається з суцільної похилої дошки довжиною L_1 і сепарувальної гребінки довжиною L_2 . Схема сил, що діють на частинку пшениці, що рухається по похилій дошці похилої і сепаруючої гребінці, показана на рис. 2.2.

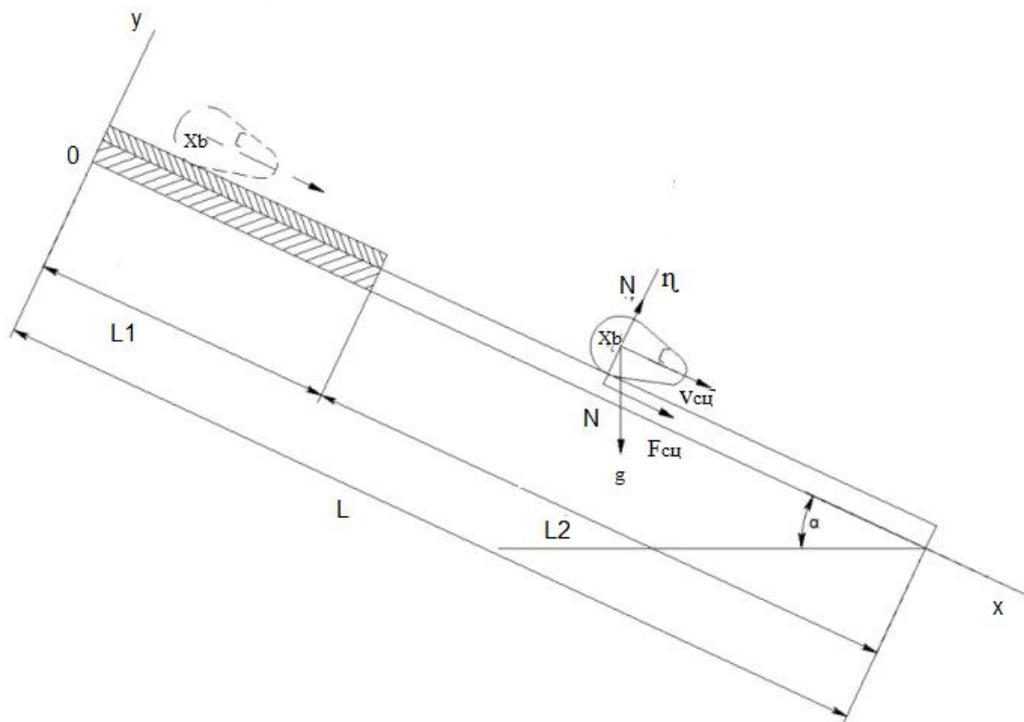


Рисунок 2.2. Схема сил, що діють на частинку пшениці, що рухається по похилій скатній дошці та сепарувальній гребінці.

X^n – проекція головного вектора зовнішніх сил, прикладених до тіла, на вісь x ;

X_j^n – проекція зовнішніх сил на вісь x ;

Y^n – проекції головного вектора зовнішніх сил, прикладених до тіла, на вісь y ;

Y_j^n – проекція зовнішніх сил на вісь y ;

Таким чином, диференціальні рівняння руху частинки пшениці на першій ділянці по похилій дошці довжиною $L1$ мають вигляд:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_b = \sum X_j^n = -gsina - F1 \\ m\ddot{y}_b = \sum Y_j^n = N - gcosa. \end{cases} \quad (2.18)$$

Так як за весь час $y_{b1} = \text{const}$, а тому з рівняння (2.18) маємо:

$$N - gcosa = 0, \text{ звідки } N = gcosa.$$

Вирішивши рівняння 2.18:

$$m\ddot{x}_{xb} = \sum X_j^n = -gsina - F_{\text{цц1}}N = -gsina - F_{\text{цц1}}cosa = -mgsina = mg(-sina - F_{\text{цц1}}cosa). \quad (2.19)$$

Знайдемо \ddot{x}_{xb1} :

$$\ddot{x}_{xb1} = g(-sina - F_{\text{цц1}}cosa), \quad (2.20)$$

де $F_{\text{цц1}}$ - коефіцієнт зчеплення частинки пшениці на похилій дошці.

На першій ділянці суцільної похилої дошки $L1$ знайдемо час руху частинки пшениці $t1$ шляхом інтегрування виразу (2.18) за часом при нульовій початковій швидкості:

$$t = \sqrt{\frac{2L1}{g(-sina - F_{\text{цц1}}cosa)}}. \quad (2.21)$$

Знаючи час руху частинки пшениці $t1$, по суцільній дошці довжиною $L1$ і інтегруючи вираз (2.18) знайдемо швидкість руху частинки пшениці по дошці:

$$\ddot{x}_{xb1} = \sqrt{2L1g(-sina - F_{\text{цц1}}cosa)}. \quad (2.22)$$

Розглянемо рух частинки пшениці, що здійснюється під дією трьох сил: сили тяжіння g , нормальної реакції площини N та сили тертя (зчеплення) $F_{\text{цц2}}$.

Диференціальні рівняння руху частинки пшениці на другій ділянці по похилій сепарувальній гребінці, довжиною $L2$ мають вигляд:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_{b2} = -gsina - F_{\text{цц2}} \\ m\ddot{y}_{b2} = N - gcosa. \end{cases} \quad (2.23)$$

На другій ділянці сепарувальної гребінці, довжиною $L2$ знайдемо час руху частинки пшениць $t2$ шляхом подвійного інтегрування виразу (2.23) по часу при початковій швидкості \ddot{x}_{b1} :

$$t2 = (\sqrt{1 + L2} - 1) \sqrt{\frac{2L1g(-sina - F_{\text{цц1}}cosa) + 2L2g(-sina - F_{\text{цц1}}cosa)}{g(-sina - F_{\text{цц1}}cosa)}}, \quad (2.25)$$

Знаючи час руху частинки пшениці t_2 , по сепарувальній гребінці, довжиною L_2 та інтегруючи вираз (2.23) за часом знайдемо швидкість руху частинки пшениці по гребінці при початковій швидкості \dot{x}_{b1} :

$$\dot{x}_{xb2} = \sqrt{2L_1g(-\sin\alpha - F_{\text{цц1}}\cos\alpha) + g(-\sin\alpha - F_{\text{цц2}}\cos\alpha)}. \quad (2.26)$$

Аналіз формул показав, що центр тяжіння частинки пшениці рухається по суцільній похилій дошці і сепарувальній гребінці, з прискоренням не залежить від ваги частинки пшениці, а також, що час руху частки пшениці не залежить від ваги.

2.3. Висновки по другому розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи наведені теоретичні дослідження процесу сепарації зернового матеріалу. Проаналізований процесу руху частинок зернового матеріалу по похилій дошці та по сепаруючій гребінці.

Показаний вплив кута нахилу скатної дошки та сепаруючої гребінки на швидкість руху соломи у вигляді порожнистого циліндра та коефіцієнта зчеплення.

РОЗДІЛ 3. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ

3.1. Обґрунтування основних параметрів повітряно-гравітаційного сепаратора

Метою дослідження процесу очищення зернового матеріалу повітряно-гравітаційним сепаратором була перевірка теоретичних передумов та обґрунтування основних параметрів щодо очищення зерна від легких, дрібних та великих домішок.

Для проведення досліджень використовували установку (рисунок 3.1), де досліджували основні параметри попереднього розподілу. Підвищення продуктивності та якості сепарації сипких сумішей досягається за рахунок їх рівномірного розподілу одночасно по сепаруючим гребінкам 4.

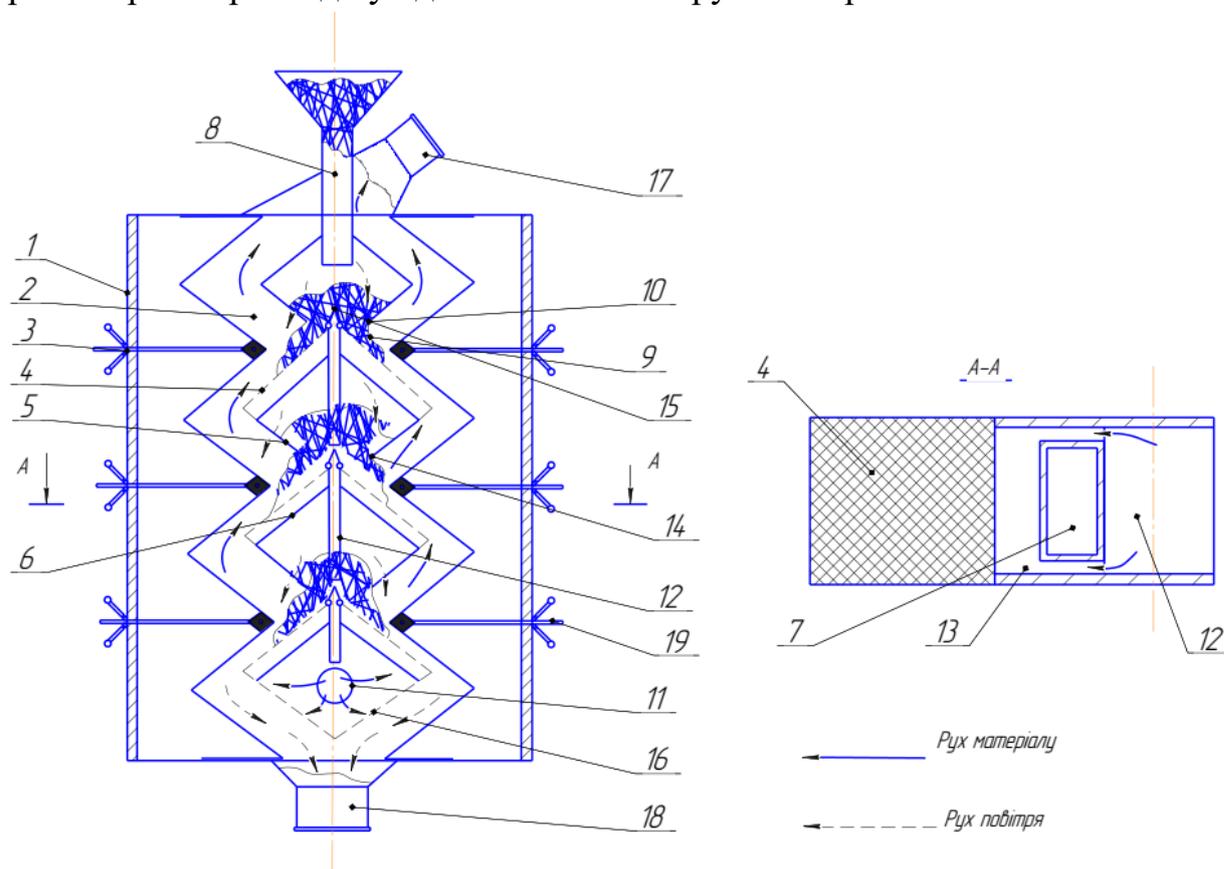


Рисунок 3.1. Повітряно-гравітаційний сепаратор: 1 – корпус; 2 – зигзагоподібні канали; 3 - зигзагоподібні стінки; 4 – сепаруючі гребінки; 5 – нижні полицки; 6 – ромбічні камери; 7 – завантажувальні щілини; 8, 11, 13 – патрубки; 9 – розвантажувальні щілини; 10 – регулятори; 12 – повітропровід; 14 – вікна; 15 – регулюючі шибери; 16 – нижня стінка; 17 – верхній патрубок; 18 – нижній патрубок; 19 – гвинтова тяга.

Повітряний сепаратор складається із корпусу 1, що виготовлений у вигляді вертикальної шахти, в якій розміщені зигзагоподібні канали 2, утворені зигзагоподібними стінками 3 і ромбічними пересипними елементами, що складаються із сепаруючих гребінках 4 та нижчих поличках 5, які утворюють ромбічні камери 6, поєднані між собою завантажувальними щілинами 7 для подачі матеріалу в нижні камери 6, причому площина верхнього ромбічного пересипного елемента з'єднана з патрубком 8 вводу матеріалу. Ромбічні камери 6 мають розвантажувальні щілини 9 з регуляторами 10 їх ширини для подачі матеріалу на похилі поверхні 4.

Патрубок 11 для повітря з'єднує повітряпровід 12, патрубок 13, ромбічні камери 6 через вікна 14, регулюються шиберами 15, сепаруючі гребінки 4. Нижня стінка 16 виконана перфорованою. Верхній 17 і нижній 18 патрубки з'єднані з зигзагоподібними каналами 2. Зовнішня зигзагоподібна стінка 3 переміщається у горизонтальному напрямку гвинтовими тягами 19.

Зерновий матеріал із патрубка 8 надходить в ромбічні камери 6, диспергується на сепарувальних гребінках 4, надходить в розподільчі зигзагоподібні канали 2. Частина повітря через прямокутний повітряпровід 12, патрубки 13, вікна 14 проходить в ромбічні камери. Основна частина повітря через перфоровану нижню стінку 16 проходить в зигзагоподібні канали, де проходить розподіл зернового матеріалу на велику і дрібну фракцію.

Конфігурація каналу 2 в залежності від властивостей матеріалу, вихідного дисперсного складу і співвідношень витрат повітря регулюється гвинтовими тягами 19, фіксуючи змінний по висоті перетин каналу.

Матеріал на перфорованих поверхнях вільно переміщується при будь-якому нахилі похилої площини за рахунок аеродинамічного стану, що покращує сепарацію, сипучість в елементах каналу і степінь вивіювання дрібних домішок, а перетин для проходу повітря через нижню перфоровану стінку, регулюються шиберами щілини, і вікна й перфорація поверхонь встановлюється такими, щоб потік повітря рухався з невеликим прискоренням знизу доверху, оскільки концентрація зернового матеріалу в потоці збільшується по ходу його руху. Нахил поверхні дозволяє збільшити ефективність розподілу та зменшити габарити обладнання.

Сепаруючі гребінки представляють собою набір пальців, виготовлених із сталевого каліброваного дроту діаметром 2 мм. Пальці жорстко зафіксовані у двох місцях контактним зварюванням. Це дозволяє в процесі експлуатації зберігати постійну відстань між пальцями, що дозволяє підвищити ефективність очищення зернового матеріалу від домішок.

Відстань між пальцями сепаруючої гребінки 4 (велика домішка) складає 4 мм (рис. 3.2). Ширина робочої частини сепаруючих гребінок 300 мм, довжина 155 мм, кут нахилу гребінок до горизонту для великої домішки становить 32° , а для дрібної домішки - 36° .



Рисунок 3.2. Загальний вигляд сепаруючих гребінок

Завантажувальний бункер має об'єм до 30 кг зернової суміші, що сепарується.

Швидкість повітряного потоку в пневматичному каналі заміряли пневмометричною трубкою Піто-Прандля (згідно з методикою), що приєднується до мікроманометра ММН. Також заміряли швидкість повітряного потоку за допомогою чашкового анемометра МС-13, електронного термоанемометра Testo-405, встановлених горизонтально за напрямом повітряного потоку. Вологість зернового матеріалу вимірювали за допомогою експрес-вологоміра Фауна-МЛ.

Як генератор повітряного потоку використаний відцентровий вентилятор з електродвигуном.

Для вимірювання швидкості повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі використовували термоанемометр Testo-405 (рис. 3.3), для вимірювання швидкості потоку повітря до 10 м/с, об'ємної витрати та температури від -20°C до $+50^\circ\text{C}$ телескопічною рукояткою до 30 см і поворотним дисплеєм.

Для зважування легкої домішки використовували лабораторні ваги. Максимальна похибка ваги при зважуванні в межах від 100 до 2500 г не більше $\pm 2,5$ г, при зважуванні більше 2500 г - $\pm 0,1\%$ фактичного навантаження.



Рисунок 3.3 - Термоанемометр Testo-405

Тривалість дослідів вимірювали за допомогою секундоміра.

3.2. Методика проведення дослідів при розподілі зернового матеріалу

Здійснення порівняння ефективності розподілу зернового вороху в гравітаційній частині установки оброблявся той самий матеріал.

Таблиця 3.1. – Середнє значення і дисперсія розмірів частинок компонентів

Компоненти	Середнє значення (l, b, d) і дисперсія (l_l^2, b_b^2, d_d^2) (мм)					
	довжина		ширина		товщина	
	l	l_l^2	b	b_b^2	d	d_d^2
пшениця	6,72	0,081	6,63	0,080	7,84	0,298
дрібні домішки	3,29	0,062	1,66	0,062	6,67	0,064
великі домішки	2,87	0,024	2,68	0,014	5,81	0,159

Використовували зерновий матеріал вологістю 14%, що містить 89% насіння пшениці (основний компонент) та 11% домішки. Домішки склалися з 5% дрібного та щуплого насіння пшениці з 6% великих – колосся та ін.

Дослідження поділу зернового матеріалу

«Зміну вологості W зернового матеріалу проводили, розраховавши масу води, яка потрібна для зволоження маси зерна до певної вологості W, за формулою» [12]:

$$m_B = m_{\Pi}^B \frac{(W_{\Pi} - W_K - H)}{100 - W_{\Pi}}, \quad (3.1)$$

«де m_{Π}^B – маса вихідного зернового матеріалу з початковою вологістю, кг» [12];

« W_{Π} – початкова вологість зернового матеріалу, %»; [12];

« W_{Π} – кінцева вологість зернового матеріалу, %..» [12].

Зволоження зернового матеріалу було здійснено наступним чином: у закритій ємності матеріал розподіляли тонким шаром по поверхні води, витримували в ємності протягом 24 годин, періодично помішуючи.

Досліди щодо очищення насіння пшениці проводили при обробці зразків насіння масою 10 кг, відібраних за допомогою дільника із зернового матеріалу. Після завантаження матеріалу в бункер завантаження одночасно з відкриттям заслінки включали секундомір, після закінчення 40 с підставляли пробовідбірники. Відбір проб проводився протягом 10 с, після чого пробовідбірники видалялися з-під дослідної установки.

3.3. Оцінка ефективності технологічного процесу очищення

«Ефективність поділу зернового матеріалу у пневмоканалі повітряно-гравітаційного сепаратора від легкої домішки визначається за формулою» [12]:

$$E = v - j, \quad (3.2)$$

«де $v = \frac{Q_B}{Q} \cdot 100\%$ - повнота виділення засмічувача;» [12];

« $j = \frac{q_B}{q} \cdot 100\%$ - втрати основного компонента, %.» [12];

« Q_B – кількість засмічувача в легкій фракції, г» [12];

« Q – кількість засмічувача у вихідному матеріалі, г» [12];

« q_B – кількість основного компонента в легкій фракції, г [12];

« q – кількість основного компонента у вихідному матеріалі, г» [12].

Визначення показника ефективності виділення E визначали наступним чином: спочатку визначали повноту просіювання зерна основної культури, повноту просіювання легкої, дрібної та великої домішки в пробовідбірниках у % до кількості компонента, що міститься в усіх пробовідбірниках. Потім визначали сумарну повноту просіювання зерна основної культури, сумарну повноту просіювання легкої, дрібної та великої домішок.

Сумарну повноту просіювання дрібної домішки через сепаруючі гребінки гравітаційного сепаратора визначали як суму повноти просіювання дрібної домішки через сепаруючі гребінки:

$$\sum_{\text{пр}}^D Q = Q_{\text{пр}}^D + Q_{\text{др}}^D + Q_{\text{тр}}^D, \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{пр}}^D$ – повнота просіювання дрібної домішки через сепаруючі гребінки першого ряду гравітаційного сепаратора;

$Q_{\text{др}}^D$ – повнота просіювання дрібної домішки через сепаруючі гребінки другого ряду гравітаційного сепаратора;

$Q_{\text{тр}}^{\text{д}}$ – повнота просіювання дрібної домішки через сепаруючі гребінки третього ряду гравітаційного сепаратора.

Сумарну повноту просіювання зерна основної культури через сепаруючі гребінки на n гребінці повітряно-гравітаційного сепаратора визначаємо за наступною формулою:

$$\sum_{\text{пр}}^{\text{п}} Q = Q_{\text{пр}}^{\text{п}} + Q_{\text{др}}^{\text{п}} + Q_{\text{тр}}^{\text{п}}, \quad (3.4)$$

де $Q_{\text{пр}}^{\text{п}}$ – повнота просіювання зерна пшениці через сепаруючі гребінки першого ряду повітряно-гравітаційного сепаратора;

$Q_{\text{др}}^{\text{п}}$ - повнота просіювання зерна пшениці через сепаруючі гребінки другого ряду повітряно-гравітаційного сепаратора;

$Q_{\text{тр}}^{\text{п}}$ - повнота просіювання зерна пшениці через сепаруючі гребінки третього ряду повітряно-гравітаційного сепаратора.

Сумарну повноту просіювання частинок великої домішки через n гребінку повітряно-гравітаційного сепаратора визначаємо за формулою:

$$\sum_{\text{пр}}^{\text{вд}} Q = Q_{\text{пр}}^{\text{вд}} + Q_{\text{др}}^{\text{вд}} + Q_{\text{тр}}^{\text{вд}}, \quad (3.5)$$

де $Q_{\text{пр}}^{\text{п}}$ – повнота просіювання великої домішки першого ряду повітряно-гравітаційного сепаратора (схід великої домішки з сепаруючих гребінок);

$Q_{\text{л}}^{\text{вд}}$ - повнота просіювання великої домішки другого ряду повітряно-гравітаційного сепаратора;

$Q_{\text{л}}^{\text{вд}}$ - повнота просіювання великої домішки третього ряду повітряно-гравітаційного сепаратора.

Визначали масу виходів. Визначали вміст пшениці та домішки у кожній фракції у відсотковому співвідношенні, кількість пшениці та домішки до вмісту у вихідному матеріалі, ефективність поділу визначали за формулами 3.6, 3.7.

Визначення ефективності виділення дрібної домішки $E_{\text{д}}$ як різницю сумарної повноти просіювання дрібної домішки та сумарної повноти просіювання зерна основної культури через сепаруючі гребінки;

$$E_{\text{д}} = \sum_{\text{пр}}^{\text{д}} Q - \sum_{\text{пр}}^{\text{п}} Q. \quad (3.6)$$

Визначення ефективності виділення великої домішки $E_{\text{д}}$ як різницю повноти виділення великої домішки та кількості зерна, що не пройшли у зазор між прутками сепаруючих гребінок:

$$E_{\text{д}} = \sum_{\text{пр}}^{\text{п}} Q - \sum_{\text{пр}}^{\text{вд}} Q. \quad (3.7)$$

3.4. Обґрунтування раціональної схеми повітряно-гравітаційного сепаратора для очищення зерна

Аналіз існуючих пневмоканалів під час очищення зернового матеріалу показав, що одним із основних недоліків є нерівномірність швидкості повітряного потоку за перерізом пневмоканалу. Тому ефективність очищення зерна від легких домішок у пневмоканалах невисока. Існують різні способи вирівнювання швидкості повітряного потоку по перерізу пневмоканалу. Одним із перспективних способів є встановлення прямокутних перегородок певної висоти по перерізу пневмоканалу. Як показали дослідження [12], встановлення перегородок у пневмоканалах дозволяють збільшити ефективність очищення зернового матеріалу від легких домішок до 10% за рахунок вирівнювання швидкості повітряного потоку в пневмоканалі.

Тому в повітряно-гравітаційному сепараторі, що розробляється, необхідно встановити прямокутні перегородки певної довжини по ширині пневмоканалу. Крім того, з метою підвищення ефективності очищення легких домішок з вихідного зернового матеріалу доцільно встановити приймальне решето з вібрацією. Як показують дослідження [12], приймальне решето з вібрацією дозволяє на першому етапі перерозподілити частки зернового матеріалу у шарах, тобто, дрібні частинки зернового матеріалу опускаються у нижні шари зернового матеріалу, а легкі частинки піднімаються у верхні шари. І вже підготовлений, перерозподілений шар зернового матеріалу надходить до пневмоканалу. Ймовірно, тому ефективність виділення легких домішок збільшиться. Крім того, приймальне решето з вібрацією виділяє великі домішки (грудочки землі та ін.) зернового матеріалу. Приймальне решето має бути оснащено очисним механізмом, який не дозволяє забивати отвори решіт. Після очищення вихідного зернового матеріалу від легких домішок у пневмоканалі, зерновий матеріал надходить до гравітаційної частини повітряно-гравітаційного сепаратора для очищення від дрібних та великих домішок. Як показують дослідження [12, 13] очищення зерна від дрібних та великих домішок на гравітаційних (енергозберігаючих) сепараторах здійснюється наступним чином - спочатку на верхніх гребінках зерновий матеріал очищається від великих домішок, а потім надходить на нижні гребінки, де очищається від дрібних домішок. З метою зменшення висоти гравітаційного сепаратора, збільшення ефективності виділення дрібних та великих домішок необхідно на першому етапі обробки зернового матеріалу розділити на дві фракції: - основне зерно та дрібна домішка; - основне зерно та велика домішка. А потім кожену фракцію обробити окремих гравітаційних сепараторах (колонках).

З метою розподілу зернового матеріалу на дві фракції можна використовувати гребінки з певним зазором. Зазор між прутками у гребінці підібрати таким чином, щоб великі домішки не пройшли в отвори гребінки. А частина основного зерна (близько 50%) пройшла в отвори гребінки та всі частинки дрібної домішки. Необхідно обґрунтувати основні параметри (розмір отворів, кількість та кут нахилу гребінок) блоку попереднього розподілу. А потім кожен фракцію обробити окремих гравітаційних сепараторах.

Так, фракцію (основне зерно та дрібна домішка) обробити на гравітаційному сепараторі, де розмір отворів (зазор між прутками) гребінок підібрати таким чином, щоб в отвори гребінки пройшли частинки дрібної домішки, а частинки основного зерна не пройшли, а йшли сходом. І експериментально обґрунтувати основні його параметри (довжина, кількість гребінок, кут нахилу гребінок до обрїю).

А на іншому гравітаційному сепараторі (колонці) обробити фракцію основне зерно та велика домішка. Підібрати розмір отворів гребінок (зазор між прутками) щоб частинки основного зерна пройшли в отвори гребінок, а частки великої домішки не пройшли, а йшли сходом. Таким чином, обробивши зернового матеріалу одночасно на двох колонках, очистити основне зерно від дрібних і великих домішок, підвищивши ефективність очищення за допомогою того, що шар зернового матеріалу зменшується вдвічі в кожній колонці.

Попередніми дослідженнями встановлено, що при русі зернового матеріалу в гравітаційних сепараторах, а саме при падінні частинок зернового матеріалу з верхнього гребінки на нижню або скатну дошку частки зернового матеріалу відскакують. І щоб вони не відскакували, необхідно встановити відбивачі.

3.5. Вплив основних параметрів повітряно-гравітаційного сепаратора на ефективність очищення зерна

Аналіз раніше проведених досліджень [12, 13] процесу сепарації зернових сумішей гравітаційним сепаратором для очищення зерна з використанням сил гравітації дозволили встановити високу ефективність його використання в очищенні зерна від дрібних та великих домішок одночасно (машини первинного очищення), тобто. використовувати його як сепаратор, що дозволяє за одну технологічну операцію видалити дрібні та великі домішки одночасно без використання електроенергії.

Оцінка впливу основних параметрів сепаратора повітряно-гравітаційного на ефективність очищення зерна пшениці від легких, дрібних та великих домішок полягає в:

- кількість сепаруючих гребінок;
- питомій подачі зернового матеріалу;
- швидкості повітряного потоку;
- кількості перегоронок;
- вологості зернового матеріалу;
- засміченості зернового матеріалу.

3.6. Вплив кількості гребінок на ефективність виділення домішок у повітряно-гравітаційному сепараторі для очищення зерна

Для обґрунтування кількості гребінок у блоці попереднього розподілу було проведено дослідження з вивчення впливу кількості гребінок на ефективність поділу домішок, за наступних параметрів:

- кількість сепаруючих гребінок становили 3 шт;
- діаметр дроту гребінок становив 2 мм;
- довжина гребінок 155 мм;
- ширина гребінок 300 мм.

Досвід проводили на спеціальній лабораторній установці (рис. 3.1).

Аналіз вихідного зернового матеріалу (табл. 3.1) показав, що середній розмір частинок основного зерна (пшениця) по ширині становив 3,29 мм, тому приймаємо зазор між прутками гребінок рівним 3,4 мм.

Попередніми дослідженнями було встановлено, що найбільша ефективність очищення дрібних домішок у блоці попереднього розподілу від основного зерна досягається при куті нахилу гребінок до горизонту 35°.

При збільшенні кількості гребінок ефективність виділення основного зерна та дрібних домішок підвищується. У табл. 3.2 представлені дані виділення основного зерна (пшениці) та дрібної домішки залежно від кількості гребінок.

Таблиця 3.2 - Повнота просіювання дрібної домішки в блоці попереднього розподілу

Кількість гребінок, шт	Повнота просіювання, Q		
	При подачі 12 т/год·м	При подачі 10 т/год·м	При подачі 9 т/год·м
1	34.22	36.34	37.67
2	65.94	67.64	71.84
3	93.34	98.94	99.97

Аналіз даних показав, що раціональним параметром було обрано кількість гребінок, що дорівнює 3. При подальшому збільшенні кількості гребінок ефективність зростає незначно, і це призводить до збільшення висоти, металомісткості та масб сепаратора.

Велика домішка у процесі проведення досліду рухалася сходом.

В результаті досліджень встановлено, що установлення гребінки із зазором 3,4 мм при кількості гребінок 3 шт., куті нахилу гребінок до горизонту 35°, довжині гребінок 155 мм дозволяє розподілити вихідний зерновий матеріал на дві фракції:

- 1 фракція - близько 50% основного зерна (пшениця) та дрібна домішка;
- 2 фракція - близько 50% основного зерна (пшениця) та велика домішка.

3.7. Висновки по третьому розділу

Обґрунтовано основні параметри повітряно-гравітаційного сепаратора для очищення зерна продуктивністю 10 т/год·м, у якому є приймальне решето, пневмоканал, блок попереднього розподілу зернового матеріалу та каскади гребінок. Швидкість повітряного потоку – 5,5 м/с. Кількість сепаруючих гребінок у блоці попереднього розподілу 3 шт., мають зазор між прутками 3,4 мм; кут нахилу сепаруючих гребінець до горизонту в блоці попереднього розподілу 35°; для виділення дрібних домішок, що мають зазор між прутками 2 мм; довжина сепаруючих гребінок 155 мм; кут нахилу сепаруючих гребінок до горизонту для виділення дрібних домішок 35°; кут нахилу сепаруючих гребінок до горизонту виділення великих домішок 32°.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Створена математична модель достовірно відтворює процес просіювання компонентів зернової маси в повітряно-гравітаційному сепараторі, призначеному для очищення зерна, що складається з приймального решета, пневмоканалу, блоку попереднього розподілу та каскади гребінок.

Повітряно-гравітаційний сепаратор дозволяє збільшити ефективність очищення зерна від дрібних та великих домішок на 5 – 12% за рахунок поділу зернового матеріалу на дві фракції в блоці попереднього розподілу та зниження питомого навантаження на гребінки.

Обґрунтовано основні параметри повітряно-гравітаційного сепаратора для очищення зерна продуктивністю 10 т/год·м, у якому є приймальне решето, пневмоканал, блок попереднього розподілу зернового матеріалу та каскади гребінок. Швидкість повітряного потоку – 5,5 м/с. Кількість сепаруючих гребінок у блоці попереднього розподілу 3 шт., мають зазор між прутками 3,4 мм; кут нахилу сепаруючих гребінець до горизонту в блоці попереднього розподілу 35°; для виділення великих домішок гребінки мають зазор між прутками 4 мм, для виділення дрібних домішок, зазор між прутками 2 мм; довжина сепаруючих гребінок 155 мм; кут нахилу сепаруючих гребінок до горизонту для виділення дрібних домішок 35°; кут нахилу сепаруючих гребінок до горизонту виділення великих домішок 32°.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дацишин О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О. В. Дацишин, А. І. Ткачук, О. В. Гвоздев та ін. / За редакцією О.В. Дацишина. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488с.
2. Стоцько З. А., Ребот Д. П., Топільницький В. Г. Визначення впливу властивостей сипкого середовища на ефективність сепарації. Національний університет “Львівська політехніка”. №891. 2018. С60-65.
3. Ярошенко Л.В., Солоня О.В. Багатофракційний вібраційний сепаратор з вертикальним кінематичним віброзбуджувачем. Вібрації в техніці та технологіях. №4(56), 2009. С.157-160.
4. Вплив робочих елементів вібросепаратора на травму і якість насіння озимої пшениці та жита / Д. А. Дерев'янку, В. М. Поліщук, О. М. Сукманюк, О. Д. Дерев'янку // Наукові горизонти. - 2020. - № 7 (92). - С. 98–103.
5. Derevjnko, D., Sukmaniuk, E. & Derevjnko, O. (2017). Grain crops injuries and drying modes while seeds preparation. INMATEH – Agricultural Engineering, 53 (3), 89–94.
6. Zayets, M., Sukmaniuk, E. & Grudovyi, R. (2017). Theoretical grounding of seeds valve opener settings for subsoil-spreading sowing method. INMATEH – Agricultural Engineering, 52 (2), 13– 18.
7. Дерев'янку Д. А. Дослідження травмування насіння при його русі по поверхні циліндричного решета вібровідцентрового сепаратора / Д. А. Дерев'янку // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2015. – № 2 (90). – С. 14–18.
8. Обґрунтування впливу робочих органів зернозбиральних комбайнів на пошкодження і якість насіння/ Д. А. Дерев'янку, О. М. Сукманюк, В.В. Сарана, О. Д. Дерев'янку//Вісник аграрної науки, 2020. Т. 98 №2, С.64-71.
9. Сало В.М. Технічне забезпечення підготовки зерна до зберігання: [Монографія] / В.М. Сало, П.Г. Лузан, Д.В. Богатирьов.- Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2013. 148 с.
10. Механізація виробництва продукції тваринництва. І. І. Ревенко, Г. М. Кукта, В. М. Манько та ін.; за ред. І. І. Ревенка. К.: Урожай. 1994. 264 с.
11. Дяченко Л.С. Основи технології комбікормового виробництва: навч. посібник. Л.С. Дяченко, В.С. Бомко, Т.Л. Сивик. Біла Церква, 2015. 306 с.
12. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва: Підручник. І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Ребенко. К.: Кондор, 2012. 731 с.

13. Концепція аеродинамічної сепарації насіння сільськогосподарських культур та засоби її реалізації: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.11 / В.П. Єрмак ; Терноп. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2009. – 39 с.

14. Патент США № US 06/307967 02.10.1981 Venable, D. L. Apparatus for screening grain or the like // Патент США № 4411778 1983. Apparatus for screening grain or the like [Текст].