

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення механізації післязбирального обробітку зернового вороху з
модернізацією очисника ОВС-25**

Виконав: студент 4-го курсу, групи АІ-1-21 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Бараненко Андрій Ігорович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТГСМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«__» ____ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Бараненку Андрію Ігоровичу

1.Тема роботи: Удосконалення механізації післязбирального обробітку зернового вороху з модернізацією очисника ОВС-25
керівник роботи: Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент

затверджені наказом вищого навчального закладу від «7» травня 2025 року
№ 964

2. Строк подання студентом роботи – 10.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту. Огляд стану питання та існуючих засобів

механізації очищення зерна. Патентний пошук, аналіз літературних джерел

та останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).Вступ.1.Аналіз сучасних способів та технологій очищення зернових сумішей. 2. Аналіз існуючих технічних засобів для очищення та сортування зернових матеріалів. Патентний аналіз. 3. Обґрунтування схеми вдосконалення очисника ОВС-25. 4. Охорона праці та

захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна оцінка агрегату
Висновок до дипломного проєкту. Література. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Патентний аналіз. 2. Загальний вигляд зерноочисної машини ОВС-25. 3. Складальне креслення витяжного вентилятора з циклоном. 4. Деталювання . 5
Показники економічної ефективності вдосконалення.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
нормоконтроль	Бойко В.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	29.03 – 05.04	виконано
2	Технологічний	12.04 – 19.04	виконано
3	Конструкційний	19.04 – 10.05	виконано
4	Охорона праці	17.05 – 24.05	виконано
5	Економічний	31.05 – 07.06	виконано
6	Графічна частина	07.06 – 12.06	виконано

Студент _____ Бараненко А.І.

Керівник роботи _____ Кобець О.М.

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт на тему «Удосконалення механізації післязбирального обробітку зернового вороху з модернізацією очисника ОВС-25» присвячений підвищенню ефективності післязбиральної обробки зерна шляхом удосконалення існуючого обладнання. Актуальність теми обумовлена зростаючими вимогами до якості зернової продукції та необхідністю зниження втрат у процесі очищення.

У роботі розглянуто агротехнічні вимоги до очищення зернових сумішей, проаналізовано фізико-технологічні властивості зерна, а також проведено технічний і патентний аналіз існуючих зерноочисних машин. Особливу увагу приділено роботі очисника вороху ОВС-25, який широко використовується у сільському господарстві, проте має певні конструктивні недоліки.

Запропоновано модернізацію елементів аспіраційної системи та вентилятора з удосконаленням його кожуха та ротора, що дозволяє покращити аеродинамічні характеристики і якість очищення. Розроблено креслення вузлів, вказано допуски, шорсткість поверхонь, рекомендовані матеріали та конструкційні рішення відповідно до стандартів ДСТУ.

Проведено також економічне обґрунтування доцільності модернізації, розраховано витрати на виготовлення оновленого вузла та очікуваний ефект від зменшення втрат зерна та зниження енергоспоживання. Модернізована конструкція сприяє підвищенню продуктивності та покращенню технологічної надійності очищення зерна.

Дипломний проєкт включає пояснювальну записку, розрахунково-графічну частину, креслення конструктивних елементів модернізованого ОВС-25, а також рекомендації щодо його впровадження у зерноочисні лінії.

Ключові слова: зерновий ворох, очищення, ОВС-25, модернізація, вентилятор, аспірація, конструктивні зміни, шорсткість, допуски, енергоефективність.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	2
АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ	9
1.1 Агротехнічні вимоги до очищення зернових сумішей.....	9
1.2 Фізико-технологічні та механіко-технологічні властивості зернових матеріалів.....	10
1.3 Аналіз існуючих технологій та способів очищення зернових матеріалів ..	17
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ. ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ	24
2.1 Огляд конструкцій решітних зернових сепараторів.....	24
2.2 Огляд існуючих очисних механізмів.....	32
2.3 Патентний аналіз	34
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСНИКА ОВС-25	44
3.1 Актуальність питання	44
3.2. Суть вдосконалення	45
3.3. Розрахунок вентилятора.....	51
3.4. Кінематичний розрахунок.....	53
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	58
4.1 Охорона праці.....	58

4.2 Захист навколишнього середовища.....	59
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА АГРЕГАТУ	62
ВИСНОВОК.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
ДОДАТКИ	71

ВСТУП

Однією з ключових умов стабільного розвитку агропромислового комплексу є підвищення ефективності післязбиральної обробки зернових культур, серед яких особливе місце займає очищення зернового вороху. Саме на цьому етапі формується якість продукції, яка надалі використовується як продовольче, фуражне або насіннєве зерно. Високий рівень домішок у зібраному воросі значно ускладнює його зберігання, транспортування та подальшу переробку, а також може призводити до втрати врожаю та зниження рентабельності виробництва.

Сучасні тенденції в агротехнологіях передбачають не лише якісне очищення зернової маси, але й оптимізацію технічних засобів, що забезпечують цей процес. Значне поширення в Україні отримала машина ОВС-25, яка відзначається простотою конструкції, мобільністю та здатністю забезпечувати очищення великого обсягу зерна. Проте в умовах інтенсифікації сільського господарства та ускладнення агрокліматичних умов зростають вимоги до якості очищення, продуктивності та надійності зерноочисної техніки.

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю удосконалення механізації очищення зернового вороху шляхом модернізації існуючих конструкцій зерноочисних машин. Зокрема, дослідження, спрямовані на покращення роботи ОВС-25, мають на меті підвищення ефективності видалення домішок, зменшення втрат повноцінного зерна, підвищення енергоефективності та зниження рівня травмування зернової маси.

Метою дипломного проєкту є розробка заходів із модернізації конструкції очисника ОВС-25 з урахуванням агротехнічних вимог до якості очищення та фізико-механічних властивостей зернової маси. Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати існуючі технології очищення зерна, провести технічний огляд і патентний аналіз конструкцій, розробити вдосконалений вузол або механізм та оцінити його ефективність у порівнянні з базовою конструкцією.

Об'єктом дослідження є процес механічного очищення зернового вороху. Предметом дослідження – конструкційні рішення зерноочисної машини ОВС-25.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

1.1 Агротехнічні вимоги до очищення зернових сумішей

Зерновий ворох, який надходить із комбайнів або молотарок, містить зерно основної культури, насіння бур'янів, соломку, половику й інші залишки рослин. Якщо частка зерна основної культури становить менше 85 %, то такий ворох вважається сумішшю. Показник засміченості визначається як відношення маси домішок до загальної маси та виражається у відсотках.

Післязбиральна обробка зерна передбачає очищення, сортування та калібрування для отримання фуражного, продовольчого або насіннєвого матеріалу. Кожна операція має своє завдання:

- Очищення – полягає у видаленні домішок, пошкоджених, битих і щуплих зерен. Усі партії зібраного зерна піддаються очищенню.
- Сортування – розподіляє зерно за фізичними властивостями, такими як розмір, маса, аеродинамічні характеристики тощо. Це дозволяє покращити якість продовольчого зерна, підготувати фуражне зерно і забезпечити високоякісний насіннєвий матеріал. У багатьох машинах ці процеси об'єднуються.
- Калібрування – є частиною сортування й полягає у розподілі очищеного зерна на фракції для досягнення однорідності, наприклад, при висіванні насіння кукурудзи чи соняшнику.

Основними критеріями якості очищення та сортування є чистота зерна, його схожість, питома вага та рівномірність за розмірами. Параметри зерна визначаються відповідно до агротехнічних вимог, стандартів і базисних кондицій.

Агротехнічні вимоги передбачають доведення зерна до кондицій для продовольчих, фуражних і насіннєвих потреб. Продовольче зерно поділяється на базисну та небазисну кондиції. Наприклад, для ярої пшениці базисна кондиція включає чистоту не нижче 97 %, вміст домішок до 1 % і дроблених зерен не

більше 2 %, із вологістю 14–16 %. Небазисна кондиція допускає до 5 % бур'янів і до 10 % зернових домішок, що знижує його вартість [1].

Насіння зернових культур класифікується на три класи залежно від чистоти, схожості та кількості домішок. Наприклад, I клас має 99 % чистоти, схожість 90 %, а домішки інших культур — не більше 10 шт./кг. II і III класи допускають трохи нижчі показники [1].

Зерноочисні машини мають забезпечувати очищення відповідно до стандартів і бути універсальними, регульованими, зручними в експлуатації, безпечними й відповідати санітарним нормам.

1.2 Фізико-технологічні та механіко-технологічні властивості зернових матеріалів

Ефективне доведення зерна та насіння до необхідних кондицій при мінімальних витратах ресурсів залежить від правильного вибору методів і технологічних схем очищення та сортування. Підбір способів і відповідних сепарувальних агрегатів здійснюється з урахуванням складу зернової маси, характеристик основної культури та вмісту насіння бур'янів.

Основні властивості компонентів зернової маси включають:

- геометричні параметри;
- аеродинамічні характеристики (парусність);
- форму та стан поверхні зерна;
- густину;
- колір;
- електричні властивості.

Зміни цих характеристик можуть бути представлені у вигляді числових варіаційних рядів або графічних варіаційних кривих.

Структурні характеристики компонентів зернових матеріалів. Геометричні параметри зернин визначаються їхньою товщиною, шириною та довжиною. Товщина – це найменший розмір зерна або його частинки, довжина – найбільший, а ширина є проміжним значенням.

Для побудови варіаційного ряду або графічної варіаційної кривої необхідно виконати 300–500 вимірювань обраного параметра (довжини, ширини, товщини чи іншої характеристики) та класифікувати отримані значення за класами.

У зернових культурах класові інтервали найчастіше становлять [2]:

- 0,4 мм для довжини;
- 0,3 мм для ширини;
- 0,2 мм для товщини зерна.

Аеродинамічні характеристики зерен і часток зернового вороху

Аеродинамічні характеристики зерен та інших частинок суміші визначаються такими параметрами:

- Критична швидкість повітряного потоку, що встановлюється в аеродинамічній трубі;
- Коефіцієнт опору повітря;
- Коефіцієнт парусності, що характеризує здатність зерна або іншої частинки до переміщення під дією повітряного потоку.

Критична швидкість. Якщо зернину або іншу частинку суміші помістити в ламінарний вертикальний потік повітря, що рухається знизу вгору зі швидкістю v , то вона зазнає впливу сили опору R . Ця сила визначається за формулою Ньютона.

Рух зернини у потоці визначається співвідношенням між силою опору R і силою гравітації G [2]:

Якщо $G > R$ — зернина опускається вниз.

Якщо $G < R$ — піднімається вгору.

Якщо $G = R$ — знаходиться в стані рівноваги, зависає у повітрі, що відповідає критичній швидкості потоку.

У таблиці 1.1. наведені значення критичної швидкості для зерен різних культур та часточок домішок у зерновій суміші.

Лабораторне визначення критичної швидкості проводиться за допомогою парусних класифікаторів або аеродинамічної труби. Один із найпростіших

приладів для цього — вертикальний конічний канал із розширенням у верхній частині, виготовлений із прозорого матеріалу.

Таблиця 1.1 – Значення критичних швидкостей зерен культур і частинок домішок сумішей [2].

Культура, домішка	Критична швидкість повітряного потоку, м/с	Культура, домішка	Критична швидкість повітряного потоку, м/с
Пшениця	8,9 – 11,5	Вівсюг	5,5 – 8,3
Жито	8,4 – 10,5	Пирій	4,8 – 7,2
Ячмінь	8,4 – 10,7	Кукіль	6,8 – 9,8
Овес	8,0 – 9,1	Березка	5,9 – 8,0
Просо	9,8 – 11,8	Волошка	4,2 – 5,9
Гречка	7,2 – 9,5	Рис	8,0 – 12,0
Кукурудза	12,4 – 14,0	Зерно пшениці щупле	5,0 – 7,0
Зерно пшениці розбите впоперек	7,3 – 9,8	Зерно пшениці розбите вздовж	5,8 – 8,2
Солома пшенична розбита вздовж, 15-20 мм, з міжвузлями	8,0 – 10,0	Солома пшенична розбита вздовж, 15 – 40 мм, без міжвузлів	4,0 – 7,5
Полова	1,8 – 4,1		

Коефіцієнт опору повітря. Визначення коефіцієнта опору повітря супроводжується певними труднощами, оскільки цей параметр залежить від багатьох змінних факторів, зокрема:

- Форми та шорсткості поверхні досліджуваної частинки (зерна);
- Стану повітряного простору, включаючи рівномірність потоку;
- Швидкості руху повітряного потоку, яка може впливати на турбулентність;
- Температури повітря, що змінює його густину та в'язкість.

Коефіцієнт парусності залежить від площі міделевого перерізу, яка припадає на одиницю сили гравітації. Основні залежності:

- При збільшенні відносної площі, що піддається дії повітряного потоку, коефіцієнт парусності зростає.
- За однакових інших умов, зерна або частинки з більшою площею поверхні мають вищий коефіцієнт, що впливає на їхню поведінку в потоці повітря.

Орієнтовні значення коефіцієнтів опору повітря і парусності для різних сільськогосподарських культур наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнтів парусності та опору повітря для зерен різних культур [2].

Зерно культури	Коефіцієнт опору повітря	Коефіцієнт парусності
Пшениці	0,184 – 0,265	0,075 – 0,120
Жита	0,160 – 0,220	0,100 – 0,140
Вівса	0,118 – 0,150	0,169 – 0,300
Кукурудзи	0,180 – 0,260	0,050 – 0,060

Форма та стан поверхні зерен. Властивості поверхні зерен відіграють важливу роль у процесах очищення та сортування зернового матеріалу.

Наприклад, за допомогою решіт із трикутними отворами можна відокремити гречку татарську від пшениці, оскільки її насіння має характерну трикутну форму, а з тимофіївки – дрібний щавель. Сортування зернової маси за формою здійснюють також за допомогою гвинтових сепараторів, або змійок. Зерна різної форми, потрапляючи на гвинтову поверхню сепаратора, переміщуються по-різному та з неоднаковими швидкостями. Округлі та кулеподібні зерна швидко перекочуються, внаслідок чого під дією відцентрової сили їх відкидає до краю робочої поверхні змійки. Гвинтові сепаратори широко використовують для відокремлення гороху з горохо-вівсяної суміші, а також для поділу вико-вівсяних сумішей.

Ще одним методом сортування зерна є використання шорсткості його поверхні. Цей принцип застосовується у фрикційних сепараторах, де гладкі

округлі зерна скочуються вниз під власною вагою, тоді як шорсткі часточки завдяки кращому зчепленню з поверхнею переміщуються вгору та потрапляють у відповідний приймач. Налаштувати ефективність такого сепаратора можна зміною кута нахилу його робочої поверхні. Наприклад, для очищення зерна льону застосовують кут $37 - 42^\circ$, для цукрових буряків – $18 - 27^\circ$, моркви – $25 - 26^\circ$, а для видалення насіння березки з редьки чи споришу з капусти – $30 - 35^\circ$ [2].

Для кращої адаптації до різних типів зерна використовують полотна з різних матеріалів. Так, у сепараторах для очищення насіння моркви застосовують поліетиленову плівку, для цибулі – байкове полотно, а для редьки та капусти – брезент.

На якість очищення та сортування зерна на гірках суттєво впливають не лише форма та шорсткість зерен, а й швидкість руху робочої поверхні, вологість зернової маси, стан поверхні та інші фактори.

Завдяки більш шорсткій поверхні зерно вівсюга можна ефективно відокремити від вівса та пшениці за допомогою трієрів із ворсистою внутрішньою поверхнею. Під час обертання циліндра зерна вівсюга піднімаються вгору, після чого спеціальна щітка всередині пристрою скидає їх у жолоб. Далі гвинтовий механізм видаляє відібране зерно за межі циліндра. Водночас зерно з гладенькою поверхнею не прилипає до ворсистій поверхні та самотійно випадає з трієра.

Ще однією властивістю, що використовується для виділення важковідокремлюваного насіння бур'янів, є здатність зернин утримувати часточки залізного порошку. Ця особливість залежить від рівня шорсткості та пористості поверхні зерна. Гладеньке зерно з низькою пористістю майже не утримує металеві часточки, тоді як зерна з вираженою шорсткістю та пористістю накопичують значну їх кількість. Завдяки цьому магнітне очищення дозволяє ефективно відокремлювати такі зерна від основної маси.

Щільність зерен є важливим показником, який впливає на процес їх очищення та сортування. Попередньо очищений зерновий матеріал може

оброблятися на спеціальній робочій поверхні, що здійснює коливальні рухи та продувається потоком повітря знизу. Під впливом цих факторів зернова маса переходить у псевдозріджений стан і починає перерозподілятися.

Більш щільні зерна осідають ближче до робочої поверхні, тоді як менш щільні залишаються на її верхньому шарі. Завдяки силам тертя та інерції нижні шари зернової маси рухаються відповідно до напрямку коливання поверхні й виводяться через один із виходів. Верхні шари, які слабше взаємодіють із нижніми, переміщуються у напрямку зниженого краю робочої поверхні під дією сили тяжіння, після чого виводяться через інший вихід.

Чим ближче зерна знаходяться до поверхні, тим більше їхній рух нагадує траєкторію нижнього шару. В результаті на розвантажувальній ділянці робочої поверхні зернова маса стікає рівномірним шаром, густина якого поступово збільшується від одного краю до іншого. Потім оброблений матеріал спрямовується до відповідних секцій приймача.

У таблиці 1.3. приведено щільність насіння деяких зернових, бобових, олійних та технічних культур.

Таблиця 1.3. Щільність насіння деяких зернових, бобових, олійних та технічних культур [3].

Зерно культури	Щільність, г/см ³	Зерно культури	Щільність, г/см ³
Пшениці	1,2 – 1,5	Проса	1,2 – 1,3
Жита	1,2 – 1,5	Рису	1,1 – 1,2
Ячменю	1,3 – 1,4	Гороху	1,15 – 1,5
Вівса	1,2 – 1,4	Соняшнику	0,9
Кукурудзи	1,0 – 1,4	Гречки	1,2 – 1,3

Електричні властивості зернового матеріалу тісно пов'язані з його механічними характеристиками та біологічною структурою. Під час електричного розділення зернової маси використовують відмінності у їхній електропровідності, діелектричній проникності та здатності приймати або віддавати електрони.

Один із методів розділення полягає в тому, що заряджені зерна спрямовують у зону між двома електродами. У цьому випадку частинки з позитивним зарядом притягуються до негативного електрода, а частинки з негативним зарядом – до позитивного. Цей принцип застосовується для очищення насіння дрібних трав (наприклад, тимофіївки, конюшини) і зернових культур від легких домішок.

Ще один спосіб передбачає розділення зернового матеріалу в полі коронного розряду. Коли між коронуючим і перфорованим електродами створюється висока напруга, повітря іонізується, а компоненти зернової маси набувають різного заряду. В результаті зерна відхиляються під різними кутами і потрапляють у відповідні приймачі.

За діелектричним методом між двома ізолюваними провідниками, що намотані на обертовий барабан-ізолятор, формується електричне поле. Полярність провідників змінюється, що спричиняє поляризацію зернового матеріалу. Окремі компоненти взаємодіють із зовнішнім полем та прилипають до барабана, а потім, залежно від рівня їхньої діелектричної проникності, відриваються й потрапляють у відповідні секції приймача.

Для ефективного розділення зерна в електростатичному або коронному полі потрібна напруга 30–70 кВ, тоді як для діелектричного методу вона в 3–7 разів нижча. Крім того, дослідження показали, що обробка насіння в електричному полі сприяє збільшенню врожайності в середньому на 25% [2].

Колір є одним із важливих показників якості сільськогосподарських продуктів. Процес розділення зернової маси за цим критерієм, на відміну від інших методів очищення та сортування, вимагає послідовної подачі зерен до спеціального пристрою з оптимальною швидкістю. Це необхідно для того, щоб сигналізатор міг точно розпізнати колір кожного зерна й передати відповідний сигнал виконавчому механізму, який здійснює відбір.

Такий метод дозволяє ефективно розділяти зерна квасолі, сої та інших зернобобових культур, а також виділяти з жита ріжки сажки, які мають подібні розміри, форму й масу. Окрім того, за кольоровими відмінностями можна

відокремлювати живі та мертві зерна, здорові й уражені хворобами, що значно покращує якість кінцевого продукту.

1.3. Аналіз існуючих технологій та способів очищення зернових матеріалів

Для очищення та сортування зерна застосовують різні методи, серед яких особливу увагу приділяють розподілу насіння за допомогою повітряного потоку, за розмірами на решетах і трієрах, за щільністю та питомою вагою, за властивостями поверхні, а також за електричними характеристиками.

Метод *розподілу насіння повітряним потоком* базується на відмінностях аеродинамічних властивостей між зерном і домішками, враховуючи такі параметри, як парусність, маса, розміри, стан і форма. Основним показником у цьому процесі є критична швидкість, при якій частинка переходить у зважений стан, тобто починає витати в повітряному потоці. Важливу роль відіграє також коефіцієнт парусності, що визначає здатність частинки чинити опір руху повітря.

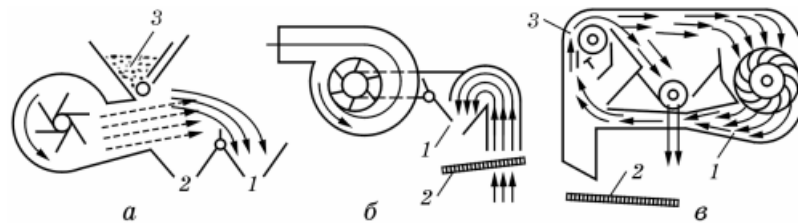


Рис.1.1 – Схеми розподілу насіння потоком повітря за аеродинамічними властивостями: а – похилий потік: 1 – легка фракція; 2 – важка фракція; 3 – ворох; б – аспіратор із відцентровим вентилятором: легкі домішки; 2 – решето(а); в – аспіратор із діаметральним вентилятором: 1 – потік повітря; 2 – решето(а); 3 – легкі домішки.

У випадку похилого або горизонтального повітряного потоку (рис. 1.1а), ворох 3, який висипається із бункера, підхоплюється повітряним потоком. Зерно потрапляє до важкої фракції 2, в той час як легкі домішки переносяться до легкої фракції 1.

У вертикальному потоці (рис. 1.1б, в) легкі домішки, що рухаються по решету 2, засмоктуються (рис. 1.1б) або підхоплюються (рис. 1.1в) потоком і виносяться в осаджувальну камеру. Зерно, як важка фракція, продовжує переміщатися по поверхні решета.

Розподіл насіння за розмірами на решетах здійснюється залежно від товщини, ширини та довжини об'ємного тіла. За товщиною і шириною ворох розділяють на плоских та циліндричних решетах. Плоскі решета можуть бути прямокутними (рис. 1.2б), круглими (рис. 1.2в) або трикутними (рис. 1.2г). Вони можуть бути виготовлені з металевого листа з отворами або з сітки, яка може бути плетеною (рис. 1.2д) чи тканиною (рис. 1.2е).

Для очищення насіння гречки та насіння з тригранною формою використовують решета з трикутними отворами (рис. 1.2г), а для насіння льону застосовують решета з отворами, схожими на форму сочевиці. Таке очищення дозволяє одночасно здійснювати розподіл насіння за товщиною та шириною. Для калібрування насіння кукурудзи використовують решета з круглими лункоподібними отворами або гофровані решета з продовгуватими отворами.

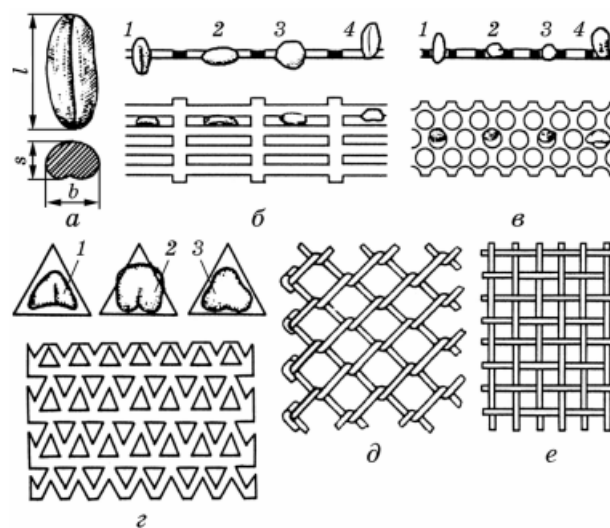


Рис.1.2 – Схема розподілу насіння на решетах за їх поперечним перерізом: а – параметри зернини; б і в – розподіл зерна за шириною і товщиною на решетах з круглими і прямокутними отворами: 1,2 і 3 – прохід зернини через отвір; 4 – зернини, яка не пройшла крізь отвір; г – розподіл зерна за шириною і товщиною на решетах з отворами у формі трикутника: 1 і 3 – прохід зернини крізь отвір; 2 – зернина, яка не пройшла крізь отвір; д і е – плетені решета та ткани.

Під час коливального руху решета зерно на його поверхні може приймати різні положення. Якщо розміри зернини (ширина чи товщина) менші, ніж розміри отворів у решеті, то вона пройде крізь отвір. Цю частину насіння

називають проходом. Найбільш ефективна сепарація крупного та середнього насіння на решетах з прямокутними отворами при прискоренні 18–22 м/с², а для дрібного насіння — при 12–14 м/с². Зерна, що не пройшли через отвори, залишаються на поверхні решета, переміщуються по ньому і зсипаються з його країв. Цю частину насіння називають сходом [1].

Розподіл насіння за довжиною здійснюється за допомогою трієрних циліндрів (рис.1.3а), які мають карманоподібні комірки (рис.1.3б) на внутрішній поверхні. Ці комірки, виготовлені шляхом штампування або фрезерування, мають діаметри, що більше або менше за довжину очищуваного насіння. Всього передбачено 22 варіанти розмірів комірок з діаметром від 1,6 до 12,5 мм, що дозволяє очищати насіння різних культур, таких як зернові, зернобобові, льон, трави, а також калібрувати кукурудзу. Трієрні циліндри можуть бути кукільними та вівсюжними, і вони часто працюють у парі.

В середині циліндра розташований лотік зі шнеком, а сам трієр встановлюється під кутом 1–2,5° до горизонту. Циліндр і шнек обертаються з однаковою частотою. Зерно, яке подається до циліндра, під час обертання потрапляє в комірки, де коротші зерна занурюються глибше, ніж довші [1].

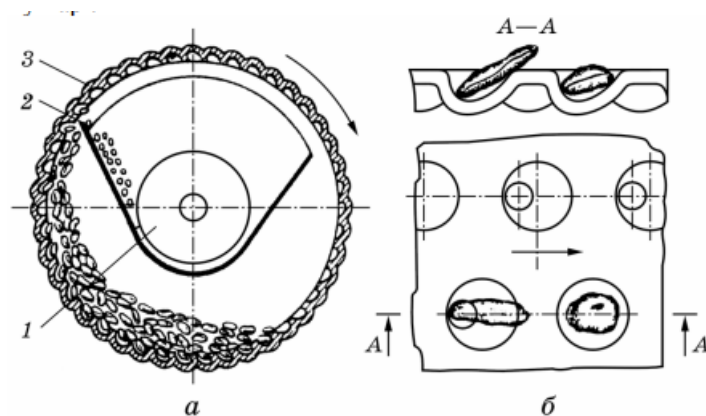


Рис.1.3 – Трієрний розподіл насіння за довжиною: а – схематичне зображення трієра: 1 – шнек; 2 – лотік; 3 – циліндр трієрний; б – трієрний циліндр в розгортці.

Окрім циліндричних трієрів застосовують ще нециліндричні коміркові, принцип дії яких подібний.

Розподіл насіння за щільністю та питомою вагою застосовується для відбору найбільш якісного посівного матеріалу. Цей процес здійснюється як сухим, так і мокрим методами.

Голчастий барабан (рис.1.4а) використовується для відокремлення пошкоджених зерен гороху, які мають меншу щільність. На його внутрішній поверхні у шаховому порядку закріплені металеві голки. Під час обертання барабана голки наколюють легші, пошкоджені зерна і піднімають їх угору. Верхня частина конструкції оснащена металевою щіткою, яка очищає голки, скидаючи зібрані зерна в лотік, звідки вони виводяться за допомогою шнека.

Пневматичний сортувальний стіл (1.4б) працює за принципом відокремлення найбільш зрілого насіння завдяки взаємодії декількох факторів: стану поверхні, кутів нахилу (як поздовжнього, так і поперечного), зворотно-поступального руху сітчастої деки та дії повітряного потоку, що створюється вентилятором. Коли зернова маса потрапляє на деку, вона продувається потоком повітря та набуває «киплячого» стану. У результаті формується вертикальне розшарування: легкі частинки піднімаються вгору, а важчі залишаються на сітчастій поверхні. Коливання похилої деки забезпечують рівномірний розподіл матеріалу, і зерно сходить із поверхні стола за окремими фракціями.

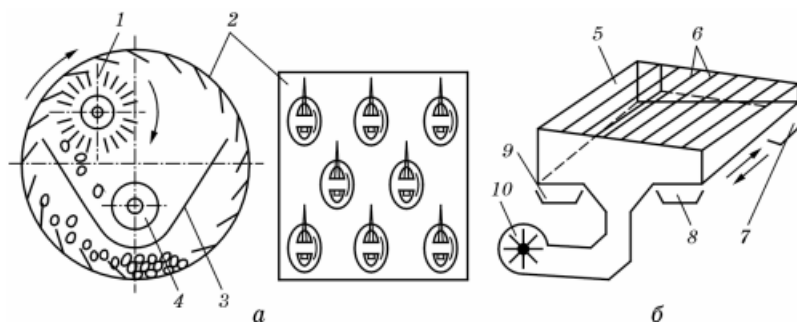


Рис.1.4 – Схема розподілу насіння за щільністю та питомою вагою: а – голчастий барабан; б – сортувальний стіл; 1 – щітка; 2 – барабан; 3 – лотік; 4 – шнек; 5 – дека; 6 – рифи; 7,8,9 – лотки для різної питомої ваги (легкої, середньої та великої); 10 – вентилятор.

Розподіл насіння за характеристиками його поверхні (зокрема станом і формою) застосовують у випадках, коли інші властивості не дають змоги достатньо чітко його розділити. Поверхня зерен може бути гладенькою,

шорсткою, пористою, бугристою, мати заглиблення чи пухове покриття. За формою зерна поділяються на плоскі, довгасті, сферичні або тригранні.

Розподільна здатність визначається коефіцієнтами тертя: для округлих зерен – тертя кочення, для плоских – тертя ковзання. Оскільки коефіцієнт тертя кочення нижчий за коефіцієнт тертя ковзання, то у першому випадку сортування за формою є більш ефективним, тоді як у другому – ключову роль відіграє стан поверхні.

Для сортування зерна використовують фрикційні сепаратори (рис.1.5), які бувають різних типів: гірки з поздовжнім або поперечним рухом конвеєра, лопатеві й гвинтові механізми, а також фрикційні трієри, магнітні та електромагнітні барабани.

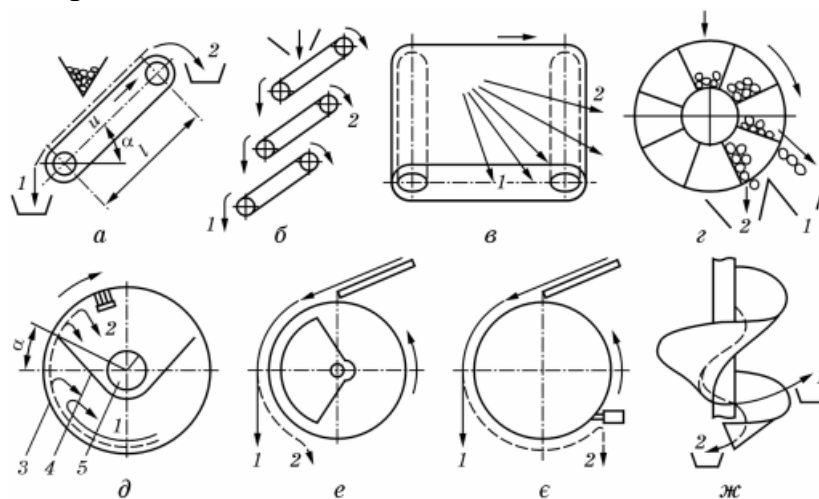


Рис.1.5 – Розподіл зерен за властивостями їх поверхні та форми: а – похилий конвеєр (поздовжній); б – ярусний конвеєр; в – похилий конвеєр (поперечний); г – барабан лопатевий; д – трієр фрикційний; е – барабан електромагнітний; є – електричний барабан; ж – сепаратор гвинтовий (змійка): 1 – круглі гладенькі зерна; 2 – плоскі шорсткі зерна; 3 – циліндр фрикційний; 4 – лотік; 5 – шнек.

Розподіл насіння за електричними характеристиками (рис. 1.6) базується на відмінностях у електропровідності, діелектричній проникності та інших властивостях. Використовують три основні методи: електростатичний, коронний та діелектричний. Завдяки цим методам можна відокремити домішки, пошкоджене або проросле насіння, кукіль, вівсюг, карантинні та інші бур'яни.

При електростатичному способі до решета 1 (рис. 1.6а) або барабана 2 (рис. 1.6б), що рухаються відповідно коливально чи обертально, подається висока напруга (30–70 кВ). Насіння, контактує з їхньою поверхнею, набуває електричного заряду, а поле змушує його розподілятися відповідно до електропровідності. Частинки з вищою електропровідністю спрямовуються в лотік 6, а з нижчою — у лотік 5. Ті, що залишаються на барабані, зчищаються щіткою 3 [1].

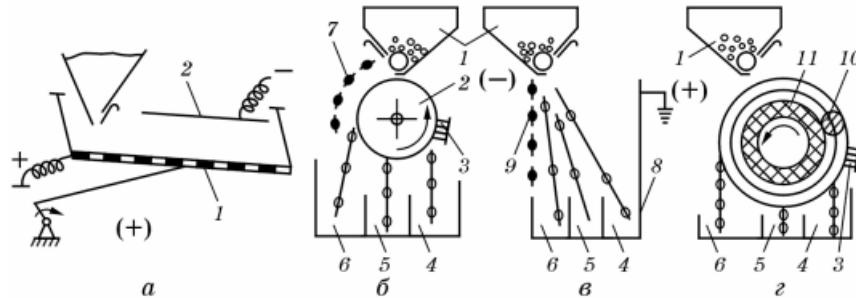


Рис.1.6 – Схема розподілу насіння відповідно до його електричних властивостей: а – метод із використанням решета: 1 – сито; 2 – металева пластина; б,в,г – методи, що застосовують електростатичне поле, коронний розряд і діелектричну проникність: 1 – завантажувальний бункер; 2 – обертовий барабан; 3 – щітка для очищення барабана; 4,5,6 – вихідні лотки для різних фракцій; 7 – електрод із негативним зарядом; 8 – коронний електрод; 9 – перфорований електрод; 10 – біфілярна обмотка; 11 – ізолюючий елемент.

При електростатичному способі до решета 1 (рис. 1.6а) або барабана 2 (рис. 1.6б), що рухаються відповідно коливально чи обертально, подається висока напруга (30–70 кВ). Насіння, контактує з їхньою поверхнею, набуває електричного заряду, а поле змушує його розподілятися відповідно до електропровідності.

Коронний метод (рис. 1.6в) базується на створенні електричного розряду між електродами під напругою 30–70 кВ, що іонізує повітря. Частинки, потрапляючи в цю зону, набувають заряд і відхиляються під різними кутами. Елементи з вищою електропровідністю потрапляють у лотік 5, а ті, що мають нижчу, осідають у лотіку 6.

Діелектричний метод (рис. 1.6г) використовує обертовий барабан, що складається з ізоляційного матеріалу 11. На ньому розташовані два ізольовані провідники з поперговою полярністю, між якими утворюється електричне поле, напруга якого втричі нижча, ніж у попередньому методі. Частинки поляризуються і притягуються до барабана з різною силою, що визначається їхньою діелектричною проникністю.

Висновок:

У першому розділі розглянуто основні агротехнічні вимоги до очищення та сортування зернових сумішей, а також фізико-технологічні та механіко-технологічні властивості зернових матеріалів. Встановлено, що якість очищення зерна визначається його чистотою, схожістю, питомою вагою та рівномірністю за розмірами, що має вирішальне значення для його подальшого використання як продовольчого, фуражного або насіннєвого матеріалу.

Процеси очищення, сортування та калібрування зернових сумішей базуються на фізичних властивостях зерна, таких як геометричні параметри, аеродинамічні характеристики, густина, форма та стан поверхні. Досліджено, що вибір відповідних технологічних схем обробки зерна значною мірою залежить від складу зернової маси та вмісту домішок.

Отже, для досягнення високої ефективності очищення та сортування зернових матеріалів необхідно застосовувати комплексний підхід, що включає використання різних технологічних рішень відповідно до фізико-механічних властивостей зернової маси. Оптимізація цих процесів сприяє підвищенню продуктивності зернового виробництва та покращенню якості кінцевої продукції.

2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ. ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ

2.1. Огляд конструкцій решітних зернових сепараторів

Післязбиральна обробка зерна передбачає усунення домішок із загальної маси та розподіл за фракціями. Для ефективного сортування зернових за розмірами застосовують решітні сепаратори, які сприяють виділенню як небажаних включень, так і некондиційного матеріалу.

До найпростіших різновидів решітних сепараторів належать нерухомі плоскі решета (рис.2.1), що встановлюються під кутом, який значно перевищує кут тертя відносно горизонтальної площини. Вони працюють без активних механізмів і не оснащені пристроями для очищення забитих отворів.

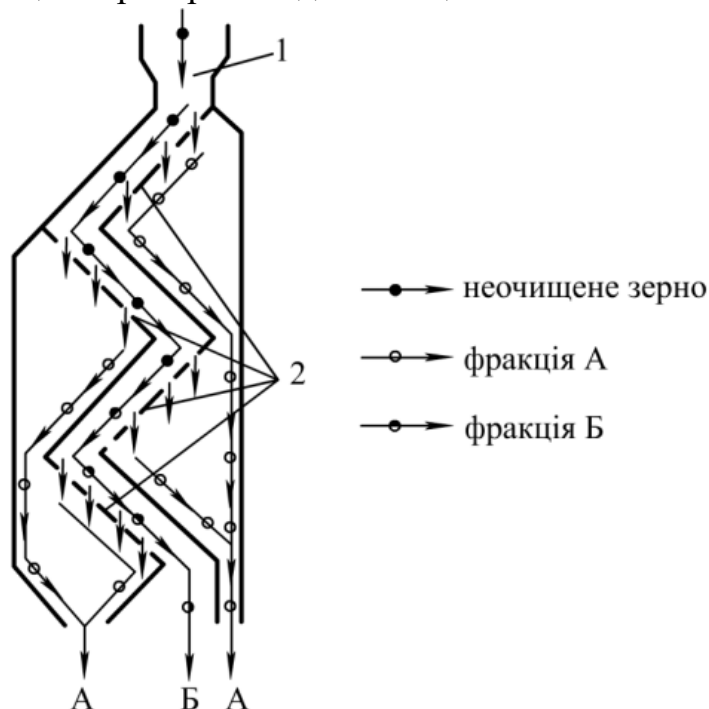


Рис.2.1 – Схематичне зображення сепаратора решітного Westward parts: 1 – завантажувальна горловина (дозатор); 2 – пасивні решета [3].

Основними перевагами подібних сепараторів є проста конструкція та легкість налаштування, а також мінімальні енерговитрати у процесі роботи, які

зазвичай обмежуються лише витратами на подачу матеріалу за допомогою завантажувальних механізмів.

Серед недоліків таких пристроїв варто виділити низьку ефективність розподілу зернових сумішей, оскільки поділ здійснюється виключно під впливом гравітації, яка має обмежену дію. Через це тривалість просіювання збільшується, що вимагає значної площі решітної поверхні для досягнення потрібного результату.

Ще одним недоліком є відсутність автоматизованої системи очищення отворів решіт, що призводить до їх періодичного засмічення. Унаслідок цього оператор повинен постійно контролювати стан решіт і виконувати очищення вручну за допомогою спеціального інструменту.

Для підвищення ефективності процесу сепарації та його інтенсифікації дослідники розробили інерційно-гравітаційний сепаратор (рис.2.2), що оснащений дугоподібними решетами. Завдяки такій конструкції частково задіюється дія відцентрових сил.

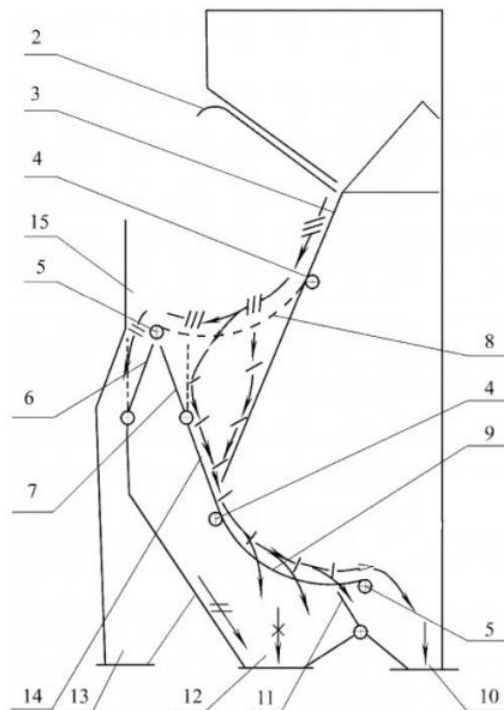


Рис.2.2 – Схематичне зображення сепаратора інерційно-гравітаційного: 1 – бункер; 2 – дозатор; 3,14 – напрямник; 4,5 – вісь решета, 6,7,11 – заслінка; 8,9 – колосове і підсівне решета; 10,12,13 – приймальники фракцій; 15 – корпус.

Однак, незважаючи на зусилля розробників, ефективність суттєво покращити не вдалося, оскільки відцентрові сили, що формуються під впливом ваги частинок, залишаються недостатньо значними для досягнення помітного результату.

Кращих результати вдалося досягти під час розробки конструкції з циліндричними решетами (рис. 2.3, рис.2.4). У таких системах матеріал рухається у двох напрямках — осьовому та радіальному, що дозволяє частково використовувати можливості відцентрового силового поля. Робота циліндричних сепараторів більш автоматизована, оскільки вони оснащені механізмами для очищення отворів, найчастіше у вигляді ротаційних щіткових пристроїв, які притискаються до зовнішньої поверхні решета та обертаються завдяки фрикційному приводу.

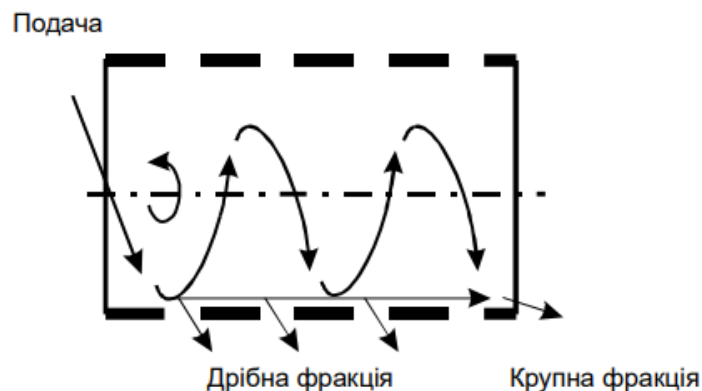


Рис.2.3 – Схема тихохідного циліндричного решета



Рис.2.4 – Застосування тихохідних решіт на прикладі зерноочисної машини «Луч» [4]

Проте суттєвого підвищення продуктивності таких конструкцій досягти не вдалося. При певному збільшенні кутової швидкості обертання решітного циліндра відцентрова сила перевищує силу тяжіння частинок, через що вони притискаються до поверхні решета, і сепарація фактично припиняється. Дослідження показали, що в процесі роботи використовується лише $1/5 \dots 1/3$ загальної площі решітної поверхні.

Через це високопродуктивні промислові моделі циліндричних сепараторів мають значні габарити. Наприклад, агрегат «Луч» (рис. 2.4), що забезпечує продуктивність 200 т/год, має довжину та висоту понад 4 м при ширині більше 2 м, а площа його решіт досягає 16 м². Таким чином, хоча циліндричні сепаратори відзначаються відносно простою конструкцією, вони залишаються матеріалоємними, масивними та дорогими у виробництві, що знижує їхню конкурентоспроможність.

Найбільш поширеними як в Україні, так і в світі є плоскорешітні сепаратори, оснащені активним коливальним механізмом приводу, що забезпечує їхню роботу у режимі вібраційних або коливальних рухів. Для приведення в дію таких машин (рис. 2.5-2.8) використовуються механічні або електромеханічні віброприводи. Додатково вони обладнані системами очищення решіт.

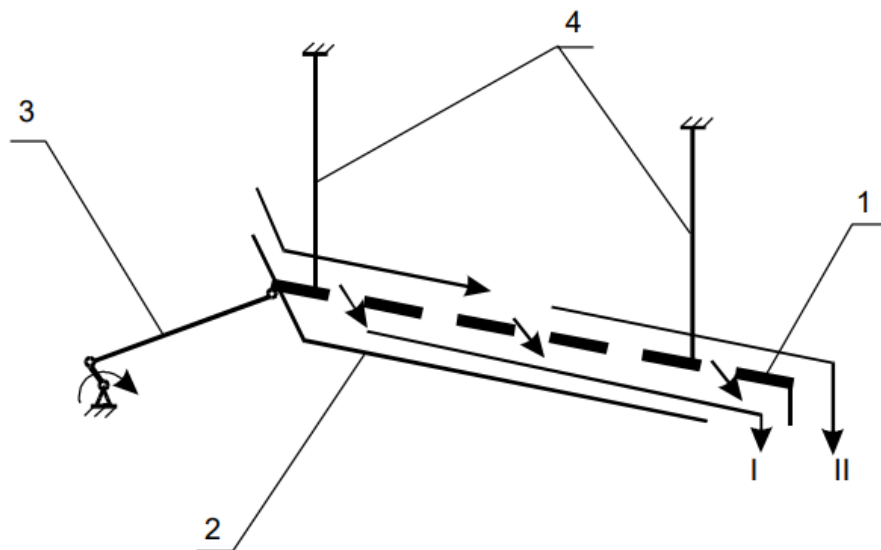


Рис.2.5 – Сепаратор плоскорешітний коливальний: 1 – решето; 2 – основа; 3 – привід; 4 – кріплення.

Плоскорешітні сепаратори широко застосовуються у різних зерноочисних машинах як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Серед найбільш відомих моделей можна виділити ОВС-25 (рис. 2.6), DELTA-143 Combi (рис. 2.7), Petkus (рис. 2.8) та інші.

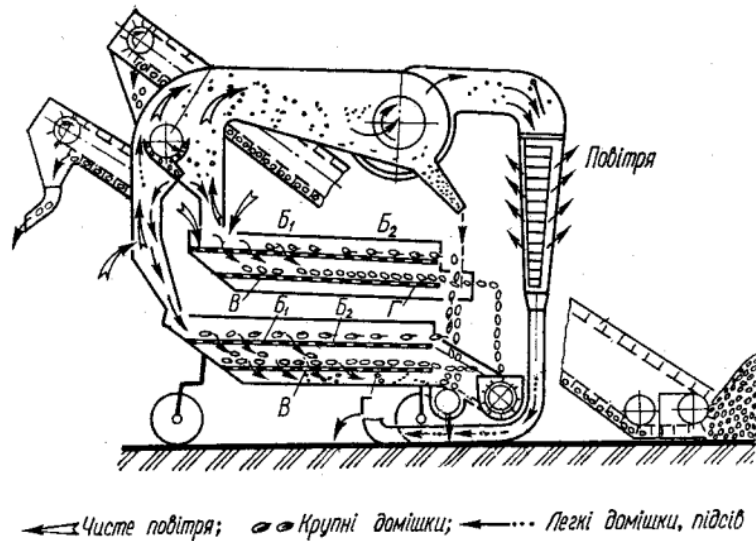


Рис.2.6 – Схематичне зображення ОВС-25

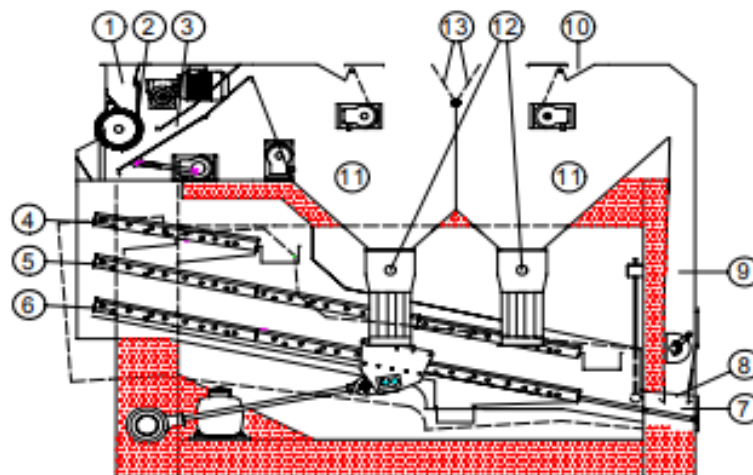


Рис.2.7 – Технологічна схема норвезького зерноочисного агрегату DELTA 143 Combi [5]: 1 – впускний пристрій; 2 – запобіжний клапан; 3 – система передчасного скиду; 4 – приймальне решето; 5 – попередній просіювач; 6 – калібрувальне сито; 7 – вихідний отвір для очищеного продукту; 8 – повітряне сито; 9 – подальше всмоктування; 10 – вхідний отвір для повітря; 11 – камера розширювання; 12 – шнекові транспортери; 13 – повітряна заслінка.

Завдяки високим показникам питомої продуктивності плоскорешітні вібраційні та коливальні сепаратори значно перевершують тихохідні

циліндричні аналоги. Це дозволяє ефективно використовувати їх не лише у стаціонарних умовах, а й у мобільних зерноочисних комплексах. Така особливість дає можливість здійснювати попередню підготовку зерна до зберігання навіть на обмежених територіях, наприклад, у фермерських господарствах.

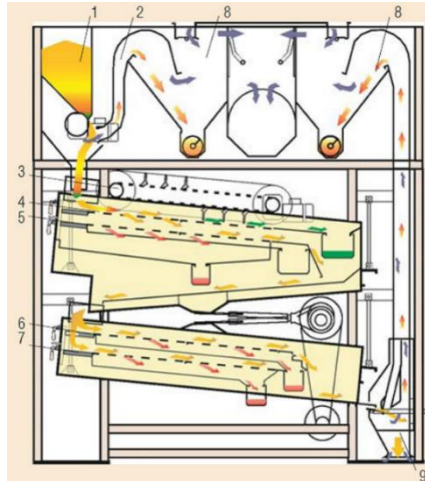


Рис.2.8 – Решітчаста діаграма агрегату PETKUS U12 [6]: 1 – живильний пристрій; 2 – попередній пневмосепаратор; 3 – скребковий транспортер; 4 – решітна площа 1 в верхньому решітному стані; 5 – решітна площа 2 в верхньому решітному стані; 6 – решітна площа 3 в нижньому решітному стані; 7 – решітна площа 4 в нижньому решітному стані; 8 – осадова камера; 9 – головний пневмосепаратор.

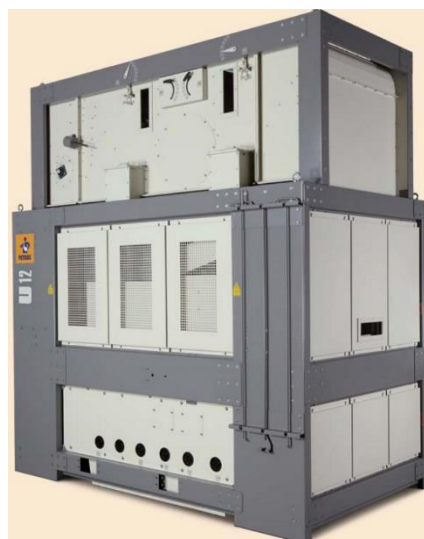


Рис.2.9 – Загальний вигляд агрегату PETKUS U12 [6].

Проте ці пристрої мають і певні недоліки, зокрема недостатню ефективність систем очищення решіт від засмічення дрібними частками. Найчастіше використовуються повзунові очисні механізми, що включають вібраційні коливальники та щітки, які потребують регулярного технічного обслуговування та налаштування.

Подальше вдосконалення конструкції циліндричних зернових сепараторів було досягнуто шляхом додавання внутрішніх пристроїв у їхню робочу зону (рис.2.10 – рис.2.13).

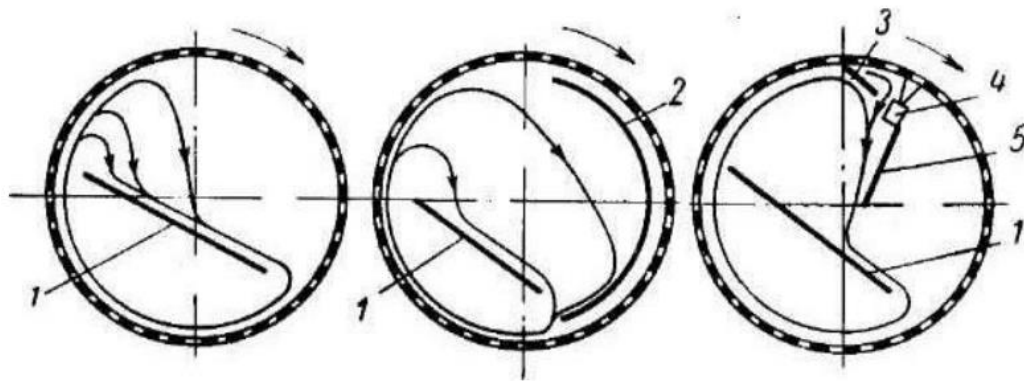


Рис.2.10 – Циліндричні решета (швидкохідні): 1,2,3,4,5 – внутрішні пристрої.

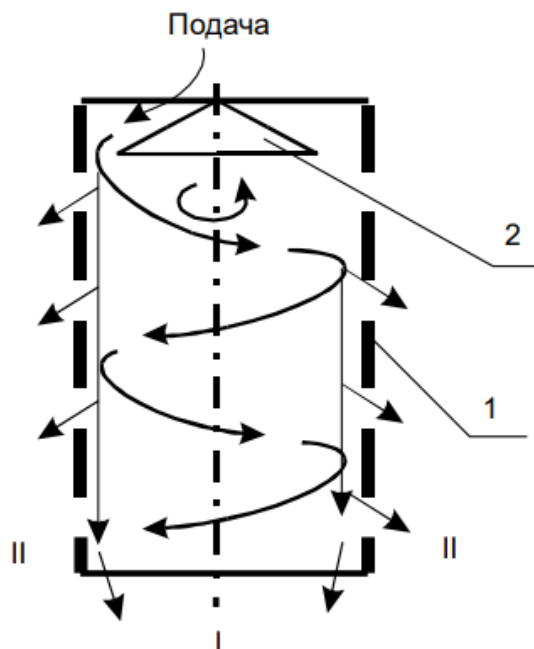


Рис.2.11 – Циліндричне решето (вібровідцентрове): 1 – решето; 2 – розподільник; I – дрібна фракція; II – крупна фракція.

Горизонтальні циліндричні сепаратори значно підвищують ефективність процесу розділення зернових сумішей. Однак наявність внутрішніх елементів

створює ризик механічного пошкодження насіння. Саме тому у промисловому виробництві пріоритет було надано вертикальним моделям, які, крім обертального руху, також виконують вібраційні коливання (рис. 2.11).

Зерноочисні машини, що базуються на принципі роботи вертикальних циліндричних вібросепараторів (рис.2.12, рис.2.13), успішно впроваджені у виробництво. Проте, за відгуками користувачів, вони характеризуються підвищеним рівнем травмування зерна через жорсткі режими обробки. Додатково ці агрегати мають високий рівень шуму, а також певні труднощі з очищенням решіт від засмічення.



Рис.2.12 – Стационарний зерноочисний агрегат БЦС-50



Рис.2.13 – Самохідний зерноочисний агрегат СВС-15

На основі проведеного аналізу визначено перспективний напрям подальших досліджень — удосконалення плоскорешітних машин, які є найбільш

ефективними з погляду поєднання високої продуктивності та мінімального пошкодження зерна. Основною їхньою проблемою залишається недостатня ефективність систем очищення решіт, оскільки застосовувані коливальні (повзунові) механізми зі щітками потребують постійного контролю та регулювання під час експлуатації.

2.2. Огляд існуючих очисних механізмів

Існуючі системи очищення решіт у зернових сепараторах можуть бути як активними, так і пасивними.

Найпростішими є пасивні ударні механізми (рис. 2.14, 2.15), які встановлюються під решетами з коливальним приводом і забезпечують їхню періодичну ударну взаємодію під час роботи.

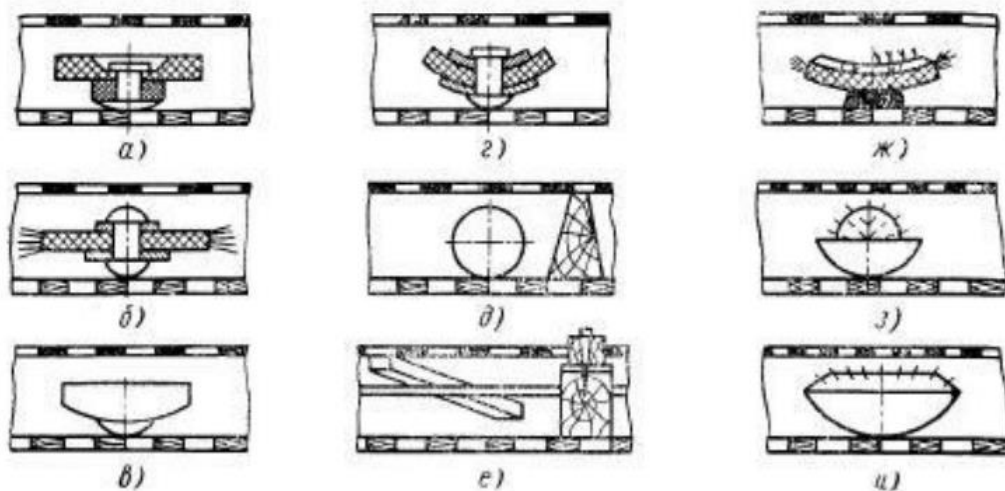


Рис.2.14 – Точкові очисні пристрої (пасивні): а – гумові; б – тканинні; в – суцільнолиті гумові; г – прогумовані; д – кулькові; е – брускові; ж, з, и – змішані (комбіновані).

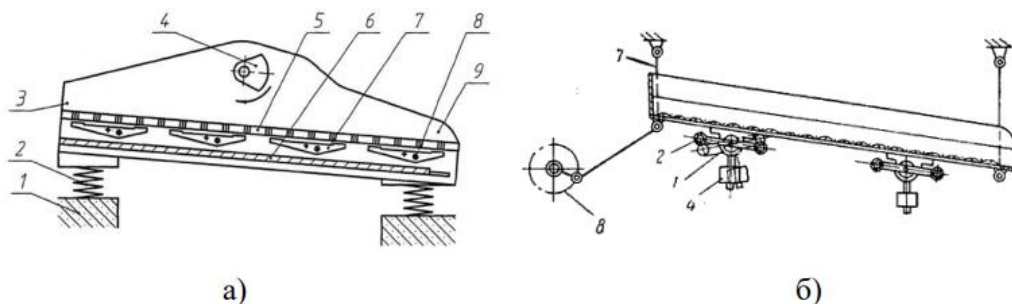


Рис.2.15 – Очисні пристрої (важельні): а – з парою плеч; б – з противагою.

Пасивні пристрої ефективно видаляють засмічення, але потребують ретельного розрахунку кількості та розташування точкових ударних елементів

для забезпечення рівномірного очищення всієї решітної площі. Важільні пасивні механізми частково усувають цю проблему, однак для ефективної роботи їх необхідно правильно розташовувати в конструкції машини, щоб уникнути зон недостатньої взаємодії з решетом.

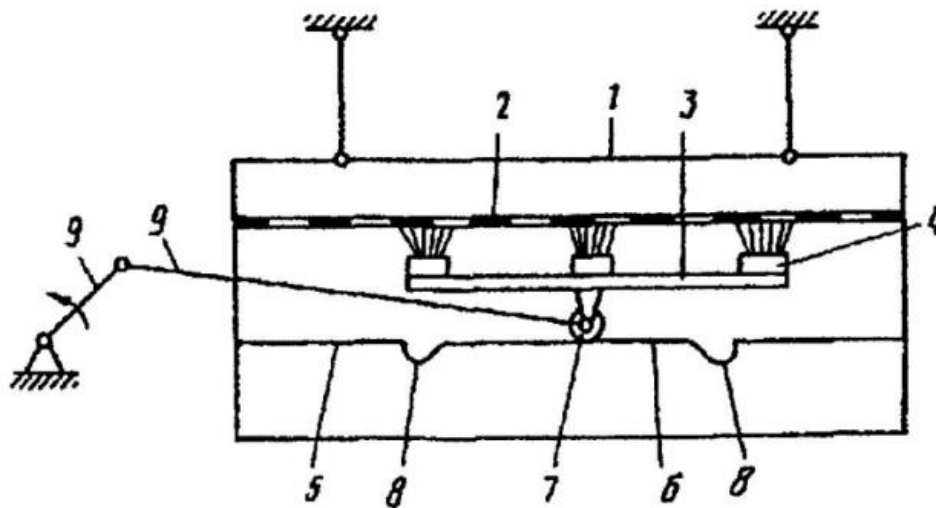


Рис.2.16 – Активний повзунковий (коливальний) щітковий апарат для очистки отворів решіт: 1 – решітний стан; 2 – сито; 3 – повзун щітковий; 4 – щіточка; 5, 6 – смужки; 7 – ролик; 8 – пази кінцеві; 9 – коливальник;

До активних систем очищення належать щіткові механізми (рис. 2.16), що встановлені в більшості зерноочисних машин. Вони здійснюють зворотно-поступальні або коливальні рухи, очищуючи поверхню решіт.

Однак практика експлуатації плоскорешітних сепараторів з такими пристроями виявила певні недоліки. Зокрема, у крайніх положеннях щіток ефективність очищення знижується через люфти приводу, що з'являються після тривалої роботи. Крім того, щітки швидко зношуються через контакт із гострими краями отворів і потребують регулярної заміни.

Більш досконалим варіантом є транспортерна система очищення решіт у сепараторах Petkus (рис. 2.9), проте вона також має свої мінуси: складність конструкції та швидке стирання робочих елементів.

З огляду на це, перспективним напрямом модернізації очисних систем плоскорешітних сепараторів можна вважати застосування пасивних механізмів, що мають просту конструкцію та високу зносостійкість.

2.3. Патентний аналіз

Патент UA115953U [7]

Корисна модель спрямована на вирішення технічного завдання, яке полягає в удосконаленні конструкції зерноочисної машини. Основною метою є покращення характеристик уже відомого обладнання через впровадження зерноочисного модуля, що працює в умовах замкненої аспіраційної системи. Цей модуль оснащується пристроєм для нагнітання повітря, а також включає в себе пневмосепаруючий канал, що складається зі спадної та висхідної ділянок. Така конфігурація забезпечує утворення циркуляційного повітряного потоку, який ефективно видаляє легкі домішки із зернової маси. Після проходження через просіювальний пристрій очищений матеріал надходить до відвантажувального вузла, а далі — в спеціальний тример, що виводить його назовні. Це сприяє покращенню процесу очистки, зростанню питомої продуктивності й підвищенню надійності агрегату.

Важливою перевагою такого технічного рішення є зниження залежності функціонування машини від змін погодних умов. Це дозволяє ефективно обробляти зерновий матеріал із підвищеним рівнем вологості або значною кількістю домішок, що особливо актуально для запобігання псуванню зерна та його втратам до моменту подальшої переробки. Застосування безінерційних приводів і просіювальних механізмів сприяє усуненню вібрацій і динамічних навантажень, що позитивно впливає на стійкість та довговічність роботи машини.

Реалізація технічного задуму здійснюється у вигляді самохідного зерноочисника типу «зернометальник». Його конструкція базується на шасі з колесами, де послідовно розташовані транспортер для подачі вороху, очищувальний блок для відділення сміття та тример для виведення обробленого зерна. Зерноочисний модуль включає похилий сітчастий транспортер ланцюгового типу, жолобчастий розподільник, нахилену площину для

спрямування зернової маси, бункер для збору крупних домішок, а також транспортер із живильниками, що здійснює вивантаження.

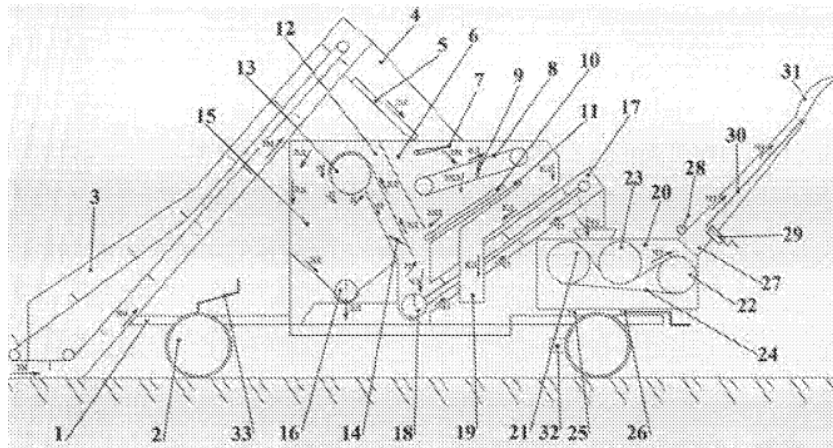


Рис.2.17 - Очисник вороху самопересувний-зернометальник: 1 – рама; 2 – колеса; 3 – завантажувальний транспортер вороху; 4 – відвантажувальний патрубок; 5 – розподілюючі ребра; 6 – зерноочисний блок; 7 – поворотна площадка; 8 – ланцюговий транспортер(сітчастий); 9 – підбивальник; 10 – жолобчастий розподільник; 11 – скатна поверхня; 12 – пневмосепаруючий канал; 13 – діаметральний вентилятор; 14 – повітряна заслінка; 15 – осадова камера; 16 – шнек легких відходів; 17 – відвантажувальний транспортер; 18 – живильники; 19 – бункер крупних відходів; 20 – відвантажувальний тример; 21 – натяжний барабан; 22 – приводний барабан; 23 – активна котушка; 24 – нескінченна ребриста стрічка; 25 – гальмівний барабан; 26 – стрічково-гвинтове гальмо; 27 – труба тримера; 28 – лебідка тросова; 29 – гвинтова пара.

Крім того, конструкція передбачає осадову камеру, оснащену шнековим механізмом для вилучення легких фракцій, і герметичну аспіраційну систему з діаметральним вентилятором. Пневмосепаруючий канал, який має висхідну й спадну частини, створює замкнутий повітряний потік. Верхня частина цього каналу з'єднана з камерою осадження, а нижня — з виходом похилої поверхні. Завдяки такому рішенню забезпечується не лише висока якість очистки, а й зменшення рівня шуму та запиленості в зоні експлуатації.

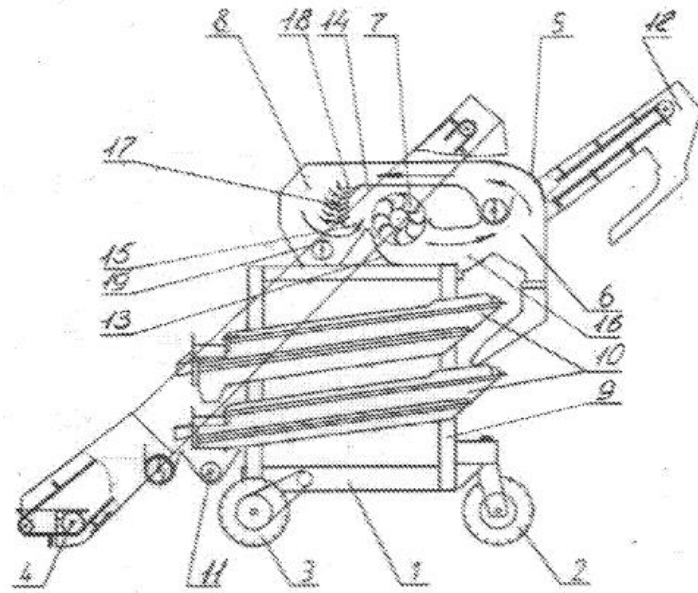


Рис.2.18 - Очисник вороху самопересувний: 1 – рама; 2 – колеса; 3 – механізм самопересування; 4 – завантажувальний транспортер; 5 – пневмосепараційний блок; 6 – пневмосепараційний канал; 7 – вентилятор; 8 – осадова камера; 9 – блок решітної очистки; 10 – решітні стани; 11 – шнек; 12 – вивантажувальний транспортер; 13,14 – напрямні; 15,16 – вхідний та вихідний канал; 17 – жалюзійна поверхня; 18 – полички; 19 – шнек для легких домішок.

У розробці даної корисної моделі в основу покладено вирішення завдання, що полягає в покращенні якості очищення зернової маси. Досягнення поставленої мети реалізується через модернізацію конструкції самохідного ворохоочисного пристрою.

Зокрема, машина змонтована на рамі з колесами і приводом для самостійного пересування. На цій рамі розміщено кілька функціональних вузлів: транспортер для подачі неочищеної зернової маси, пневмосепараційний модуль, що включає повітряний канал, осадову камеру та вентилятор, а також блок решітної очистки із верхнім і нижнім решітними станами. Крім того, конструкція містить шнек для відведення фуражного зерна та механізм для вивантаження очищеної сировини.

Особливістю моделі є модернізований пневмосепараційний вузол, в якому реалізовано систему замкнутого повітряного обігу. Ця система формується завдяки використанню вигнутих верхньої та нижньої напрямних поверхонь, між якими розміщено вентилятор. Повітря надходить з пневмосепараційного каналу до входу вентилятора, а далі спрямовується в осадову камеру.

Верхня напрямна виконує функцію загальної стінки між камерою осадження і повітряним входом вентилятора. Вона додатково обладнана жалюзійним елементом — похилі полички якого спрямовані до внутрішньої частини осадової камери. Така конструкція дозволяє частині повітря, яке містить дрібні домішки, повертатися у вхід вентилятора, зменшуючи силу потоку та рівень розрідження, що створюється у цій зоні.

Завдяки такому підходу зберігається потужність вентилятора, але водночас знижується ризик того, що дрібні залишки сміття, які осідають в осадовій камері, знову потраплять до очищеного зерна. Жалюзі сприяють тому, що забруднене повітря, рухаючись крізь них, частково очищається за рахунок відцентрового ефекту — сміття та пил інерційно спрямовуються донизу, в приймальну зону камери.

У результаті впровадження таких технічних рішень досягається значне покращення якості очищення зерна, що й становить головну перевагу цієї корисної моделі.

Патент UA136201U [9]

Корисна модель базується на вирішенні питання вдосконалення роботи сепаратора шляхом запровадження конструктивного елемента у вигляді обичайки, яка складається з двох частин — фіксованої та рухомої. Такий підхід дозволяє зменшити інтенсивність утворення вихрових потоків у зоні пневмосепарації, що особливо важливо при зміні кута нахилу рухомої задньої стінки відносно її нерухомого аналога.

Запропоноване технічне рішення реалізується у межах пневморешітного сепаратора, конструкція якого включає замкнену повітряну систему. Основними вузлами є діаметральний вентилятор, система подачі повітря, інтенсифікуючий

перфорований лоток, циліндричне решето, пристрій для подачі зернового матеріалу, направляючі лопатки, а також камери для сепарації та осідання домішок. Крім того, передбачено канали для забору повітря та механізм видалення фракцій, які сходять по решетах.

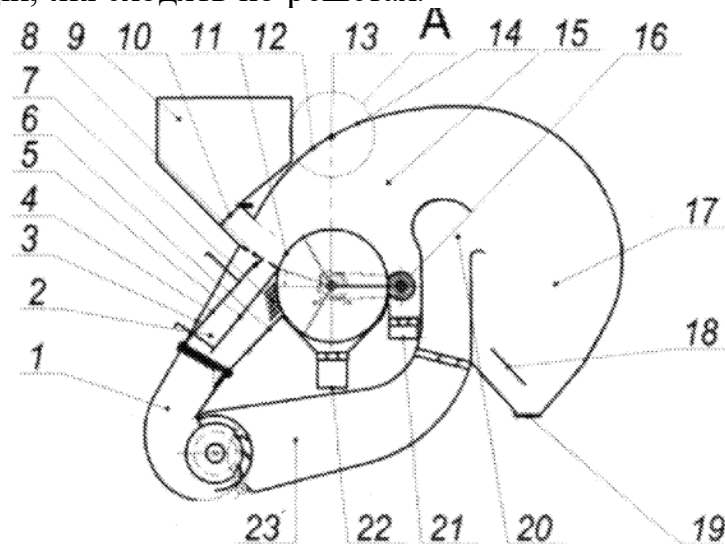


Рис.2.19 – Схематичне зображення сепаратора: 1 – вентилятор діаметральний; 2 – канал повітророздавальний; 3 – стінка задня; 4 – рухома стінка; 5 – середня стінка; 6 – стінка передня; 7 – жалюзійний повітророзподільник; 8 – лоток інтенсифікатор; 9 – бункер; 10 – заслінка; 11 – циліндричне решето; 12 – рухома частина; 13 – шарнір; 14 – нерухома частина; 15 – пневмосепаруюча камера; 16 – очисна щітка; 17 – осадова камера; 18 – відбійна площина; 19 – пристрій для виводу легких домішок; 20 – горловина; 21 – клапан для виводу крупних домішок; 22 – клапан виводу фракції очищеного зерна; 23 – всмоктуючий клапан.

Повітря, яке генерується вентилятором, направляється до відповідного каналу, де розгалужується: одна частина йде до жалюзійного розподільника повітря та циліндричного решета, інша — до лотка-інтенсифікатора, обмеженого середньою стінкою. Рухома задня стінка з'єднана шарнірно з нерухомою частиною задньої стінки в зоні примикання до вентилятора, що дозволяє змінювати довжину робочої зони інтенсифікатора, а відповідно — і площу, на якій формується псевдозріджений стан зернової маси.

Зерно, яке надходить на інтенсифікатор, під впливом повітря набуває псевдозрідженого стану. Легкі домішки, зокрема пил, полова, збоїна та елементи

з великою площею опору, підіймаються вгору, тоді як важкі частки разом із повноцінним зерном залишаються в нижньому шарі. Всі великі залишки, що не проходять крізь решето, потрапляють до щіткового вузла, де очищуються і видаляються через спеціальний клапан.

Прохід повітря через жалюзі та решето супроводжується підхопленням легких забруднень, які спрямовуються до пневмосепараційної зони, а згодом — до камери осадження. Саме пневмосепаруюча камера обмежена встановленою обичайкою, яка складається з двох частин: рухомої та закріпленої. Завдяки шарнірному кріпленню рухома частина може змінювати своє положення відповідно до кута нахилу задньої стінки подаючого каналу. Це дозволяє мінімізувати турбулентність у камері сепарації, що позитивно впливає на якість очищення.

Патент AU683761B2 [10]

Очищувач для комбайна, має джерело повітря під тиском і працює в середовищі, завантаженому матеріалом, таким як ворсинки і сміття, причому комбайн містить моторний відсік з системою живлення в відсіку, яка охолоджується принаймні частково потоком повітря, причому комбайн також містить решітку для відділення матеріалу від потоку повітря, причому очищувач виконаний з можливістю видалення матеріалу з решітки і включає в себе конструкцію Вентурі, що з'єднана з джерелом повітря під тиском і має вхідну зону високого тиску, з'єднану з джерелом повітря під тиском, причому тиск у вхідній зоні дорівнює атмосферному тиску, і зону низького тиску, розташовану поруч з решіткою, для матеріалу. Конструкція Вентурі містить вихідний отвір, що спрямовує повітря під тиском від решітки і виштовхує матеріал, що вакуумується з решітки, назовні.

Згідно з іншим аспектом цього винаходу передбачено очищувач для бавовнозбиральної машини, пристосований для роботи в середовищі, завантаженому матеріалом, таким як бавовна, ворсом і сміттям, причому бавовнозбиральна машина містить моторний відсік з системою живлення в відсіку, що охолоджується, принаймні частково, потоком повітря, і систему

транспортування врожаю, що містить вентилятор з входом і виходом повітря, причому вентилятор забезпечує джерело повітря під тиском на виході для переміщення зібраної бавовни, причому комбайн також включає сито, що має зовнішню поверхню для уловлювання сміття для відокремлення матеріалу від потоку повітря, причому очищувач призначений для видалення матеріалу з зовнішньої сміттеуловлювальної поверхні обертового решета і включає повітряну корпусну конструкцію, з'єднану з вентилятором і розташовану поруч з решетом, причому корпусна конструкція забезпечує диференціальний тиск поперек решета, причому тиск на стороні решета, протилежній сміттеуловлювальній стороні, є відносно вищим, ніж тиск на сміттеуловлювальній стороні решета для видалення матеріалу з решета.

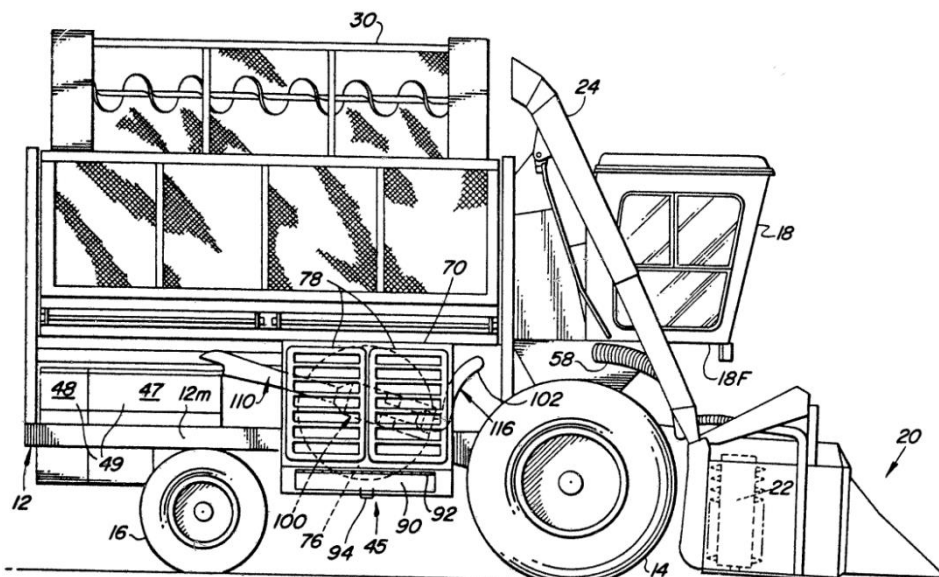


Рис.2.20 – Схема комбайну з очисником: 12 – рама; 12m – балка рами; 14 – ведучі колеса; 16 – керовані колеса; 18 – кабіна; 18f – підлога кабіни; 20 – агрегат; 22 – шпindelні барабани; 24 – трубопровід; 30 – бункер; 47 – бак; 48 – паливний бак; 49 – поперечні виступи; 58 – повітряні трубки; 70, 90 – дверцята; 76 – решітка; 78 – решітчаста конструкція; 92 – шарнір; 94 – ручка; 100 – корпус; 110 – вихідний отвір

Відповідно до ще одного аспекту цього винаходу передбачено очищувач для сільськогосподарського комбайна, що має джерело повітря під тиском і працює в середовищі, навантаженому матеріалом, таким як ворс і сміття,

причому комбайн містить моторний відсік з системою живлення в відсіку, який охолоджується принаймні частково потоком повітря, комбайн також містить решітку, що має зовнішню поверхню для уловлювання сміття для відокремлення матеріалу від потоку повітря, очищувач призначений для видалення матеріалу з зовнішньої поверхні для уловлювання сміття решітки, і включає в себе повітряний корпус, з'єднаний з джерелом повітря під тиском і розташований поруч з решіткою, причому корпус забезпечує перепад тиску на решітці, причому тиск на стороні решітки, протилежній стороні уловлювання сміття, відносно вищий, ніж на стороні уловлювання сміття, для видалення матеріалу з решітки, причому корпус включає вихідний отвір, що спрямовує повітря під тиском подалі від решітки і виводить матеріал, видалений з решітки, з моторного відсіку.

Посилаючись на рис.2.20, на якому показано комбайн 10, що має розширювану вперед і назад основну раму 12 з основними бічними балками 12m і безліччю поперечних з'єднувальних елементів 12c. Рама 12, як правило, має прямокутну конфігурацію і підтримується горизонтально над землею на передніх ведучих колесах 14 і кормових керованих колесах 16.

Кабіна 18 розташована по центру між ведучими колесами 14 і включає конструкцію підлоги 18f. Безліч рядів 20 підтримуються з переднього кінця рами 12 в поперечному напрямку для вертикального переміщення між транспортним і польовим робочим положеннями за допомогою звичайної підйомної системи (не показано). Кожен рядковий блок містить звичайну конструкцію для збирання бавовни, що включає барабани 22, які обертаються навколо вертикальних осей для переміщення колон шпindelів для збирання бавовни з рослин бавовни. Трубопроводи 24 для транспортування бавовни простягаються вгору і назад від блоків 20 до кошика для бавовни 30, що знаходиться на рамі 12 позаду кабіни 18.

Дверцята для очищення 90 з'єднані шарніром 92 з нижньою частиною дверцят 70 і підпружинені в нормально закритому положенні. Ручка 94 розташована по центру дверцят 90, щоб оператор міг відкрити дверцята проти ухилу.

Повітряна конструкція корпусу 100 з'єднана повітропроводом 102 з джерелом позитивного тиску на комбайні, переважно з вихідним отвором 57 вентилятора 52. Корпусна конструкція 100 забезпечує перепад тиску через решітку 76, причому тиск на задній стороні решітки (стороні, протилежній стороні уловлювання сміття) є відносно вищим, ніж тиск на стороні уловлювання сміття (зовнішній стороні решітки), для видалення ворсу та іншого сміття із зовнішньої сторони решітки.

Конструкція корпусу 100 містить зону Вентурі 106 для створення вакууму за допомогою ефекту Вентурі з використанням повітря під позитивним тиском від наявного вентилятора комбайна. Корпус 100 відкривається назад, впритул прилягаючи до зовнішньої сторони решітки 76, так що вакуум, створений за рахунок ефекту Вентурі, всмоктує ворсинки та інше сміття з решітки. Вихідний отвір 110 корпусу відкривається безпосередньо в атмосферу, так що повітря, що створює вакуум.

Висновок:

У другому розділі дипломної роботи здійснено детальний аналіз сучасних технічних засобів, що застосовуються для очищення та сортування зернових матеріалів. Розглянуто принципи роботи основних типів зернових сепараторів, включаючи нерухомі плоскорешітні, інерційно-гравітаційні, циліндричні та вібраційні моделі. Установлено, що найбільш ефективними з точки зору продуктивності та якості очищення є плоскорешітні сепаратори з активними приводами, які широко використовуються у вітчизняних і зарубіжних господарствах.

Патентний аналіз підтвердив наявність широкого спектра конструкторських рішень, спрямованих на оптимізацію пневмосепараційних систем, підвищення ефективності видалення домішок, зниження енергоспоживання та шуму, а також зменшення травмування зерна. Особливу увагу приділено модернізації аспіраційних каналів, удосконаленню жалюзійних поверхонь і використанню обичайок зі змінною геометрією для зниження вихороутворення в робочих камерах.

У результаті проведеного огляду встановлено, що основним напрямом удосконалення зерноочисних машин є покращення конструкцій решітних систем, зокрема — підвищення ефективності механізмів очищення отворів решіт. Це дозволить забезпечити стабільну роботу обладнання, зменшити втрати зерна та підвищити загальну надійність агрегатів у різних умовах експлуатації.

3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСНИКА ОВС-25

3.1. Актуальність питання

У сучасних умовах аграрного виробництва ефективність післязбиральної обробки зерна безпосередньо впливає на якість кінцевої продукції, зниження втрат урожаю та рентабельність господарської діяльності. Одним із критичних етапів цього процесу є очищення зернового вороху, особливо у випадках, коли ворох містить значну кількість дрібних домішок, пилу та легких часток. Існуючі моделі зерноочисних машин, зокрема ОВС-25, хоч і мають достатню продуктивність, не завжди забезпечують належний рівень очищення повітря в аспіраційній системі, що призводить до вторинного потрапляння домішок у робочі вузли або забруднення навколишнього середовища.

Запропоноване вдосконалення посиленого очисника вороху є актуальним у зв'язку з необхідністю підвищення надійності аспіраційних систем, зменшення витрат на технічне обслуговування та покращення екологічної ситуації на виробництві. Вдосконалена конструкція циклона та напрямного модуля дозволяє забезпечити повне видалення дрібних домішок з потоку повітря, уникнути їхнього зворотного потрапляння, а також ефективно регулювати повітряний потік, що підвищує технологічність процесу. Це особливо важливо з урахуванням зростаючих вимог до екологічної безпеки та енергоефективності обладнання в сільськогосподарському секторі.

Таким чином, розробка та впровадження вдосконаленого очисника вороху не лише відповідає сучасним вимогам агропромислового комплексу, а й сприяє підвищенню якості зерна, зниженню експлуатаційних витрат і поліпшенню умов праці операторів.

Крім того, вдосконалення відповідає тенденціям автоматизації та модернізації сільськогосподарської техніки, що дає змогу інтегрувати очисник вороху в сучасні виробничі лінії. Завдяки конструкційній простоті та можливості мобільного використання, оновлений агрегат може застосовуватись як у великих

агропромислових підприємствах, так і в умовах середніх та малих господарств. Це забезпечує гнучкість і універсальність його використання, що особливо важливо в умовах динамічного розвитку аграрного ринку та необхідності швидкої адаптації до змін у виробничому процесі.

3.2. Суть вдосконалення

Метою запропонованої модернізації є розробка удосконаленого зерноочисного обладнання, здатного максимально ефективно видаляти дрібні частинки з повітряного потоку в межах аспіраційної системи. Пристрій забезпечує надійне виведення домішок із циклона та запобігає їх повторному потраплянню до повітряного потоку й конструктивних елементів системи.

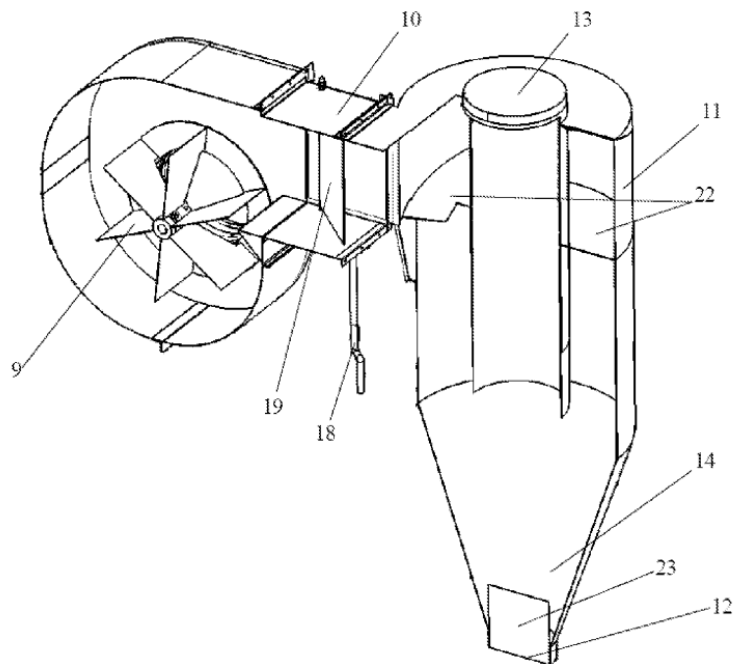


Рис.3.1 – Витяжний вентилятор: 9 – вентилятор; 10 – напрямний модуль; 11 – циклон; 12 – вихідний отвір; 13 – повітропровід; 14 – нижня частина циклона; 18 – регулюючий пристрій; 19 – заслінка; 23 – відбійна пластина.

Рішення даної інженерної задачі досягається завдяки удосконаленню конструкції очисного пристрою вороху. Він базується на рамі з ходовими та керованими колесами, де закріплено завантажувальний транспортер, призначений для транспортування вороху до бункера. Останній направляє матеріал до решітних поверхонь, які забезпечують відділення зерна або насіння від великих домішок, що далі подаються відповідно до шнека для чистого зерна

та фуражного матеріалу. Вивантажувальний транспортер приєднаний до шнека для чистого зерна. В систему також входить аспіраційна установка, що включає циклонний пиловідокремлювач із повітроводом для виведення очищеного повітря, а також канали аспірації, які сполучені з бункером та витяжним вентилятором. Вихід вентилятора з'єднано з напрямним блоком, який веде до циклона. У цьому модулі встановлена регульована заслінка, що дає змогу направити повітряний потік з дрібними частинками на бокову внутрішню стінку циклона та налаштувати ширину вхідного отвору.

Плавне поєднання передньої бокової частини напрямного блоку з відповідною передньою вхідною секцією бокової стінки циклона, уздовж яких рухається повітря по прямій лінії всередині, а також їх розташування в єдиній вертикальній площині, забезпечує точне спрямування потоку з пиловими домішками, що виходить із напрямного модуля.

Завдяки такому технічному рішенню повітряна маса, яка містить дрібні частинки та надходить із виходу напрямного блоку, набуває прямолінійного, сконцентрованого та інерційного руху. Це дозволяє їй продовжити шлях виключно вздовж внутрішньої частини стінки циклона, зберігаючи необхідну потужність і напрям, змінюючи траєкторію лише згідно з геометрією внутрішньої поверхні стінки.

Конструкція вхідного отвору передбачає можливість під'єднання відвідного патрубку, що дозволяє ефективно виводити зібрані частинки після їх відокремлення. Такий підхід підвищує надійність функціонування пристрою, запобігає повторному потраплянню видалених частинок до циклона, а також не допускає забруднення зовнішнього повітря, що забезпечує високу екологічну й санітарну безпечність пристрою.

Рама 1 є конструктивною основою удосконаленого очисника вороху та слугує опорною базою для закріплення таких елементів, як завантажувальний транспортер 4, приймальний бункер 5, решітні стани 6, шнек фуражу 20, шнек для очищеного зерна 21, вивантажувальний транспортер 7, а також системи аспірації. Окрім того, до рами приєднуються рульові 2 і ходові 3 колеса.

Транспортер 4 призначений для завантаження вороху з накопичувача або приміщення, де він зберігається, і транспортує його до приймального бункера 5. У типовому варіанті конструкції середня частина транспортера, що розміщується між захоплювальним пристроєм і вихідною секцією, виконана у вигляді видовженої камери. У ній розташована замкнена стрічка, яка переміщує захоплений ворох до кінцевої частини для подачі в наступні етапи очищення.

Приймальний бункер 5 сконструйований таким чином, щоб забезпечити подачу вороху на решітні стани 6. Передача матеріалу на ці стани відбувається через аспіраційні канали 17, які рівномірно розподіляють потік вороху.

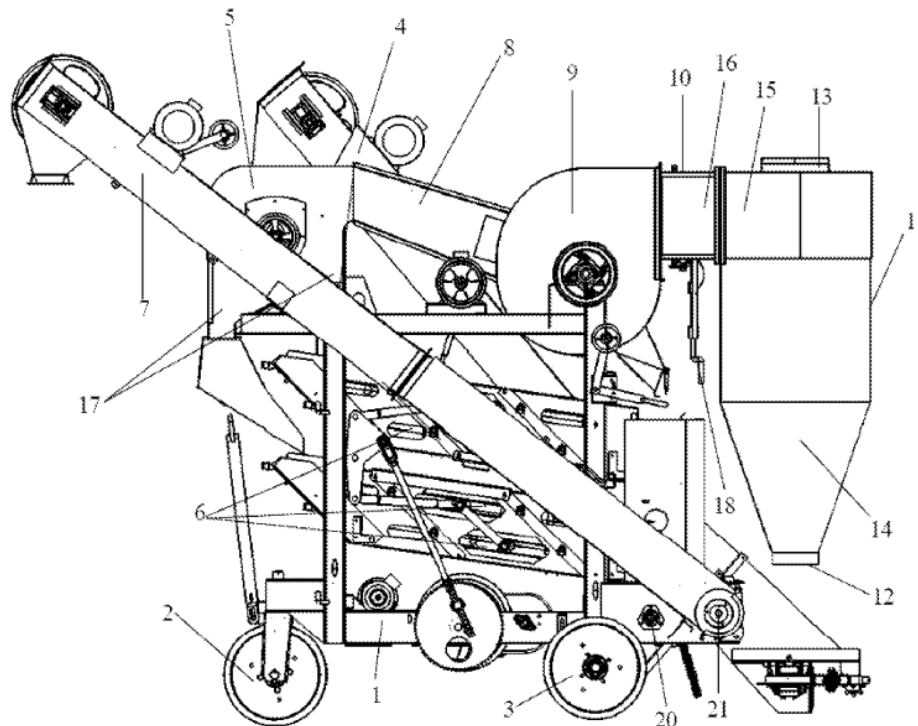


Рис.3.2 – Загальний вигляд очисника вороху: 1 – рама; 2 – керуючі колеса; 3 – ходові колеса; 4 – транспортер завантажувальний; 5 – бункер; 6 – решітні стани; 7 – транспортер вивантажувальний; 8 – повітропровід; 9 – витяжний вентилятор; 10 – напрямний модуль; 11 – циклон; 12 – вихідний отвір; 13 – вихід для чистого повітря; 14 – нижня частина циклону; 15 – бічна частина циклону; 16 – бічна стінка; 17 – канали аспіраційні; 20 – фуражний шнек; 21 – шнек чистого зерна.

Решітні стани 6 дозволяють відокремлювати очищене зерно або насіння, направляючи їх до шнека чистого зерна 21, а також виділяти великі сторонні

включення, які подаються до шнека фуражу 20. Під фуражем у цьому випадку розуміють важкі частини рослин — фрагменти стебел, коренів разом із великими грудками ґрунту, які відокремлюються від вороху завдяки гравітаційному принципу очищення.

Шнек у цьому контексті являє собою вал із безперервною гвинтовою лінією, розміщеною вздовж поздовжньої осі, який забезпечує транспортування зерна чи фуражної маси в напрямку обертання гвинтової частини. Шнек для чистого зерна 21 приєднаний до входної секції вивантажувального транспортера 7, тоді як шнек фуражу 20, згідно з типовою конструкцією, виводить великі домішки за межі пристрою, в зовнішній простір.

Вивантажувальний транспортер 7 призначений для переміщення очищеного зерна або насіння за межі очисника вороху. Його функція полягає у подачі очищеного матеріалу до транспортних засобів або до зони зберігання, яка спеціально призначена для цієї мети. У типовому конструктивному рішенні транспортер має форму видовженої камери, в якій розміщено замкнуту рухоми стрічку. Ця стрічка транспортує зерно або насіння, отримане зі шнека 21, до кінцевої секції транспортера, орієнтованої у заданому напрямку.

Повітропровід 8 забезпечує з'єднання між приймальним бункером 5, аспіраційними каналами 17 та витяжним вентилятором 9. Його завдання — створення перепаду тиску, необхідного для втягування повітря вентилятором. Згідно з переважною конструкцією, повітропровід являє собою видовжену замкнуту камеру, вхід якої приєднано до бункера 5, а вихід спрямовано до входу вентилятора 9.

Вентилятор 9 з'єднується з повітропроводом 8 через вхідний отвір, а його вихід приєднано до входної частини напрямного модуля 10. Основна функція вентилятора — створення спрямованого потоку повітря в аспіраційній системі.

Далі повітряний потік проходить через напрямний модуль 10, вихід якого сполучений із входом у циклон 11. У контексті опису термін "вихід" модулю 10 означає вихідний отвір, через який повітря подається до циклона. У середині напрямного модуля розміщена заслінка 19, яка регулює потік повітря з

домішками, направляючи його вздовж внутрішньої стінки циклона. Також вона дає змогу змінювати ширину входу в циклон, керуючи цим процесом шляхом зміни відстані між краєм заслінки 19 та передньою стінкою 16 модулю, яка продовжується у вхідну частину 15 бокової стінки циклона 11.

Керування положенням заслінки може здійснюватися вручну за допомогою регулюючого елемента 18, або за допомогою автоматизованого пристрою, з можливістю дистанційного керування. При цьому заслінку встановлено з того боку напрямного модуля 10, який розташований навпроти його передньої бокової стінки 16. Така конструкція забезпечує часткове відкриття входу в циклон з боку передньої вхідної частини 15 його стінки, що дозволяє оптимізувати рух потоку повітря з домішками.

Циклон 11 має вхідний отвір Б, з'єднаний із вихідним отвором напрямного модуля 10, і слугує для відокремлення дрібних домішок із повітряного потоку, що надходить. Після очищення повітря виводиться назовні через повітропровід 13, призначений для відведення очищеного повітря. У базовій комплектації повітропровід 13 має змінну довжину, що може регулюватися як усередині циклона, так і зовні — наприклад, за допомогою телескопічної конструкції.

У нижній зоні циклона 11 встановлюється вертикальна відбійна пластина 23, а верхня частина циклона містить напрямний елемент 22. Останній виконаний у формі спіралі навколо повітропроводу 13 і спрямований донизу. Такий елемент формує спіралеподібний канал для спрямування руху повітря з домішками, що забезпечує більш ефективне очищення.

Вихідний отвір 12 циклона може бути обладнаний пристроєм для підключення патрубку, який відводить домішки або дозволяє з'єднання з ємністю для їх збору.

Робота удосконаленого очисника вороху відбувається у такий спосіб. Агрегат встановлюється безпосередньо в місці, де розташовано ворох, після чого вхідну частину завантажувального транспортера 4 розміщують у зоні подачі матеріалу. Системі подається живлення, і перед початком роботи (або під час роботи) положення заслінки 19 у напрямному модулі 10 регулюється для зміни

ширини вхідного отвору Б циклона 11. Це виконується шляхом зміни відстані 41 між заслінкою та передньою стінкою 16 напрямного модуля.

Ширина входу циклона налаштовується залежно від типу культури, ступеня її забруднення та фракцій домішок. Завантажений ворох транспортується середньою частиною транспортера 4 і далі подається до бункера 5.

Після потрапляння у приймальний бункер ворох розподіляється через аспіраційні канали 17 на решітні стани 6, де відбувається гравітаційне очищення: великі домішки відділяються від зерна або насіння. Очищене зерно потрапляє у шнек 21 і далі передається до вивантажувального транспортера 7, тоді як великі включення направляються у шнек 20 і далі — за межі пристрою.

Повітря з дрібними частинками, що утворюється завдяки роботі вентилятора, переміщується по повітропроводу 8, надходить до напрямного модуля 10, де йому надається потрібний напрямок і швидкість. Потік проходить рівнолінійно вздовж внутрішньої сторони передньої стінки модуля 10 і далі — вздовж вхідної секції циклона 11, після чого спрямовується у канал, сформований напрямним елементом 22.

Рух повітря у циклона має низхідний характер і набуває спіралеподібної траєкторії, що проходить вздовж внутрішньої стінки. У процесі обертання частинки пилу осідають під дією інерції, відцентрової сили та сили тертя у нижній частині циклона 14, а очищене повітря, завдяки виникненню області пониженого тиску в центрі циклона, піднімається вгору та через повітропровід 13 виводиться назовні.

Після того як дрібні домішки потрапляють у нижню частину 14 циклона 11, у передбаченому варіанті конструкції вони додатково відбиваються від вертикальної пластини 23. Далі ці частинки через вихідний отвір 12 спрямовуються або до патрубку для їх виведення, або до спеціальної ємності для збору, після чого виводяться за межі системи.

У підсумку, удосконалений очисник вороху відзначається простотою в експлуатації, що дозволяє легко та повністю очищати повітряний потік від

дрібнодисперсних домішок. Це значно знижує загальні експлуатаційні витрати та усуває ризик забруднення внутрішніх компонентів аспіраційної системи, а також навколишнього повітря. Внаслідок цього зникає потреба в додатковому очищенні самої системи та її складових. Робота пристрою відбувається без зайвих зупинок, що дозволяє швидше отримувати очищене зерно або насіння, скорочуючи при цьому витрати на працю, час і споживану енергію.

3.3. Розрахунок вентилятора

Так як, крильчатка діаметром $D = 480$ мм не передбачена в стандартних моделях, а наявна з діаметром $D = 500$ мм призведе до зайвого збільшення маси. У такому випадку доцільним рішенням є розробка власної конструкції вентилятора, спеціально призначеного для інтеграції у вдосконалену зерноочисну машину.

Розрахунок вентилятора проведемо згідно з рекомендаціями [11].

Визначимо ширину горловини вентилятора:

$$B_r = D \cdot 0,7$$

$$B_r = 480 \cdot 0,7 = 336 \text{ мм}$$

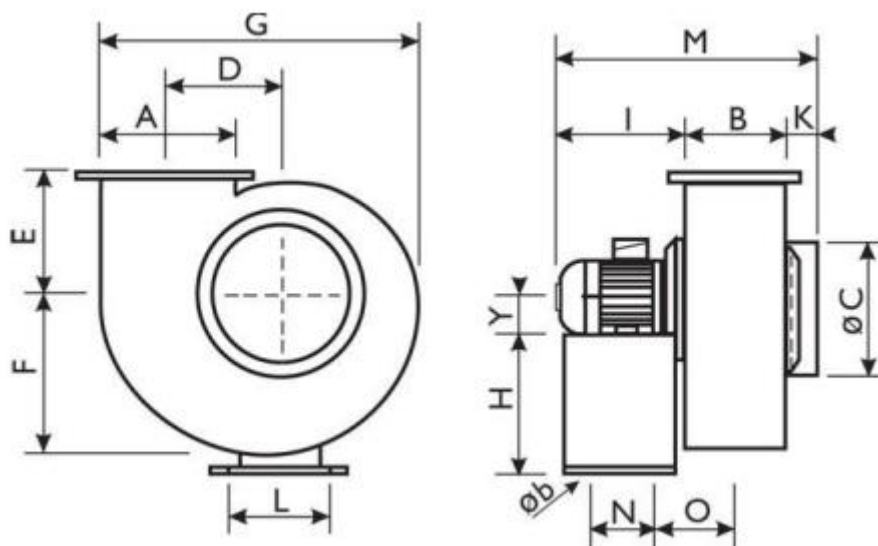


Рис.3.3 – Схематичне зображення конструкційних параметрів вентилятора

Горловину вентилятора можна визначити за формулою:

$$H_r = D \cdot 0,135$$

$$H_r = 480 \cdot 0,135 = 64,8 \text{ мм}$$

Величина ширини кожуха вентилятора:

$$B_k = D \cdot 0,7$$

$$B_k = 480 \cdot 0,7 = 336 \text{ мм}$$

Основа крильчатки вентилятора має діаметр:

$$D_0 = D \cdot 0,75$$

$$D_0 = 480 \cdot 0,75 = 360 \text{ мм}$$

Діаметр вхідного вікна дорівнює:

$$D_B = D \cdot 0,75$$

$$D_B = 480 \cdot 0,75 = 360 \text{ мм}$$

Довжину вікна горловини можна визначити за формулою:

$$B_{ок} = D \cdot 0,24$$

$$B_{ок} = 480 \cdot 0,24 = 115,2 \text{ мм}$$

Ширина крильчатки дорівнює:

$$B_{кр} = D \cdot 0,37$$

$$B_{кр} = 480 \cdot 0,37 = 177,6 \text{ мм}$$

Величина зазору крильчатки та кожуху вентилятора:

$$\Delta_1 = D \cdot 0,04$$

$$\Delta_1 = 480 \cdot 0,04 = 19,2 \text{ мм}$$

Величина зазору лопаток та вікна вентилятора:

$$\Delta_2 = D \cdot 0,01$$

$$\Delta_1 = 480 \cdot 0,01 = 4,8 \text{ мм}$$

Розмір сторін основи (квадрата) кожуха вентилятора:

$$B_{ц} = D \cdot 0,12$$

$$B_{ц} = 480 \cdot 0,12 = 57,6 \text{ мм}$$

Величина довжини лопатки вентилятора:

$$L = D \cdot 0,25$$

$$L = 480 \cdot 0,25 = 120 \text{ мм}$$

Відстань між колесом та спіралькою:

$$B_c = D \cdot 0,5$$

$$B_c = 480 \cdot 0,5 = 240 \text{ мм}$$

Величину радіуса спіралі кожуха можна визначити за формулою:

$$R_1 = D \cdot 0,7$$

$$R_1 = 480 \cdot 0,7 = 336 \text{ мм}$$

$$R_2 = D \cdot 0,82$$

$$R_2 = 480 \cdot 0,82 = 393,6 \text{ мм}$$

$$R_3 = D \cdot 0,94$$

$$R_3 = 480 \cdot 0,94 = 451,2 \text{ мм}$$

3.4. Кінематичний розрахунок

Визначимо передаточне число приводу вентилятора (рис.3.4):

$$i_B = \frac{n_{ДВ}}{n_B},$$

n_B – частота обертів валу вентилятора, $n_B = 1300 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Отже:

$$i_B = \frac{1420}{1300} = 1,09$$

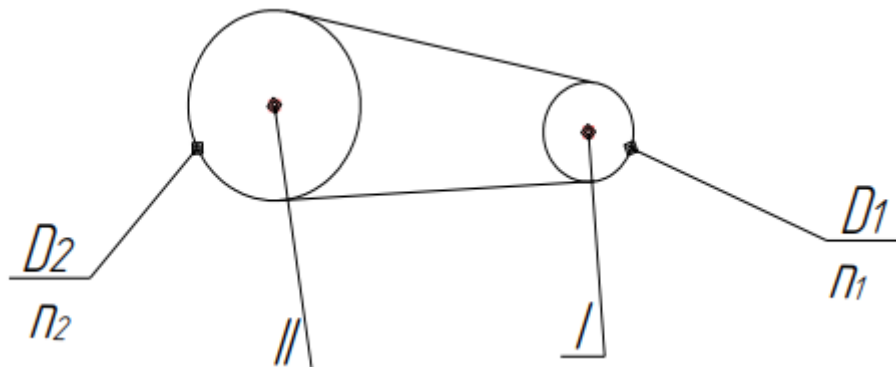


Рис.3.4 – Схема приводу вентилятора (кінематична)

Виконаємо розрахунок пасової передачі (рис.3.5):

Початкові дані:

Потужність двигуна $N_{ДВ} = 2,8 \text{ кВт}$;

Частота обертання на валу двигуна $n_{ДВ} = 1420 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Передаточне відношення $i_b = 1,09$

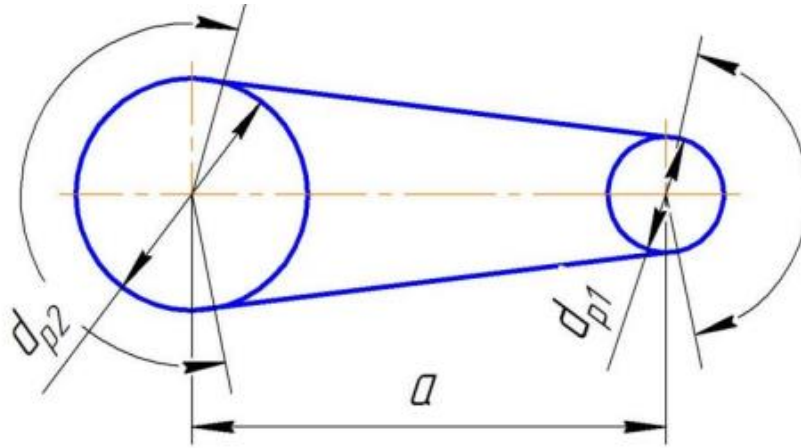


Рис.3.5 – Схема до розрахунків параметрів пасової передачі

Розрахуємо величину крутного моменту на швидкохідному валу:

$$T_6 = 9550 \cdot \frac{N_{дв}}{n_{дв}}$$

$$T_6 = 9550 \cdot \frac{2,8}{1420} = 18,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Враховуючи рекомендації з [11, 12] та визначену величину крутного моменту приймаємо розміри: $b_p = 14 \text{ мм}$, $h = 10,5 \text{ мм}$, $b_d = 17 \text{ мм}$, $y_0 = 4 \text{ мм}$, $F_1 = 1,38 \text{ см}^2$.

Згідно з [13] діаметр меншого шківів приймаємо $d_{p1} = 125 \text{ мм}$.

Тоді величину діаметру більшого шківів можна визначити за формулою:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot i \cdot (1 - \varepsilon)$$

де $\varepsilon = 0,02$ – коеф. ковзання пасу [12];

$$d_{p2} = 125 \cdot 1,09 \cdot (1 - 0,02) = 133 \text{ мм}$$

Округлюємо до стандартного значення, тоді $d_{p2} = 140 \text{ мм}$

Визначимо оновлене передаточне відношення:

$$i = \frac{d_{p2}}{d_{p1} \cdot (1 - \varepsilon)}$$

$$i = \frac{140}{125 \cdot (1 - 0,02)} = 1,14$$

Визначимо швидкість пасу:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_{дв}}{60 \cdot 1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 1420}{60 \cdot 1000} = 9,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Частота обертання веденого валу:

$$n_B = \frac{d_{p1} \cdot n_{дв} \cdot (1 - \varepsilon)}{d_{p2}}$$

$$n_B = \frac{125 \cdot 1420 \cdot (1 - 0,02)}{140} = 1242 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Згідно з [12] міжосьова відстань дорівнює:

$$a = 0,95 \cdot d_{p2} = 0,95 \cdot 140 = 133 \text{ мм}$$

Можемо визначити довжину пасу:

$$L = 2a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4a}$$

$$L = 2 \cdot 133 + \frac{3,14}{2} \cdot (125 + 140) + \frac{(140 - 125)^2}{4 \cdot 133} = 682,47 \text{ мм}$$

Зі стандартного ряду величин обираємо $L = 710 \text{ мм}$.

Знайдемо уточнену величину міжосьової відстані:

$$a = \frac{2 \cdot L - \pi \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + \sqrt{[2 \cdot L - \pi \cdot (d_{p1} + d_{p2})]^2 - 8 \cdot (d_{p2} - d_{p1})^2}}{8}$$

$$a = \frac{2 \cdot 710 - 3,14 \cdot (125 + 140) + \sqrt{[2 \cdot 710 - 3,14 \cdot (125 + 140)]^2 - 8 \cdot (140 - 125)^2}}{8} =$$

$$= 146 \text{ мм}$$

Тоді, можна визначити мінімальну міжосьову відстані для кращого монтажу та демонтажу пасу:

$$a_{min} = a - 0,01 \cdot L$$

$$a_{min} = 146 - 0,01 \cdot 710 = 138 \text{ мм}$$

Розрахуємо максимальне значення міжосьової відстані для виникнення натягу та підтягування пасу:

$$a_{max} = a + 0,025 \cdot L$$

$$a_{max} = 146 + 0,025 \cdot 710 = 163 \text{ мм}$$

Кут обхвату меншого шківa вентилятора буде дорівнювати:

$$\alpha_1^0 = 180^0 - 60^0 \cdot \frac{d_{p2} - d_{p1}}{a}$$

$$\alpha_1^0 = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{140 - 125}{146} = 174^\circ$$

Вихідну довжину пасу візьмемо з [18], $L_0 = 2240$ мм, а довжина відносна

$$\frac{L}{L_0} = \frac{710}{2240} = 0,31$$

Згідно з [12]:

Коефіцієнт довжини $C_L = 0,86$.

Потужність на виході $N_0 = 2,26$ кВт.

Коефіцієнт кута охоплення $C_a = 0,98$.

Поправка на передаточне відношення $\Delta T_u = 2,1$ Н · м.

Поправка на потужність визначається за формулою:

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot \Delta T_u \cdot N_{дв}$$

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot 2,1 \cdot 1420 = 0,29 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт роботи при визначеному навантаженні $C_p = 0,78$.

Максимальна потужність для пасу:

$$[N] = (N_0 \cdot C_a \cdot C_L + \Delta N_u) \cdot C_p$$

$$[N] = (2,26 \cdot 0,98 \cdot 0,86 + 0,29) \cdot 0,78 = 1,7 \text{ кВт.}$$

Визначимо кількість пасів:

$$z = \frac{N_{дв}}{[N]}$$

$$z = \frac{2,8}{1,7} = 1,6 \approx 2$$

Визначимо силу початкового натягу клинового пасу:

$$S_{0,1,2} = \frac{780 \cdot N_{дв}}{v \cdot C_a \cdot C_L \cdot z} + q \cdot v^2$$

де q – погонна вага пасу ($q = 0,18$ кг/м)

$$S_{0,1,2} = \frac{780 \cdot 2,8}{9,28 \cdot 0,98 \cdot 0,86 \cdot 2} + 0,18 \cdot 9,28^2 = 155 \text{ Н}$$

Зусилля, яке прикладено до валів передачі:

$$Q \approx 2 \cdot S_{0,1,2} \cdot z \cdot \sin \sin \left(\frac{\alpha_1^0}{2} \right)$$

$$Q \approx 2 \cdot 155 \cdot 2 \cdot \sin \left(\frac{174^\circ}{2} \right) = 607 \text{ Н}$$

Величини ободів шківів згідно [12]:

$$l_p = 14 \text{ мм}; h = 10,8 \text{ мм}; b = 4,2 \text{ мм}; e = 19 \text{ мм}; f = 12,5 \text{ мм}; r = 1 \text{ мм};$$

$$h_{1\min} = 8 \text{ мм}; \alpha_1 = 36^\circ; \alpha_2 = 40^\circ.$$

Тоді зовнішні діаметри шківів дорівнюють:

$$d_{e1} = d_{p1} + 2 \cdot b$$

$$d_{e1} = 125 + 2 \cdot 4,2 = 133 \text{ мм}$$

$$d_{e2} = d_{p2} + 2 \cdot b$$

$$d_{e2} = 140 + 2 \cdot 4,2 = 148,4 \text{ мм}$$

Визначимо ширину ободу шківів:

$$M = (z - 1) \cdot e + 2 \cdot f$$

$$M = (2 - 1) \cdot 19 + 2 \cdot 12,5 = 44 \text{ мм}$$

Висновки:

- Вдосконалення ОВС-25 актуальне для підвищення ефективності очищення, зниження втрат зерна та покращення екологічності. Забезпечує універсальність, простоту та інтеграцію в сучасні лінії.
- Новий напрямний модуль, циклон із заслінкою та спіралеподібним елементом підвищує ефективність очищення, знижує забруднення, економить енергію, запобігає повторному потраплянню домішок.
- Розроблено вентилятор із діаметром крильчатки 480 мм, оптимізовано ширину горловини, зазор і радіус спіралі для стабільної роботи.
- Передаточне число: 1,14. Зовнішні діаметри шківів: $d_{e1} = 133 \text{ мм}$, $d_{e2} = 148,8 \text{ мм}$. Частота обертання валу двигуна $n_{\text{дв}} = 1420 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$, частота обертання валу вентилятора $n_{\text{в}} = 1300 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$, міжосьова відстань $a = 146 \text{ мм}$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Охорона праці

Експлуатація зерноочисної машини ОВС-25 вимагає суворого дотримання вимог щодо безпеки праці, які регулюються Законом України "Про охорону праці" № 2694-ХІІ від 14.10.1992 (в редакції від 2023 року), а також стандартами, такими як ДСТУ EN 12100:2017 "Безпечність машин. Основні принципи конструювання" та ГОСТ 12.2.003-91 "Система стандартів безпеки праці. Обладнання виробниче" [18]. Основні заходи для забезпечення безпеки працівників включають:

Навчання та інструктаж персоналу. Відповідно до ст. 18 Закону України "Про охорону праці", усі працівники, які працюють з ОВС-25, повинні пройти обов'язковий інструктаж з техніки безпеки перед початком роботи, а також періодичне навчання щодо безпечної експлуатації обладнання. Оператори мають бути ознайомлені з інструкцією з експлуатації машини, що включає опис усіх можливих ризиків, таких як травмування рухомими частинами чи ураження електричним струмом [18].

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Під час роботи з ОВС-25 працівники повинні використовувати захисні окуляри для запобігання потрапляння пилу в очі, респіратори класу FFP2 для захисту органів дихання від зернового пилу (згідно з ГН 2.2.5.1313-03, ГДК пилу в робочій зоні — 4 мг/м³), а також шумозахисні навушники, оскільки рівень шуму від роботи вентилятора може досягати 85 дБ (згідно з ДСН 3.3.6.037-99). Додатково необхідний спецодяг із довгими рукавами та рукавиці для захисту від механічних травм [3].

Технічний контроль обладнання. Перед кожним запуском ОВС-25 необхідно перевірити справність усіх вузлів: завантажувального та вивантажувального транспортерів, шнеків, вентилятора, а також цілісність захисних кожухів і огорожень. Відповідно до ГОСТ 12.2.003-91, усі рухомі частини, які можуть становити небезпеку (наприклад, шнеки чи стрічки

транспортерів), мають бути закриті захисними кожухами, а доступ до них під час роботи — обмежений.

Електробезпека. ОВС-25 підключається до електромережі з обов'язковим заземленням. Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ-2017, розділ 1.7), опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом, що забезпечує захист від ураження електричним струмом. Електричні кабелі мають бути ізольовані, а доступ до електрообладнання — обмежений для некваліфікованого персоналу. У разі виявлення несправностей електричної системи (наприклад, іскріння або обривів) роботу машини необхідно негайно припинити.

Ергономіка робочого місця. Робоче місце оператора ОВС-25 має бути організовано таким чином, щоб забезпечити безперешкодний доступ до аварійного вимикача (згідно з ДСТУ EN 12100:2017). Простір навколо машини повинен бути вільним від сторонніх предметів, які можуть спричинити падіння або травмування. Освітлення робочої зони має відповідати ДСН 3.3.6.096-2002 — не менше 200 лк для забезпечення комфортної роботи.

Пожежна безпека. Зерновий пил, який утворюється під час роботи ОВС-25, є вибухонебезпечним. Для запобігання займання необхідно регулярно очищати робочу зону від пилу, а також забезпечити наявність первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-5) відповідно до НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні".

4.2 Захист навколишнього середовища

Екологічні аспекти експлуатації ОВС-25 регулюються Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" № 1264-XII від 25.06.1991 (в редакції від 2023 року), ДСТУ ISO 14001:2015 "Системи екологічного управління" та іншими нормативними актами. Основні заходи для мінімізації впливу на довкілля:

Контроль викидів пилу. Удосконалена аспіраційна система ОВС-25 із циклоном і напрямним модулем забезпечує ефективне видалення дрібних домішок із повітряного потоку, що значно знижує викиди пилу в атмосферу. Згідно з ГН 2.2.5.1313-03, гранично допустима концентрація (ГДК) пилу в

робочій зоні становить 4 мг/м^3 , а для викидів у атмосферу — $0,5 \text{ мг/м}^3$ (Постанова КМУ № 1102 від 13.12.2017). Регулярна перевірка стану циклона та його очищення забезпечує відповідність цим нормам.

Утилізація відходів. Великі домішки (фураж) і зібраний у циклоні пил направляються в спеціальні ємності для подальшої утилізації. Фураж може бути використаний як органічне добриво або корм, а пил — для виробництва біопалива. Це відповідає Закону України "Про відходи" № 187/98-ВР, який вимагає сортування та утилізації відходів для зменшення їх впливу на довкілля [16].

Шумове забруднення. Рівень шуму від роботи ОВС-25 не повинен перевищувати 80 дБ(А) на відстані 1 м від машини (згідно з ДСН 3.3.6.037-99). Для цього вентилятор оснащується звукоізоляційними кожухами, а місце роботи машини розташовується на відстані від житлових зон (не ближче 50 м, відповідно до СанПіН 2.2.1/2.1.1.1200-03).

Енергоефективність. Удосконалений вентилятор із оптимізованими параметрами (діаметр крильчатки 480 мм, оптимальна швидкість пасу) знижує енергоспоживання машини, що відповідає Закону України "Про енергозбереження" № 74/94-ВР. Це сприяє зменшенню викидів парникових газів, пов'язаних із виробленням електроенергії [17].

Запобігання забрудненню ґрунту та води. У разі витіку мастил із механізмів ОВС-25 (наприклад, із редуктора чи підшипників) необхідно негайно зібрати їх за допомогою сорбентів (наприклад, сорбційних матів або гранул) і утилізувати як небезпечні відходи. Це запобігає забрудненню ґрунту та підземних вод, що відповідає вимогам ДСТУ ISO 14001:2015. Для уникнення таких ситуацій рекомендується проводити регулярне технічне обслуговування (заміна мастил кожні 500 годин роботи, перевірка герметичності).

Моніторинг екологічного впливу. Під час експлуатації ОВС-25 необхідно регулярно проводити моніторинг викидів пилу та шуму за допомогою сертифікованих приладів (наприклад, пиломірів і шумомірів), а результати

фіксувати в журналі екологічного контролю, що відповідає ДСТУ ISO 14001:2015.

Висновок: Дотримання вимог охорони праці та захисту довкілля під час експлуатації ОВС-25 забезпечує безпечні умови праці та мінімізує екологічний вплив. Завдяки навчанню персоналу, використанню ЗІЗ (захисні окуляри, респіратори FFP2, шумозахисні навушники), захисним кожухам і вогнегасникам ВВК-5 усуваються ризики травм, ураження електричним струмом і пожежі від зернового пилу. Екологічно удосконалена аспіраційна система з циклоном контролює викиди пилу (до 0,5 мг/м³), утилізація фуражу та пилу (для добрив або біопалива) відповідає нормам, шум знижено до 80 дБ(А) звукоізоляцією, а енергоефективність вентилятора (крильчатка 480 мм) зменшує викиди парникових газів. Своєчасне прибирання мастил сорбентами та моніторинг викидів у журналі екологічного контролю гарантують екологічну стабільність.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА АГРЕГАТУ

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту (за рік) наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Вихідні дані до економічного розрахунку впровадження вдосконаленого очисника вороху ОВС-25М

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Обсяг роботи, т (Q)	5000	5000
Продуктивність агрегату за годину робочої зміни, т/год.	15	18
Балансова вартість агрегату, грн. (B)	300000	330000
Тривалість зміни, год. ($T_{зм}$)	7	7
Ціна електроенергії, грн/кВт*год [20]	8,25	8,25

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити такі пункти:

1. Продуктивність агрегату за зміну ($W_{зм}$), т/зм;

$$W_{зм} = W_{год} \cdot 7$$

$$W_{зм}^б = 15 \cdot 7 = 105 \frac{\text{т}}{\text{зм}}$$

$$W_{зм}^п = 18 \cdot 7 = 126 \frac{\text{т}}{\text{зм}}$$

2. Витрати робочого часу на одиницю роботи агрегату (B), люд.-год./т:

$$B = \frac{K_{пр} \cdot T_{зм}}{W_{зм}},$$

$K_{пр}$ – коефіцієнт робочого часу, приймаємо $K_{пр} = 1,2$. [21]

$$B^б = \frac{1,2 \cdot 7}{105} = 0,08 \frac{\text{люд.} - \text{год.}}{\text{т}}$$

$$B^п = \frac{1,2 \cdot 7}{126} = 0,067 \frac{\text{люд.} - \text{год.}}{\text{т}}$$

3. Нормативне завантаження агрегату (T_n), т:

$$T_{\text{н}} = \frac{Q}{W_{\text{год}}}$$

$$T_{\text{н}}^{\text{б}} = \frac{5000}{15} = 333,3 \text{ т}$$

$$T_{\text{н}}^{\text{п}} = \frac{5000}{18} = 277,8 \text{ т}$$

4. Нормативні витрати на ТО,ПР, КР, зберігання:

$$H_{\text{рем}} = \frac{Б \cdot k \cdot W_{\text{год}}}{T_{\text{н}}},$$

де k – коефіцієнт, що враховує надійність агрегатів [19]. Для базового 0,097, для проектного 0,05.

$$H_{\text{рем}}^{\text{б}} = \frac{300000 \cdot 0,097 \cdot 15}{333,3} = 1309,6 \text{ грн}$$

$$H_{\text{рем}}^{\text{п}} = \frac{330000 \cdot 0,05 \cdot 18}{277,8} = 1069,1 \text{ грн}$$

Для розрахунку економічної ефективності визначаємо показники наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Розрахункові показники впровадження проекту

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього:	$EB^{\text{б}}$	$EB^{\text{п}}$
в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн.	$ЗП^{\text{б}}$	$ЗП^{\text{п}}$
амортизаційні відрахування, грн.	$A^{\text{б}}$	$A^{\text{п}}$
вартість ПММ, грн.	$B_{\text{ел}}^{\text{б}}$	$B_{\text{ел}}^{\text{п}}$
витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн.	$B_{\text{рем}}^{\text{б}}$	$B_{\text{рем}}^{\text{п}}$
інші витрати.	$IB^{\text{б}}$	$IB^{\text{п}}$
Капітальні вкладення на 1 га, грн.	$KB^{\text{б}}$	$KB^{\text{п}}$
Приведені витрати на 1 га, грн.	$ПВ^{\text{б}}$	$ПВ^{\text{п}}$
Річний економічний ефект, грн.	E_p	

Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	T_o
---	-------

5. Експлуатаційні витрати (EB) всього, грн./т:

$$EB = 3П + A + B_{\text{ел}} + B_{\text{рем}} + IB,$$

де 3П - заробітна плата з нарахуваннями, грн./т:

$$3П = \frac{ТС}{W_{\text{год}} \cdot 1,2 \cdot 1,362},$$

де $ТС$ – тарифна ставка, грн., $ТС=80$ грн [22];

1,2 – коефіцієнт, що передбачає додаткову оплату [22];

1,362 – коефіцієнт, що передбачає розмір відрахувань на соціальні заходи [21];

Підставляємо значення:

$$3П^6 = \frac{80}{15 \cdot 1,2 \cdot 1,362} = 3,3 \text{ грн/т}$$

$$3П^п = \frac{80}{18 \cdot 1,2 \cdot 1,362} = 2,7 \text{ грн/т}$$

A - амортизація основних засобів:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100 \cdot Q},$$

де B - балансова вартість, грн.;

λ – норма амортизації, %. Приймаємо 10%;

Q – обсяг робіт, т;

Підставляємо відомі значення:

$$A^6 = \frac{300000 \cdot 10}{100 \cdot 5000} = 6 \text{ грн/т}$$

$$A^п = \frac{330000 \cdot 10}{100 \cdot 5000} = 6,6 \text{ грн/т}$$

$B_{\text{ел}}$ - витрати на електроенергію, грн./т:

$$B_{\text{ел}} = H_{\text{ел}} \cdot Ц_K,$$

де, $H_{\text{ел}}$ - норма витрати електроенергії, кВт*год/т (з технологічних карт приймаємо 0,5 для базового та 0,4 для проектного);

$$H_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{заг}}}{W_{\text{год}}},$$

де, $P_{\text{заг}}$ – загальна потужність електродвигунів, кВт ($P_{\text{заг}} = 9,5$ кВт) [23];

Тоді:

$$H_{\text{ел}}^{\text{б}} = \frac{9,5}{15} = 0,63 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

$$H_{\text{ел}}^{\text{п}} = \frac{9,5}{18} = 0,53 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

$\text{Ц}_{\text{к}}$ - комплексна ціна 1 кВт електроенергії, грн.;

$$B_{\text{ел}}^{\text{б}} = 0,63 \cdot 8,25 = 5,19 \text{ грн/т}$$

$$B_{\text{ел}}^{\text{п}} = 0,53 \cdot 8,25 = 4,37 \text{ грн/т}$$

$B_{\text{рем}}$ - затрати на КР, ПР, ТО та зберігання, грн./т:

$$B_{\text{рем}} = \frac{K \cdot H_{\text{рем}}}{W_{\text{год}}}$$

K – коефіцієнт переводу тракторів в умовні еталонні, приймаємо 1,2 для базового варіанта та 1 для вдосконаленого; [19]

Підставляємо значення:

$$B_{\text{рем}}^{\text{б}} = \frac{1,2 \cdot 1309,6}{15} = 104,8 \text{ грн/т}$$

$$B_{\text{рем}}^{\text{п}} = \frac{1,2 \cdot 1069,1}{18} = 71,3 \text{ грн/т}$$

IB – інші витрати складають 3 % від загальної суми експлуатаційних витрат, грн.:

$$IB = (3П + A + B_{\text{ел}} + B_{\text{рем}}) \cdot 0,03$$

$$IB^{\text{б}} = (3,3 + 6 + 5,19 + 104,8) \cdot 0,03 = 3,58 \text{ грн/т}$$

$$IB^{\text{п}} = (2,7 + 6,6 + 4,37 + 71,3) \cdot 0,03 = 2,55 \text{ грн/т}$$

Визначаємо загальні експлуатаційні витрати:

$$EB^{\text{б}} = 3,3 + 6 + 5,19 + 104,8 + 3,4 = 122,69 \text{ грн/т}$$

$$EB^{\text{п}} = 2,7 + 6,6 + 4,37 + 71,3 + 2,4 = 84,97 \text{ грн/т}$$

6. Капітальні вкладення (KB) на 1 т, грн.:

$$KB = \frac{B}{Q}$$

$$KB^6 = \frac{300000}{5000} = 60 \text{ грн}$$

$$KB^п = \frac{330000}{5000} = 66 \text{ грн}$$

7. Приведені витрати на 1 т, грн.:

$$ПВ = EB + 0,15 \cdot KB$$

$$ПВ^6 = 122,69 + 0,15 \cdot 60 = 131,69 \text{ грн}$$

$$ПВ^п = 84,97 + 0,15 \cdot 66 = 94,87 \text{ грн}$$

8. Приведені витрати на весь обсяг робіт, грн.:

$$ПВ_Q = ПВ \cdot Q$$

$$ПВ_Q^6 = 131,69 \cdot 5000 = 658450 \text{ грн}$$

$$ПВ_Q^п = 94,87 \cdot 5000 = 474350 \text{ грн}$$

9. Річний економічний ефект, грн.:

$$E_p = ПВ_Q^6 - ПВ_Q^п = 658450 - 474350 = 184100 \text{ грн}$$

10. Термін окупності капітальних вкладень (T_o), років:

$$T_o = \frac{\Delta KB}{E_p} = \frac{30000}{184100} = 0,16 \text{ років} = 1,92 \text{ місяці} \approx 58 \text{ днів}$$

де ΔKB – розмір додаткових капітальних вкладень по проекту, який визначається по різниці капітальних вкладень.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 Техніко – економічні показники впроваджуваного проекту

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Обсяг роботи, т	5000	5000
Годинна продуктивність, т/год.	15	18
Витрати електроенергії на 1 т, кВт*год	0,63	0,53
Балансова вартість агрегату, грн.	300000	330000
Нормативне навантаження, год.	333,3	277,8

Експлуатаційні витрати на 1 т, грн. всього:	122,69	84,97
в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн.	3,3	2,7
амортизаційні відрахування, грн.	6	6,6
вартість електроенергії, грн/кВт*год.	8,25	8,25
витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн.	104,8	71,3
інші витрати.	3,58	2,55
Капітальні вкладення на 1 т, грн.	60	66
Приведені витрати на 1 т, грн.	131,69	94,87
Річний економічний ефект, грн.	184100	
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	0,16	

Висновок: приведені витрати на 1 т у проектному варіанті становлять 94,87 грн, що на 36,82 грн нижче, ніж у базовому (131,69 грн). Річний економічний ефект від впровадження проекту становить 184100 грн, а термін окупності додаткових капітальних вкладень – лише 0,16 року, що свідчить про високу економічну ефективність проекту. Таким чином, впровадження вдосконаленого очисника вороху ОВС-25М є доцільним і забезпечує значну економію ресурсів та швидке повернення інвестицій.

ВИСНОВОК

У результаті виконання дипломного проєкту були вирішені завдання, спрямовані на підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна за рахунок технічного удосконалення існуючих засобів механізації.

Проведено аналіз сучасних способів та технологій очищення зернових сумішей, в якому встановлено, що найбільш перспективним є поєднання механічного та пневматичного очищення з урахуванням фізико-механічних властивостей зернової маси: густини, розмірів, аеродинамічних характеристик та електричних властивостей.

Досліджено існуючі конструкції зерноочисних машин та проаналізовано їхні недоліки. Встановлено, що типовий очисник ОВС-25 має високу популярність завдяки своїй універсальності, проте характеризується недостатньою ефективністю роботи системи очищення решіт, що призводить до зниження якості очистки і підвищення втрат зерна.

Запропоновано модернізацію очисника ОВС-25, яка полягає в удосконаленні конструкції очисного пристрою вороху — це дало змогу спростити експлуатацію, знизити загальні експлуатаційні витрати та усунути ризик забруднення внутрішніх компонентів аспіраційної системи

Виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації, яке показало, що впровадження удосконаленої конструкції дозволяє підвищити продуктивність агрегату, знизити витрати на технічне обслуговування та підвищити якість кінцевого зернового продукту.

Таким чином, розроблені технічні рішення підтверджують доцільність і ефективність модернізації зерноочисника ОВС-25. Запропоноване вдосконалення може бути рекомендоване до впровадження у виробничих умовах, зокрема в малих та середніх аграрних підприємствах, які потребують надійної та енергоощадної техніки для очищення зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сільськогосподарські машини : підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: «Агроосвіта», 2015. — 679 с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. — К.: Мета, 2003. — 448 с.: іл.
3. <https://www.westwardparts.com/web/westward>
4. <https://olis.com.ua/>
5. <https://www.cimbria.com/en.html>
6. www.petkus.com
7. <https://patents.google.com/patent/UA115953U>
8. <https://patents.google.com/patent/UA137995U>
9. <https://patents.google.com/patent/UA136201U>
10. <https://patents.google.com/patent/AU683761B2>
11. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А.В. Гайдамака. — Харків: НТУ «ХПІ», 2020. — 275 с.
12. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. - К.: Вища школа, 1993. - 556 с.
13. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженернотехнічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2—е вид., переробл. — Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О., 2015. — 492 с.
14. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" № 1264-ХІІ від 25.06.1991 (редакція 2023).
15. ДСТУ ISO 14001:2015 "Системи екологічного управління".
16. Закон України "Про відходи" № 187/98-ВР від 09.04.1998.
17. Закон України "Про енергозбереження" № 74/94-ВР від 01.07.1994.
18. Закон України "Про охорону праці" № 2694-ХІІ від 14.10.1992 (редакція 2023).

19. https://evgivanov.github.io/expl_html_book/book/part1/tema1-9.html
20. <https://24tv.ua/business/>
21. <https://profpressa.com/reference-works/rozrakhunok-normi-trivalosti-robochogo-chasu-na-2024-rik>
22. <https://7eminar.ua/news/3029-pogodinna-oplata-praci-shho-vraxovuvati-v-2025-roci>
23. <https://teteriv2.com.ua/store/item/589>

ДОДАТКИ