

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**  
**Навчально-науковий інститут загальноуніверситетської підготовки**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. “Машиновикористання в землеробстві”

доц. \_\_\_\_\_ Володимир КУВАЧОВ

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

здобувача ступеня вищої освіти «Магістр»

(ступінь вищої освіти)

на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОГО  
ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ  
ПІВДНЯ УКРАЇНИ»

**32МЗД.106.000000ПЗ**

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, групи 24МБ АІ 3

спеціальності 208 Агроінженерія

освітня програма Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності та ОПП)

\_\_\_\_\_ **Сергій СВІЖІНКО**

(підпис)

Керівник доц. \_\_\_\_\_

(підпис)

Консультант проф. \_\_\_\_\_

(підпис)

Нормоконтроль доц. \_\_\_\_\_

(підпис)

Рецензент інж. \_\_\_\_\_

(підпис)

Мелітополь - 2021 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Інститут, факультет ННІ ЗУП Кафедра Машиновикористання в  
землеробстві

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітня програма Агроінженерія  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МВЗ

доцент Володимир КУВАЧОВ

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВО**

**СВІЖІНКО СЕРГІЮ АНАТОЛІЙОВИЧУ**

1 Тема роботи: «Підвищення ефективності процесу попереднього очищення зерна сільськогосподарських культур в умовах півдня України»

керівник проекту

затверджена наказом ректора університету від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р. № \_\_\_\_\_.

2 Строк подання студентом роботи 25.01.2021 р.

3 Вихідні дані до роботи Результати практики, інформація з науково-практичних періодичних видань України, рекомендовані технологічні карти на післязбиральну обробку сільськогосподарських культур на півдні України, нормативні документи тощо.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1 Стан проблеми та постановка задач дослідження

Розділ 2 Теоретичний аналіз пневморешітного сепаратора скальператорного типу

Розділ 3 Схемотехнологічні рішення по обґрунтуванню пневмосепараційних машин попереднього очищення зерна

Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Розділ 5 Техніко-економічне обґрунтування роботи

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

Аркуш 1, 2. Схеми технологічні засобів попередньої очистки зерна

Аркуш 3. Схеми технологічна пневморешітного сепаратора

Аркуш 4. Розрахункові схеми до сумісної роботи циліндричного решета та повітряного потоку

Аркуш 5. Основні фактори робочого процесу пневморешітного сепаратора

Аркуш 6. Порівняльна характеристика машин попередньої очистки вороху

Аркуш 7. Техніко-економічні показники експериментального пневморешітного сепаратора

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	РОГАЧ Ю.П., завідувач кафедри «Цивільна безпека»		

7 Дата видачі завдання 21.09.2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Стан проблеми та постановка задач дослідження	Вересень 2020 р.	
2	Теоретичний аналіз пневморешітного сепаратора скальператорного типу	Жовтень 2020 р.	
3	Схемотехнологічні рішення по обґрунтуванню пневмосепараційних машин попереднього очищення зерна	Листопад 2020 р.	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Грудень 2020 р.	
5	Техніко-економічне обґрунтування роботи	Січень 2021 р.	
6	Апробація, підготовка до захисту	Січень-лютий 2021 р.	

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Сергій СВІЖІНКО \_\_\_\_\_

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

(ініціали та прізвище)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ аркуша	Примітка
	A4	32МЗД.106.000000ПЗ	Пояснювальна записка	83		
	A4	32МЗД.106.101000	Схеми технологічні засобів попередньої очистки зерна	1	1	
	A4	32МЗД.106.102000	Схеми технологічні засобів попередньої очистки зерна	1	2	
	A4	32МЗД.106.201000	Схема технологічна пневморешітного сепаратора	1	3	
	A4	32МЗД.106.202000	Розрахункові схеми до сумісної роботи циліндричного решета та повітряного потоку	1	4	
	A4	32МЗД.106.203000	Основні фактори робочого процесу пневморешітного сепаратора	1	5	
	A4	32МЗД.106.501000	Порівняльна характеристика машин попередньої очистки вороху	1	6	
	A4	32МЗД.106.502000	Техніко-економічні показники експериментального пневморешітного сепаратора	1	7	

					<b>32МЗД.106.000000ВДР</b>			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Свіжінко			Дипломна робота	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.							1	1
						<b>ТДАТУ, 2021</b>		
Н. контр.								
Затв.								

## РЕФЕРАТ

**Дипломна робота:** 83 сторінки машинопису, 5 розділів, 15 рисунків, 6 таблиць, 35 посилань.

**Графічна частина роботи** – 7 аркушів формату А4.

**Мета роботи** – підвищення ефективності процесу попереднього очищення зерна сільськогосподарських культур в умовах півдня України шляхом введення в робочий процес циліндричного решета із зовнішньою робочою поверхнею псевдозрідженого шару зернового матеріалу та діаметрально пронизуючого повітряного потоку.

**Об’єкт дослідження** – технологічний процес пневморешітного сепаратора попереднього очищення зерна скальператорного типу з циліндричним решетом із зовнішньою робочою поверхнею.

**Предмет досліджень** – закономірності впливу режимів та параметрів роботи пневморешітного сепаратора на ефективність процесу попереднього очищення зерна сільськогосподарських культур.

В магістерській роботі зроблено наступне.

Аналітичний огляд джерел інформації щодо питання попередньої очистки зерна сільськогосподарських культур.

Проаналізовано існуючі аспекти підвищення ефективності процесу попереднього очищення зерна.

Удосконалено технологічну схему роботи пневморешітного сепаратора з циліндричним решетом із зовнішньою робочою поверхнею.

Визначено основні фактори, що впливають на робочий процес пневморешітного сепаратора.

Проаналізовані, обґрунтовані та розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Визначено економічну ефективність застосування напрямку підвищення ефективності попередньої очистки зерна.

**Ключові слова:** ПНЕВМОРЕШІТНИЙ СЕПАРАТОР, ПОПЕРЕДНЄ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА, СКАЛЬПЕРАТОР, ДІАМЕТРАЛЬНО ПРОНИЗУЮЧИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Аналітичний огляд джерел інформації щодо питання попередньої очистки зерна сільськогосподарських культур.....	9
1.1.1. Загальні відомості щодо очищення та сортування зерна.....	9
1.1.2. Засоби попередньої очистки зерна.....	12
1.2. Існуючі аспекти підвищення ефективності процесу попередньої очистки зерна сільськогосподарських культур.....	32
1.3. Постановка задач дослідження.....	36
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА СКАЛЬПЕРАТОРНОГО ТИПУ.....	37
2.1 Визначення факторів і параметрів процесу попередньої очистки зерна сільськогосподарських культур.....	37
2.1.1 Устрій та технологічний процес роботи пневморешітного сепаратора скальператорного типу.....	37
2.1.2 Фактори і параметри процесу роботи пневморешітного сепаратора скальператорного типу.....	37
2.2 Вивчення процесу попередньої очистки зерна методами планування експерименту.....	45
2.3 Висновки до розділу.....	49
РОЗДІЛ 3 СХЕМОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО ОБҐРУНТУВАННЮ ПНЕВМОСЕПАРАЦІЙНИХ СИСТЕМ МАШИН ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА.....	51
3.1. Аналіз конструкцій повітророзподільників пневмосепараційних систем.....	51
3.2 Висновки до розділу.....	54
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55

4.1	Загальні вимоги нормативних актів щодо управління охороною праці та безпекою у надзвичайних ситуаціях для машини попередньої очистки зерна в умовах зерно комплексу агропідприємства.....	55
4.2	Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві.....	55
4.2.1	Аналітично-розрахункова частина з питань охорони праці при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі .....	56
4.2.2	Аналітично-розрахункова частина з питань безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі.....	58
4.3	Висновки до розділу.....	60
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....		62
5.1.	Розрахунок порівняльних техніко-економічних показників процесу попередньої очистки зерна сільськогосподарських культур.....	65
5.2.	Визначення річного економічного ефекту від застосування експериментального пневморешітного сепаратора.....	68
5.3	Визначення терміну окупності експериментального пневморешітного сепаратора.....	68
5.4	Висновки до розділу.....	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		72
ДОДАТОК А. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....		76

## ВСТУП

Повне задоволення населення України сільськогосподарською продукцією власного виробництва – найважливіша стратегічна задача на шляху її економічної незалежності.

У загальному виробничому процесі оброблення, збирання і післязбиральної обробки врожаю зернових і інших культур найбільша частка витрат приходить на післязбиральну обробку зерна і насіння, що полягає в доведенні їх до необхідних кондицій по чистоті вологості й інших показників.

Попереднє очищення зерна сільськогосподарських культур є одною з найважливіших операцій післязбиральної обробки зерна. Воно найбільш ефективно тільки в тому випадку, якщо проводиться відразу ж при надходженні зерна на зернокомплекс. Затримка з очищенням навіть на ніч зв'язана з небезпекою зниження якості і самозігрівання зерна. Крім того, при затримці з очищенням відбувається швидкий перерозподіл вологи між зерном і більш вологими домішками, у результаті чого зерно трохи воложитья, тобто погіршується його якість.

Підвищення ефективності процесу попередньої очистки зерна можливо за рахунок вдосконалення маловивчених процесів перспективних машин попереднього очищення зерна, що має важливе значення для народного господарства.



## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1. Аналітичний огляд джерел інформації щодо питання попередньої очистки зерна

##### 1.1.1. Загальні відомості щодо очищення та сортування зерна

Зерно, що надходить на зерноочисні комплекси, містить деяку кількість насін'я бур'янистих рослин, зерен інших культур, органічних і мінеральних домішок, а також ушкоджених, дефектних і дрібних зерен основної культури. Наявність у зерні цих домішок погіршує його якість, тому одне з основних умов забезпечення кількісної і якісної схоронності зерна - це своєчасне й ефективне його очищення. Ціль очищення: забезпечити необхідну якість зерна (отже, якість борошна і крупи); підвищити насінні властивості зерна; поліпшити умови збереження зерна; звільнити транспортні засоби від перевезення частини сміття і, отже, знизити вартість транспортування зерна; знизити зараженість зерна шкідниками хлібних запасів; створити більш сприятливі умови для його сушіння. [1, 2]

Очищене зерно сортують розділяють на фракції, головним чином по розмірах, а іноді і за іншими показниками (у залежності від цільового призначення). Очищення і сортування зернових домішок засновані на розходженні фізико-механічних властивостей зерна і домішок.

Використовуючи це розходження, зерно очищають і сортують:

- по аеродинамічних властивостях – в аспіраторах, і аспіраційних колонках, пневмосепараторах і пневмосепаруючих каналах;
- по ширині і товщині – у зерноочисних сепараторах, сортувальних і калібрувальних машинах;
- по довжині – у циліндричних і дискових трієрах;
- по щільності – на пневмосортувальних столах, у каміннявідділяючих машинах;

- за формою і станом поверхні – у спіральних і стрічкових похилих сепараторах;

- по металомагнітним властивостям – у сепараторах з постійними магнітами й в електромагнітних сепараторах.

Весь складний ланцюг технологічних операцій очищення зерна і насіння по своєму цільовому призначенню і застосовуваними технічними засобами підрозділяється на наступні основні етапи: попереднє очищення свіжоприбраного зернового вороха, тимчасове зберігання і активне вентилявання, первинне очищення, трієрування, вторинне очищення, пневмосортування, калібрування та ін..

Попереднє очищення свіжозібраного зернового вороха – це допоміжна операція по очищенню зерна, її проводять для забезпечення сприятливих умов при виконанні наступних технологічних операцій післязбиральної обробки зерна, головним чином його сушіння. Для цього в найпростіших повітряно-гратових машинах (ворохоочисниках) із зернової купи виділяють великі (іноді дрібні) домішки, що підвищує сипкість зернової маси, запобігає застряванню її між коробами шахтної сушарки. Попереднє очищення купи підвищує її стійкість до факторів псування, особливо розвитку процесу самозігрівання.

Машина попереднього очищення повинні виконувати очищення свіжоприбраної зернової купи вологістю до 40 % зі змістом бур'янистих домішок до 20 %, у тому числі фракції соломистих домішок до 5 %. У процесі очищення повинно виділятися не менш 50 % бур'янистих домішок, у тому числі практично вся соломиста домішка. В очищеному матеріалі вміст соломистих домішок довжиною часток до 50 мм повинно бути не більш 0,2%, а часток довжиною більш 50 мм не повинне бути. Вміст повноцінних зерен у відходах не повинен перевищувати 0,05% від маси зерна основної культури у вихідному матеріалі.

Попереднє очищення найбільш ефективно тільки в тому випадку, якщо проводиться відразу ж при надходженні зерна на тік. Затримка з очищенням навіть на ніч зв'язана з небезпекою зниження якості і самозігрівання зерна. Крім того, при затримці з очищенням відбувається швидкий перерозподіл вологи між зерном і більш

вологими домішками, у результаті чого зерно трохи воложитья, тобто погіршується його якість.

Попереднє очищення при прийомі свіжоприбраного зерна давно визнані найбільш ефективним і широко застосовується у всьому світі.

Процес попереднього очищення зерна заснований на використанні аеродинамічних властивостей часток зернового матеріалу, їхніх розмірів і щільності. Машина попереднього очищення постачені пристроями, що діють за принципом використання одного або декількох ознак і властивостей зерна і засмітників. [1, 2]

Поділ зернової купи попереднього очищення може виконуватися на ґратових поверхнях – по геометричних розмірах; у пневмосепараторах і повітряних каналах – по аеродинамічних властивостях і, з комплексу аеродинамічних властивостей, щільності і розмірам – у сепараторах із псевдозрідженим шаром.

По конструктивному оформленню решета можна розділити на плоскі, циліндричні, конічні, транспортерного типу, з активними елементами, із гнучкими елементами, просторові. Решета по способі виготовлення бувають пробивні, ткані, плетені, рубчасті, струнні та ін.

Використовувані у повітряно-ґратових машинах пневмосепаруючі системи бувають нагнітального, усмоктувального, нагнітально-усмоктувального і замкнутого типу з вертикальними, похилими або кільцевими пневматичними каналами. Постачені осадовими камерами, інерційними пиле віддільниками, циклонами. Сепарація в повітряному потоці відбувається під дією двох груп зовнішніх сил: аеродинамічних і масових – сил ваги і сил інерції в основному поступального руху.

У пневмосепараторах поряд із застосуванням аеродинамічних і масових сил використовують відцентрові і кориолісові сили, а також сили, обумовлені обертанням повітряного потоку, вихрові джерела і стоки. Розрізняють 4 групи таких сепараторів: пневмогравітаційні, пневмоінерційні, відцентрово-пневматичні і пневмоцентробіжні.

Пристрої для сепарації в псевдозрідженому шарі здійснюють робочий процес у спокійному або киплячому режимах. Бувають нагнітальної, нагнітально-усмоктувальної дії, з нерухоною або вібруючою опорною повітряно-розподільною

перегородкою, з ділильними пристроями (ножами, екранами, порогами і т.п.) і без них. ( А.с. СРСР №№442835, 806161, 829212 і ін.).

Первинну очистку зерна та насіння виконують після попереднього очищення і сушіння зернової купи. Операція полягає в тім, щоб виділити як можна більшу кількість великих, дрібних і легких домішок при мінімальних втратах основного зерна. Матеріал сепарують по ширині, товщині й аеродинамічним властивостям у повітряно-гратових машинах. Зерно після обробки повинне відповідати по чистоті нормам заготівельних базисних кондицій. Зернова маса, що надходить на первинне очищення, повинна мати вологість не вище 18 % і містити бур'янистої домішки не більш 8 %.

У машинах первинного очищення виділяють не тільки домішки, але і сортують зерно на основну (продовольчу або насінну) і фуражну фракції.

Вторинне очищення зерна і насінь застосовують в основному для обробки зерна насінного призначення, що пройшло первинне очищення. На цих машинах можна за один пропуск довести насіння по чистоті до норм I і II класів посівного стандарту, якщо відсутні важковідокремлюєми домішки, для виділення яких необхідні спеціальні машини.

Вторинне очищення насінь проводять у складних повітряно-гратових машинах з поділом вихідного матеріалу на чотири фракції: насіння, зерно II сорту, аспіраційні відноси і великі домішки, дрібні домішки. Утрати насінь основної культури в усі фракції домішок не повинні перевищувати 1 % і влучення повноцінних насінь у II сорт не більш 3% від маси насінь основної культури у вихідному матеріалі. Загальне дроблення насінь допускається в межах до 1%. Для витримування встановлених нормативів утрат вихідний матеріал для вторинного очищення повинний мати вологість не вище 18 %, містити домішок усього до 8%, у тому числі бур'янистої до 3 %.

[2].

#### 1.1.2 Засоби попереднього очищення зерна сільськогосподарських культур

У ворохоочисниках, що випускаються вітчизняною промисловістю, широко поширені плоскі хитні решета, вертикальні повітряні канали і розімкнуті пневмосепаруючі системи аспіраційного типу.

В нашій країні машини попередньої очистки випускаються в двох виконаннях: стаціонарні для поточних ліній і самопересувні для обробки зернового вороху на відкритих ділянках токів та в складських приміщеннях.

**Стаціонарна машина первинного очищення зерна СВЗ-25** (Рис. 1.1) [7,8] призначена для очищення зерна колосових, зернобобових, круп'яних, олійних культур, кукурудзи, сорго й інших насіннь від великих, дрібних і легень домішок. Машину встановлюють у потокових зерноочисних лініях, зерноочисних агрегатах і зерно-очисно-сушильних комплексах.

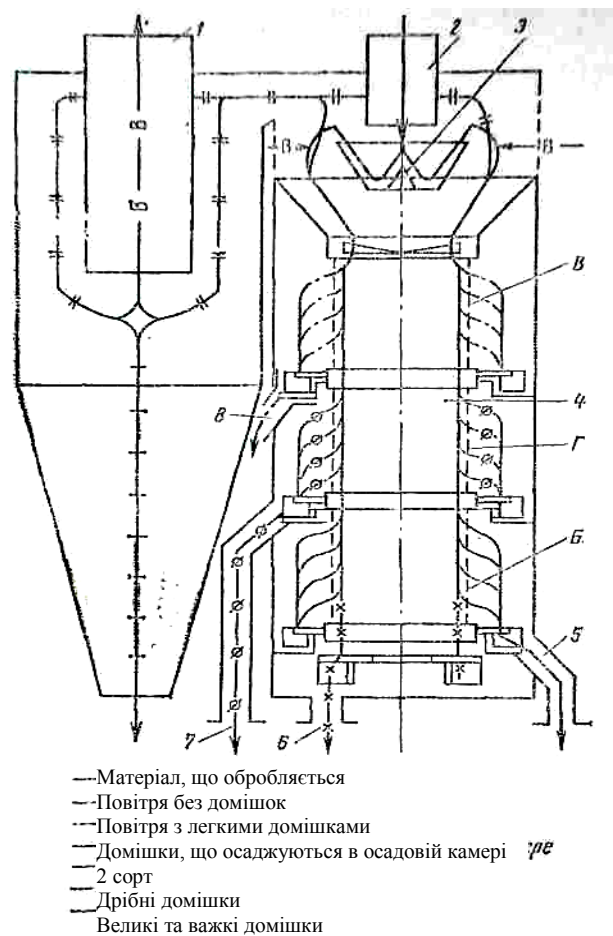


Рисунок 1.1 – Технологічна схема роботи машини первинного очищення СВЗ-25

1 - осадова камера; 2 - завантажувальне вікно; 3- розкидач; 4 - ротор; 5 - приймач чистого зерна; 6 - приймач великих домішок; 7 - приймач зернових домішок; 8 - приймач дрібних домішок; Б, В, Г - решета.

Основні робочі органи машини: приймач, решітний ротор що обертається, кільцеві приймачі, осадова камера (циклон).

Приймач (Рис. 1.1) складається з завантажувального вікна 2, під яким розташований обертовий розкидач 3. На рівні розкидача в корпусі маються отвори для забору повітря. Під розкидачем установлений ротор 4 з циліндричними решетами Б, В и Г. Обертовий ротор для кращої сепарації і руху насіння робить коливальні рухи, передані шатуном від ексцентрикового вала. З внутрішньої сторони корпусу на нижньому рівні кожного решета встановлені кільцеві приймачі 5, 6, 7, 8 для поділюваних фракцій. Осадова камера 1 має загальноприйнятую конструкцію. На нижній частині камери встановлений шнек для відводу легких домішок.

Технологічний процес відбувається в такий спосіб. Машина працює по трьохрешетній схемі з відділенням легких домішок. Матеріал, що очищається, через завантажувальне вікно 2 надходить на відцентровий розкидач 3, яким рівномірно розподіляється по периметру машини. Током повітря відокремлюються легкі домішки і виносяться по трубопроводу в осадову камеру 1. Осілі легкі домішки з камери виводяться шнеком у вихід легких домішок.

Купа, очищена від легких домішок, по конусі надходить на внутрішню поверхню обертового барабана (на решето В), де відокремлюються дрібні домішки. Проходячи через отвори решета, домішки надходять у кільцевий приймач 8 і виводяться з машини. Сход з решета В надходить на решето Г, де відбувається відділення зернових домішок (фуражне зерно). Через кільцевий приймач 7 зернові домішки віддаляються з машини. Очищене зерно (насіння) з великими домішками надходить на решето 5, де відбувається відділення зерна від великих домішок. Прохід через решето В (очищене зерно) надходить у приймач 5, а сход (великі приміси) у приймач 6.

#### Технічна характеристика машини СВЗ-25

Продуктивність (т/год) на очищенні зерна пшениці	25
Число вентиляторів	1

Число решітних роторів	1
Діаметр решітного ротора, мм	615
Число ярусів решіт	3
Амплітуда коливань ротора, мм	8
Частота коливанні ротора, колив/хв	750
Частота обертання ротора, хв <sup>-1</sup>	107...116
Габаритні; розміри, мм:	
довжина	2328
ширина	1252
висота	3020
Маса, кг	1445

**Машина попереднього очищення МПО-50** (Рис. 1.2) [1]. Машина стаціонарна, призначена для попереднього очищення зернової купи основних сільськогосподарських культур. Розрахована для роботи на комплексах КЗС-50 і ЗАВ-50 у потокових лініях у всіх зонах країни.

Основні вузли машини (Рис. 1.2): приймальня камера 3, сітчастий транспортер 2, діаметральний дванадцятилопатекий вентилятор 4, всмоктуючий аспіраційний канал 1, дросельна заслінка 5 і осадова камера з вивантажувальним шнеком відходів 6.

Сітчастий транспортер нахилений на 18° і служить для відділення великих домішок. Складається транспортер з нескінченної сітчастої стрічки, ведучого і відомого валів. Над транспортером установлені соломопритиски. При обробці високовологого і засміченого матеріалу для інтенсифікації процесу відділення великих домішок включається підбивальщик, що складається з вала, хрестовин і роликів.

Повітряно-очисна частина включає усмоктувальний і нагнітальний канали, осадову камеру з діаметральним вентилятором і шнеком вивантаження легких домішок.

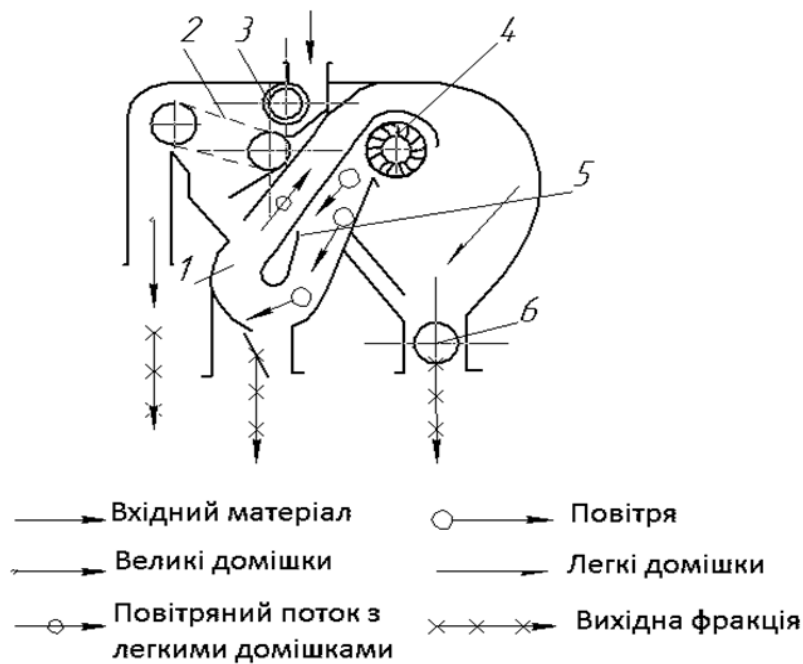


Рисунок 1.2 – Технологічна схема роботи стаціонарної машини попереднього очищення МПО-50:

1 – аспіраційний канал; 2 – сітчастий транспортер; 3 – прийомна камера;  
 4 – вентилятор; 5 – дросельна заслінка; 6 – шнек відходів.

У нижній частині перегородки нагнітального каналу знаходяться жалюзійні отвори. У середній частині нагнітального каналу встановлена дросельна заслінка для регулювання швидкості повітряного потоку.

#### Технічна характеристика машини МПО-50

Продуктивність (т/год) на очищенні зерна пшениці чистотою 90%, вологістю до 20%	50
Діаметр діаметрального вентилятора, мм	400
Число лопат	12
Частота обертання вентилятора, $\text{хв}^{-1}$	690
Частота обертання сітчастого транспортера, $\text{хв}^{-1}$	56
Довжина робочої зони сітчастого транспортера, мм	800
Ширина робочої зони сітчастого транспортера, мм	1265
Частота обертання, $\text{хв}^{-1}$ : завантажувального шнека	309



шнека для відходів	365
Установлена потужність, кВт	7,5
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2850
ширина	1850
висота	2050
Маса, кг	.....1041

**Зерноочисна машина ОВС-25** [3]. Машина самопересувна, призначена для попереднього і первинного очищення купи зернових, зернобобових, круп'яних, олійних і технічних культур від домішок на токах і в закритих приміщеннях (Рис. 1.3).

Основні робочі органи машини: повітряноочисна частина, два паралельно працюючих решітних стани, завантажувальний і відвантажувальний транспортери. У кожному решітнім стані маються два рівнобіжних яруси, кожний з яких складається з двох послідовно встановлених решіт. Повітряним потоком виділяються легені домішки, а на плоских решетах із круглими і довгастими отворами - великі і дрібні домішки. У прийомній камері й у лотку завантаження нижнього решітного стану встановлені гумові заспокоювачі зерна, за рахунок цього продуктивність (на пшениці) 25 т/ч.



Рисунок 1.3 – Зерноочисна машина ОВС-25

## Технічна характеристика машини ОВС-25

Продуктивність, т/год:	
на попереднім очищенні насіння пшениці	
чистотою 90 %, вологістю до 20%	25
на первинному очищенні насіння пшениці	12
Діаметр шестилопатевого вентилятора, мм	530
Частота обертання вентилятора, хв <sup>-1</sup>	1220
Число решітних станів	2
Амплітуда коливань решітних станів, мм	7,5
Частота коливань решітних станів, кол/хв	490
Кут нахилу решіт, град	8
Розмір решіт, мм	790x990
Установлена потужність, кВт	7,3
Розміри, мм:	
довжина	4040
ширина	2115
висота	3280
Маса, кг	2000

У Всеросійському НДІ механізації сільського господарства розроблена нова конструкція **гравітаційного зерноочисника СЗГ-25** (Рис. 1.4) [1-3]. У ньому процес очищення від великих і дрібних домішок здійснюється при гравітаційному (самопливному) русі зернового матеріалу по нерухомих решетах.

Решета виконані у виді ряду консольно закріплених увігнутих пальців із пружинного дроту, розміщених з визначеним зазором між собою, і встановлені в колонку зигзагоподібно. Така конструкція решіт і їхнє розміщення забезпечують їхнє самоочищення від часток, що застряють, у процесі роботи.

Робочий процес гравітаційного зерноочисника здійснюється в такий спосіб.

Підлягаючий очищенню зерновий матеріал подають у колонку зверху. Під дією гравітаційних сил маса переміщається по похилому прийомному лотку, падаючи на перше зверху решето центрального каналу. Частина зерна разом із

дрібними і легкими домішками в процесі руху по решету проходить у зазори між консольними пальцями цього решета і попадає в перший пневмосепаруючий канал. Інша частина зернового матеріалу разом з великими домішками сходять з першого решета на розташоване під ним навпроти друге таке ж решето, на якому процес просівання зерна, дрібних і легких домішок продовжується. Компоненти, що просіялися, попадають у лівий пневмосепаруючий канал, а що непросіялися направляються на наступне решето і т.д. до останнього, з якого сходять великі домішки. Зерновий матеріал, очищений від великих домішок і який потрапив у пневмосепаруючі канали, очищається від легких домішок висхідним повітряним потоком, що відсмоктується вентилятором через циклон, де осаджуються виділені легкі домішки.

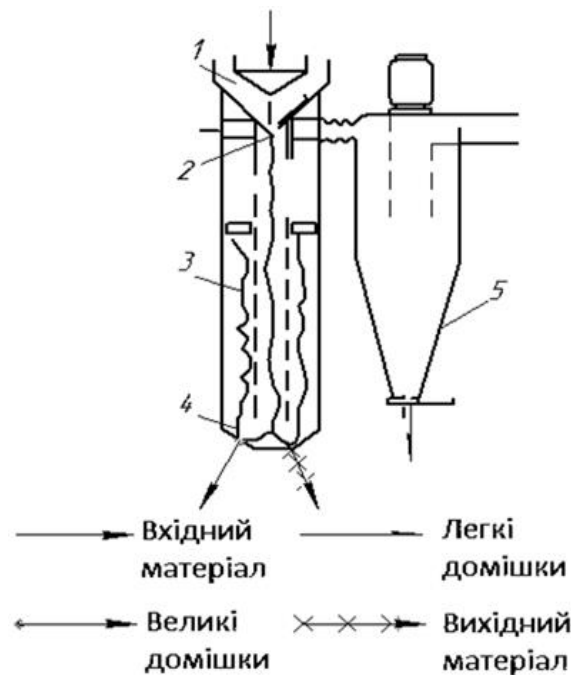


Рисунок 1.4 – Гравітаційний зерноочисник СЗГ-25:

1 – завантажувальний бункер; 2 – ґрати для виділення великих домішок; 3 – ґрати для виділення дрібних домішок; 4 – канали прийому очищеного зерна і домішок; 5 – циклон для прийому легких домішок.

З пневмосепаруючих каналів зерно з дрібними домішками надходить у бічні зигзагоподібні канали, де пересипаючи з решета на решето, очищається від дрібних

домішок, що проходять у зазори між пальцями решіт. Очищене в такий спосіб зерно виводиться самопливом із сепаратора в нижній його частині.

На сьогоднішній день розроблене сімейство гравітаційних зерноочисників різної продуктивності і різного призначення. СЗГ-25 продуктивністю 25 т/год призначений для попереднього очищення свіжеприбраного зерна перед сушінням, засипанням на збереження або обробкою в лінії.

У результаті досліджень Воронежської державної технологічної академії під керівництвом д.т.н. Н.Е. Авдєєва, і к.т.н. Ю.В. Чернухіна, створено гравітаційний сепаратор з конічною поверхнею поділу, що ефективний при виділенні з зерна і продуктів його здрібнювання великих і випадкових домішок.[6,7,8]

Схема сепаратора і фрагмент його конічної поділяючої поверхні представлені на рис. 1.5.

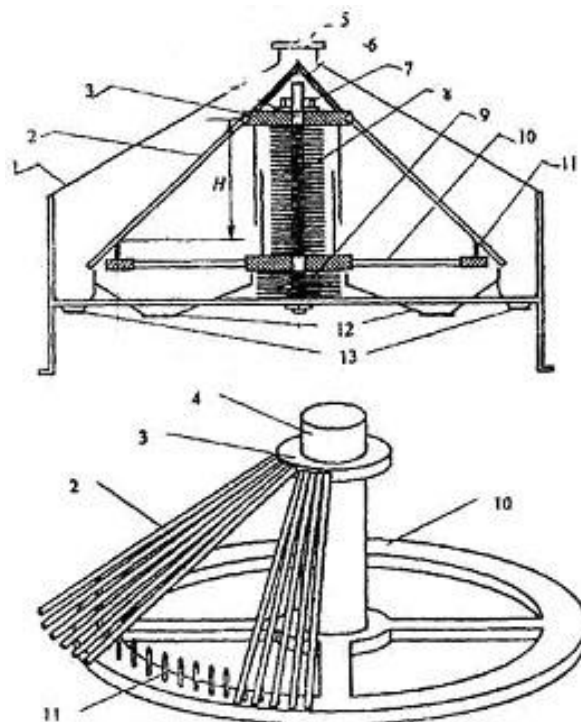


Рисунок 1.5 – Схема гравітаційного сепаратора з конічною поверхнею:

Н – відстань, що регулюється; 1 – корпус; 2 – стрижень; 3 – втулка; 4 – вал; 5 – прийомний пристрій; 6 – розподільчий ковпак; 7 – регулююча гайка; 8, 9 – пружні елементи; 10 – шків; 11 – напрямні; 12, 13 – збірники фракцій.

Вихідна суміш через прийомний пристрій 5 подається на конічний ковпак 6 у результаті чого розподіляється по ширині і надходить на поділяючу поверхню, що має форму усіченого конуса. Під дією сили ваги суміш рухається по цій поверхні і частки, розмір яких менше клиноподібних отворів, що просівають, проходять крізь них і виводяться через приймачі 12 прохідної фракції. Непросіяні частки надходять у приймачі 13 східної фракції. З'єднання шківів 10 із втулкою 3 і корпусом 1 пружними елементами забезпечує коливання поверхні поділу при русі по ній матеріалу, підвищуючи, тим самим, ефективність сепарації.

Установка втулки на валові з можливістю відносного переміщення дозволяє змінювати відстань  $H$  між площинами розташування шарнірів стрижнів і верхніх ділянок напрямних. Гайкою 7 регулюють цю відстань, а, отже, положення стрижнів відносно напрямних. Таким чином, за допомогою регулюючої гайки здійснюється оперативна зміна дрібності готового компонента без заміни робочих органів, а, отже, швидке перенастроювання сепаратора на інші технологічні процеси.

Для підвищення питомої продуктивності пневмосепараторів використовують принцип пневмоінерційного поділу зернових сумішей. Цей принцип заснований на високошвидкісній подачі купи в ділильну камеру з побіжним і протибічним вкиданням і раціональною структурою повітряного потоку, швидкість якого перевищує середню швидкість витання зерна в 1,5...2 рази.

У Челябінському аграрному університеті розроблено **пневмоінерційний сепаратор ПВО-15-20** [8,9,10]

Сепаратор складається з наступних основних вузлів: рами, завантажувального пристрою, бункера, живильника з двох стрічкових транспортерів, вентилятора, ділильної камери з вихідним клапаном, транспортерів для очищеного зерна і відходів 2-ї фракції.

Особливістю технологічного процесу роботи пневмоінерційного безрешітного сепаратора є тонкошарова подача в ділильну камеру зернової купи з раціональною орієнтацією компонентів, розшаруванням потоку; використання підвищених швидкостей введення шару в ділильну камеру, швидкість повітряного потоку в якій перевищує в 1,5 – 2 рази і більш швидкість витання зерен основної культури.

**Пневмоінерційний сепаратор ПВО-30-40**, [11,12] розроблений разом з Челябінською філією виробничо-технічного об'єднання Росагроживтехпроект. Призначений для попереднього очищення і пневмофракціонування насінного зерна, для обробки нев'яного вороху. Відрізняється від конструкції сепаратора ПВО-15-20 тим, що:

- збільшена в два рази висота ділильної камери. При цьому зріс час перебування зернової купи в ділильній камері, що дозволило збільшити питому продуктивність і ефективність його поділу;
- застосовано металник, що складається з безперервної стрічки від гірок картоплезбирального комбайна «Дружба» і притисного ролика.

### **Пневмоінерційний безрешітний сепаратор з розвитою зоною сепарації ПВО-30Р [14]**

Технологічна схема пневмоінерційного сепаратора з протибічним укиданням представлена на Рис. 1.6 [14]

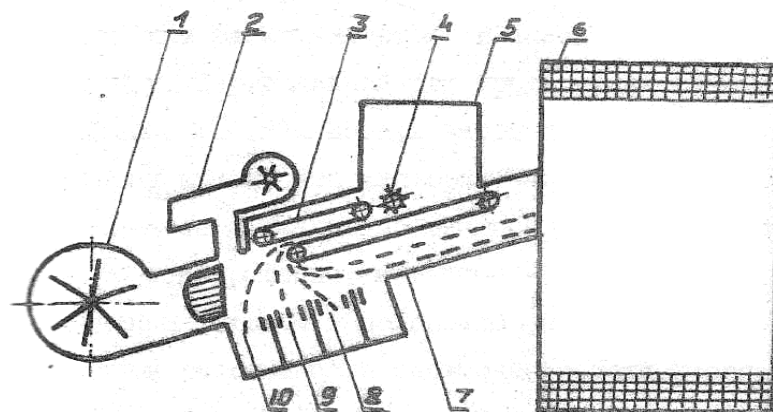


Рисунок 1.6 – Схема технологічна пневмоінерційного сепаратора з протибічним укиданням матеріалу:

- 1 – вентилятор; 2 – ежектор; 3 – живильник вкидача стрічкового типу;
- 4 – воружитель; 5 – завантажувальний бункер; 6 – осадова камера; 7 – робочий канал; 8, 10 – колосовий і зерновий пробовідбірники; 9 – ділильна камера;
- 11 – регулятор структури повітряного потоку.

Пневмоінерційний сепаратор призначений для попереднього очищення зернової купи, фракціонування насінного, продовольчого і фуражного зерна, витягу

зерна з відходів. Сепаратор може бути виконаний у стаціонарному і пересувному варіантах. Відмінною рисою сепаратора ПВО-30Р є збільшення висоти ділильної камери, повітряний потік у яку нагнітається блоком відцентрових вентиляторів. Конструктивне виконання ділильної камери дозволяє регулювати швидкість повітряного потоку по її висоті – максимальне значення на вході в канал і мінімальне на лінії зерноприймача.

З метою підвищення ефективності пневмоінерційного очищення була запропонована конструкція **пневмоінерційного сепаратора вороху з плоскими решетами** (пат. № 2169455, РФ), яка показана на Рис. 1.7. [15,16] Сепаратор складається з живильного пристрою що включає в себе замкнуті стрічки верхню 1 і нижню 2 з ячеїстою робочою поверхнею, пневмоінерційної камери 3, повітряного каналу 4 з регулювальною заслінкою 5, усмоктуючого вентилятора 6, верхнього 7 і нижнього 8 решіт, скатної дошки 9, шнеків 10 і 11.

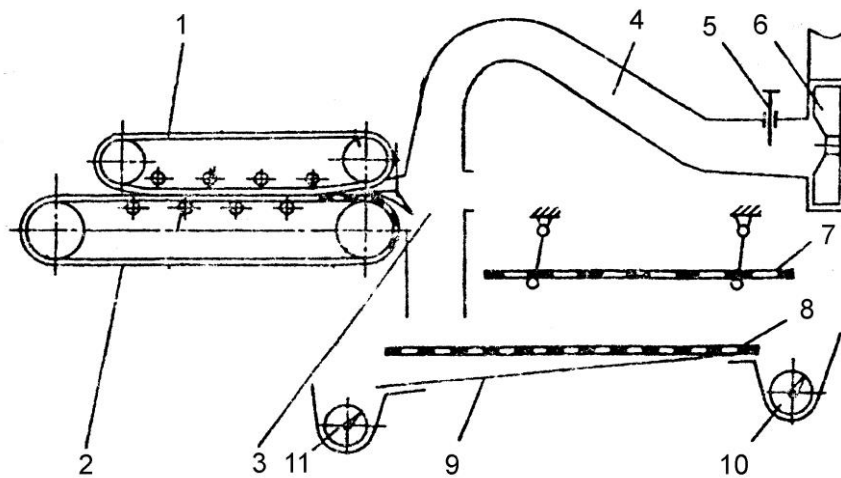


Рисунок 1.7 – Схема технологічна пневмоінерційного сепаратора з плоскими решетами:

- 1, 2 – верхня та нижня стрічка з ячеїстою робочою поверхнею;
- 3 – пневмоінерційна камера; 4 – повітряний канал; 5 – регулювальна заслінка;
- 6 – усмоктуючий вентилятор; 7, 8 – верхнє і нижнє решето;
- 9 – скатна дошка; 10, 11 – шнеки.

Сепаратор працює в такий спосіб. Вихідний невіяний ворох подається на нижню стрічку. Швидкість руху верхньої стрічки більше, ніж нижньої. Купа протаскується між стрічками і відбувається заповнення осередків насіннями, дрібними фракціями, витирання насінь з недообмолочених частин рослин. Потім частки з осередків подаються в пневмоінерційну камеру на зустріч повітряному потокові. Частки, що мають невелику швидкість витання виносяться із сепаратора, а більш важкі фракції осідають на нижнє решето. Частки, які не потрапили в осередки стрічки подаються на верхнє решето, де виділяється насіння разом із дрібною соломистою фракцією, а великі частки виводяться шнеком 10. На нижнім решеті виділяються насіння і по скатній дошці 9 надходять до шнека 11.

Для створення високопродуктивного очищення в зернозбиральних комбайнах і стаціонарних ворохоочисниках використовують **пневно-відцентрові сепаратори** [20], у яких повітряний потік разом з купою розкручується у високошвидкісний потік, що обертається навколо вертикальної або горизонтальної осі корпусу сепаратора. Повітря потім стікає уздовж осі обертання до усмоктувального каналу вентилятора. Частки купи в такому потоці роблять складний рух по гвинтоподібній траєкторії: важкі - віддаляються від осі обертання, а легкі – наближаються до неї і несуться повітряним потоком у полово-збірник.

Підвищення питомої продуктивності машин попереднього очищення досягають використанням скальператорів циліндричних решіт із зовнішньою робочою поверхнею.

Існуючі сепаруючі скальператорні машини по компонованню робочих органів і по технологічному процесу, що відбувається на них, можна розділити на п'ять типів (Рис. 1.8).

Перший тип (схема 1) передбачає одноетапне очищення зерна від грубих і великих домішок після комбайнів, як перед сушарками, так і перед основними сепараторами зі зворотно-поступальними або круговими поступальними коливаннями робочих режимів.

Процес сепарування зерна в цих машинах протікає на малій дузі силового барабана, в основному в місці надходження зернової суміші. Зерновки, що йдуть



разом з домішками тонким шаром, і розсіюються на так називаній дузі просівання. Якщо вони не встигають просіватися, то попадають у відходи, що спричиняє великі втрати зерна.

За схемою 2 (Рис. 1.8) виділення дрібних домішок або дрібної фракції зерна здійснюється проходом, а основної маси зерна – сходом. Такі скальператорні барабани застосовуються при очищенні зерна, з якого уже вилучені грубі і великі домішки.

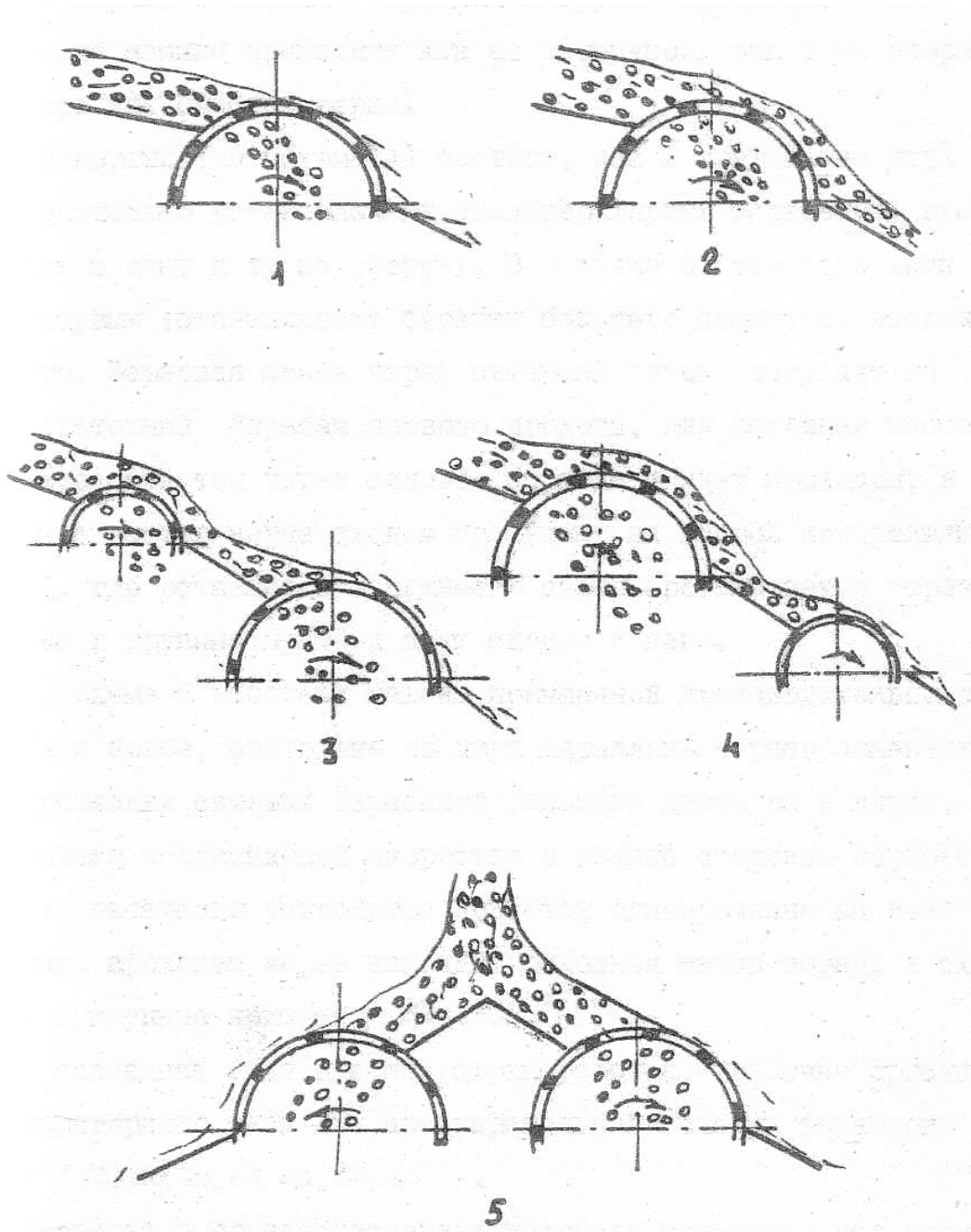


Рисунок 1.8 – Типи машин скальператорного принципу дії

У машинах, що працюють за схемою 3, скомпоновані два ситових барабани послідовно. На першому виділяються проходом дрібні домішки або дрібна фракція зерна, сходом надходить на другий барабан більшого діаметра для виділення проходом основної маси очищеного зерна, а сходом - великих і грубих домішок.

Такі машини застосовують як на первинних, так і на вторинних операціях очищення зерна.

Четвертий тип (схема 4) складається, як і третій, із двох послідовно встановлених скальператорних барабанів, що обертаються в ту саму сторону. На відміну від третього типу тут першим устанавлюють барабан більшого діаметра, другим - меншого. Зернова суміш через живильний потік надходить на скальператорний барабан першого проходу, де основна маса зерна просівається через силовий барабан і йде проходом, а домішки з частиною зерна сходом надходять на другий контрольний барабан, де зерно що залишилось в домішках провалюється через сито, а грубі і великі домішки йдуть сходом з його.

За схемою 5 працюють машини підвищеної продуктивності 100 т/год і більш, що складаються з двох паралельно розташованих циліндричних ситових барабанів більшого діаметра і довжини, що обертаються з однаковою швидкістю в різні сторони. Зернова суміш з живильного пристрою подається одночасно на два барабани, проходом через них йде основна маса зерна, а сходом - грубі і великі домішки. [21]

Для підвищення якості очищення зернового вороху використовують скальператори, основними робочими органами яких є циліндричний барабан та аспіраційна частина.

В даний час багато закордонних фірм випускають машини скальператорного типу різних моделей і продуктивності. У залежності від призначення і місця установки технологічний процес у даних машинах протікає по одній з п'яти розглянутих вище схем.

Фірма «АБ Лінді Машинер» (Швеція) випускає модель **однобарабанного скальператора типу С400D**, що працює по першій схемі (Рис. 1.8). Зернова суміш після комбайна відразу надходить у скальператор. Через регульовану живильну

заслінку й обертовий валик вона рівномірно подається на ситовій циліндричний барабан. Основна маса зерна провалюється через ситовій барабан. Далі зерно надходить у канал, де пронизується повітряним потоком. Легкі домішки виносяться з зерна вентилятором і направляються або в атмосферу, або в циклон. Сход з циліндричного обертового барабана – великі і грубі домішки органічного і мінерального походження. Через окремий патрубок вони виводяться з машини. Продуктивність на пшениці після комбайна 20-30 т/год.

Особливість даної моделі — відсутність осадової камери і компонування машини різними вентиляторами, у залежності від вихідної засміченості зерна легкими домішками. Крім того, на цих машинах можна поділяти вихідне зерно на дрібне і велике при відповідному їхньому застосуванні в технологічному процесі післязбиральної обробки й очищення рису-зерна.

Для первинного очищення рису-зерна безпосередньо після комбайна **західногерманська фірма «Шуле» випускає двохбарабанну скальператорну машину**. Ця машина може бути встановлена як перед зерносушарками, так і перед машинами, що сепарують, для видалення з зернової маси дрібних, великих і легких домішок, що відрізняються від рису-зерна розмірами, щільністю.

Машина складається з двох обертових барабанів, що покриті сталеву дротяною сіткою. Зерно рівномірно розподіляється по всій ширині верхнього барабана товстим шаром. Дрібні домішки (пісок, насіння дикоростучих рослин і т.д.), занурюючись в шарі зерна, провалюються через сито першого барабана, а зерно з великими домішками (солома, листи, мінеральна домішка і т.д.) розподіляється тонким шаром по всій ширині другого барабана. При відповідному куті повороту заслінки виділяються легкі домішки, що осідають в осадовій камері і виводяться з неї шнеком. Інтенсивність повітряного потоку в машині регулюється.

Скальператори, що працюють за схемою 4 (Рис. 1.8) і, що мають два барабани, – один основний, другий контрольний, випускають різні фірми, зокрема «Саймон Картер» (США), «Симон» (Англія), «Шуле» (ФРН), завод «Маяк» (НРБ) і ін.

## Стационарний ворохоочисник скальператорного типу марки С 1600D

Шведської фірми Ab Linde Maschiner продуктивністю 160 т/год має два паралельно працюючих скальператорних циліндри (Рис. 1.9). [22,23] Після очищення від великих домішок на циліндрах матеріал надходить у два пневмосепаруючих канали, з'єднаних загальною осадовою камерою. Легкі домішки з повітряним потоком відсмоктуються зовнішньою пневмосистемою.

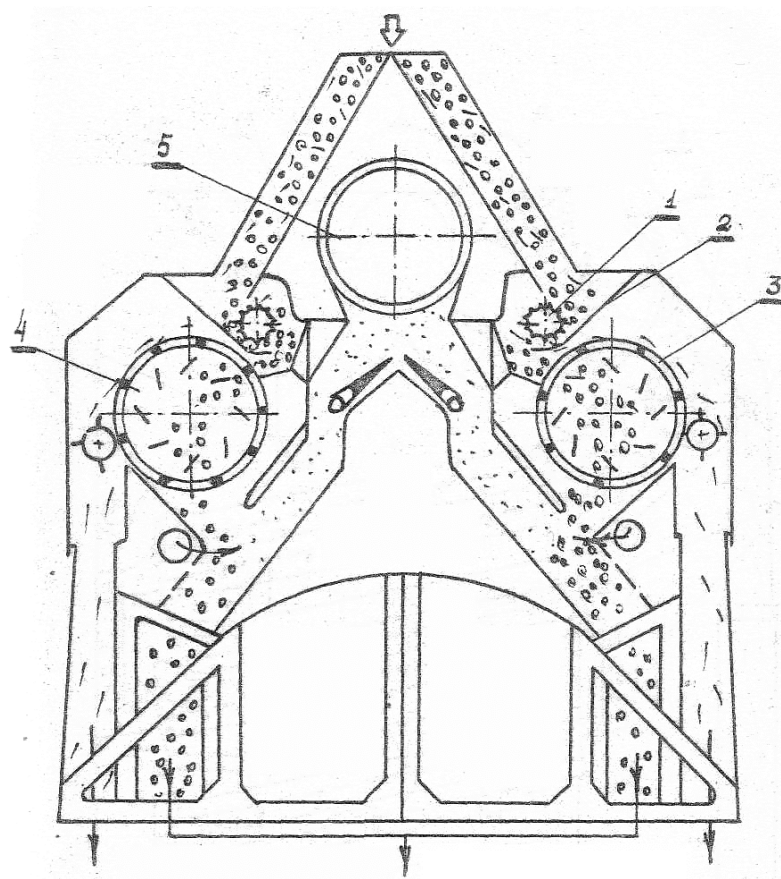


Рисунок 1.9 – Схема скальператора С 1600D (Швеція):

- 1 – живильник; 2 – живильний лоток; 3,4 – ситові барабани;
- 5 – барабан усмоктувача.

У спільних розробках ТДАТА та Санкт-петербурзького державного аграрного університету був розроблений новий **сепаратор для попередньої очистки зерна** (Рис. 1.10). [24]

Установка працює в такий спосіб. Зернова купа з бункера 1 через регульований заслінкою отвір надходить на повітророзподільну перегородку, по

якій під дією струменів повітря переміщається до лотка-інтенсифікатора 4 і циліндричному решету 5.

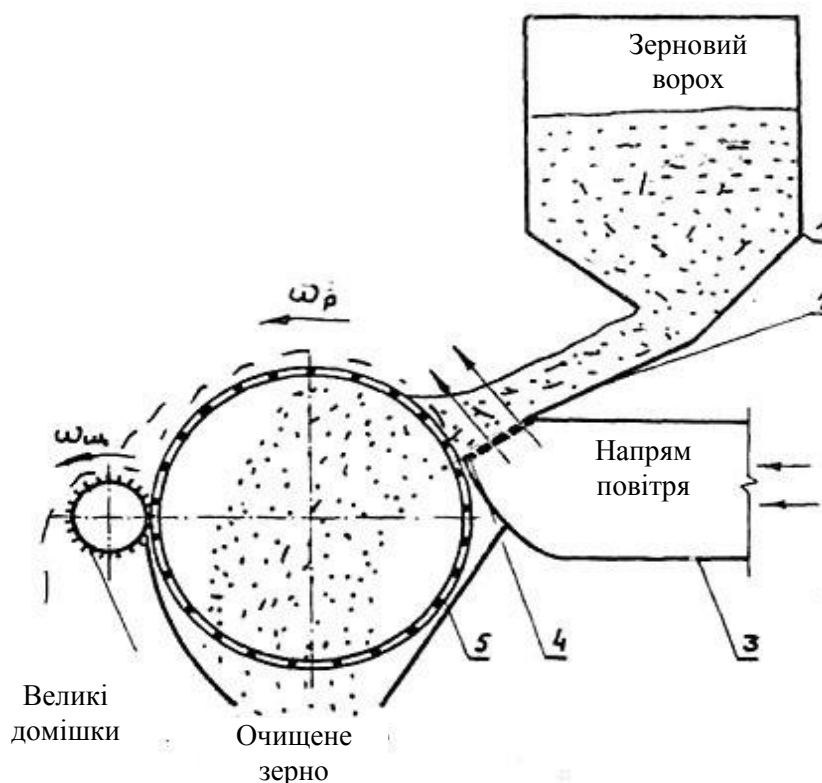


Рисунок 1.10 – Схема пристрою для очищення зернового вороху від великих домішок:

- 1 – бункер; 2 – живильник; 3 – повітряроздаючий канал;
- 4 – лоток-інтенсифікатор; 5 – решето; 6 – щітка.

В міру переміщення зернового матеріалу по аероживильнику відбувається сепарація купи. Пил і легкі домішки виділяються повітряним потоком і направляються до випускного патрубку в інерційний пилевіддільник. Соломісті частки спливають, переміщуються у верхній шар зернового матеріалу. Зернова купа надходить на лоток-інтенсифікатор, де різко інтенсифікуються процеси сегрегації, повітряної сепарації і поліпшується орієнтація часток, що проходять крізь поверхню циліндричного решета. Соломісті частки, що спливли й інші великі домішки виділяються решетом 5 і йдуть у схід, а збагачений очищений зерновий матеріал провалюється крізь поверхню решітного сепаратора. При подачі псевдозрідженого

зернового матеріалу на поверхню решета його питома продуктивність збільшується в 2 ... 2,5 рази. [25,26]

Виділені фракції виводяться з установки через перекидні клапани й інерційний пилевіддільник.

Циліндричні решета з зовнішньою робочою поверхнею прості по конструкції, мають високу продуктивність і технічну надійність, зручністю очищення отворів решіт, характеризуються відсутністю інерційних навантажень. При обробці вологої купи менше знижують продуктивність і менш травмують зерно.

Машина попереднього очищення МВР-7 (МПУ-70) виконує попереднє очищення вороху сільськогосподарських рослин зернових, зернобобових, технічних та олійних культур від легких, дрібних і великих домішок, відокремлюваних сітчастим барабаном-скальператором, повітряним потоком і на решетах в технологічних лініях підготовки продовольчого та непродовольчого зерна. Недоліком є розімкнута повітряна система [2].

**Ситовий зерноочисний сепаратор попереднього очищення Ruberg**, тип RVS 100 (Німеччина) (рис. 1.11) [2] призначений для попереднього і основного очищення зернових, бобових і олійних культур.

Для очищення використовуються кругові рухи сит. Зерноочисник змонтований на сталевій рамі, а корпус самого очищувача підвішений на канатах зі скловолокна.



Рисунок 1.11 – Сепаратор ситовий зерноочисний попереднього очищення Ruberg, тип RVS 100 [2]

Основне обладнання являє собою набір сит. Є 2 сита попереднього очищення (3,00 м<sup>2</sup>), 5 сит для основної очищення ( 7,5 м<sup>2</sup> ) і 5 сит для очищення від піску (7,5 м<sup>2</sup>). Ці сита для піску в основному використовуються на комбикормових заводах, а також для безперебійної очищення пшениці та ріпаку. Для очищення сит, використовуються гумові кульки, поміщені під кожним ситом. Зерноочисник працює з рециркуляцією повітря. 90% повітря використовується повторно і лише 10 % направляється на очистку.

**Комплексний барабанний сепаратор КБС „КМЗ”** (Україна, м. Карлівка) (рис. 1.12) призначений для очищення всіх видів зернових, зернобобових, соняшника, кукурудзи, круп'яних культур різної вологості та засміченості. КБС може виконувати функції скальператора (попереднє очищення) та сепаратора (первинне і вторинне очищення) [2].

Принцип дії оснований на послідовному очищенні зерна від сторонніх домішок на барабані, що обертається повільно та дещо нахиленому до горизонту. Матеріал очищується повітрям від легких домішок, які виводить шнек. Попередньо очищений повітрям продукт, в залежності від технологічної схеми, чи подається на барабан, чи виводиться з машини. Продукт, рухаючись по внутрішній поверхні решіт, послідовно звільняється від тих домішок, що виділено пробивними решетами. Барабан повільно обертається, швидкість обертання та кут нахилу повільно змінюються. Решета є швидкозмінними. Очищене на сепараторі зерно поступає на подальший обробіток.

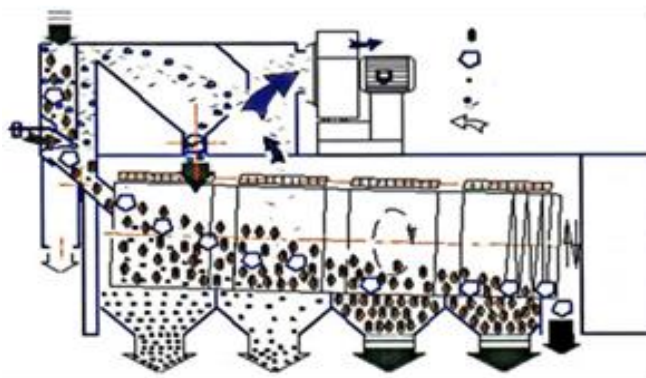


Рисунок 1.12 – Схема технологічна процесу комплексного барабанного сепаратора КБС «КМЗ» [2]

**Зерноочисник ОЗМ-20** (рис. 1.13) призначений для попереднього двоступеневого очищення зерна (пшениця, овес, ячмінь, кукурудза, насіння соняшнику) від грубих і великих сторонніх і соломистого домішок з метою доведення вмісту домішок в заготовляв зерні до базисних кондицій і запобігання від засмічення наступних приймально-розподільчих пристроїв.



Рисунок 1.13 – Зерноочисник ОЗМ-20 [2].

Зерноочисник відноситься до мобільних технічних засобів і не використовується в поточній технології післязбиральної обробки зерна.

## **1.2. Існуючі аспекти підвищення ефективності процесу попередньої очистки зерна**

Використовувані ворохоочисники з плоско-решітними сепараторами і вертикальними повітряними каналами мають обмежену питому продуктивність, що помітно знижується при обробці вологої зернової купи. При цьому, великі частки, що засмічують, залипають і застряють в отворах решіт. Повітряне очищення теж працює неефективно, тому що зі збільшенням вологості зернового матеріалу, що надходить, зменшуються розходження аеродинамічних властивостей зерна і засмітників. Крім того, зі збільшенням подачі зернової купи якість повітряної сепарації у вертикальних аспираційних каналах різко погіршується. [2]. Сепаратори, які застосовуються, характеризуються, як правило, наявністю швидкорухаючихся,



або коливаються вузлів і деталей, що зменшує їхню довговічність і надійність у роботі.

Питома продуктивність цих машин може бути підвищена в основному лише за рахунок збільшення їхніх розмірів.

Подальше підвищення питомої продуктивності машин попереднього очищення зернової купи можливо за рахунок інтенсифікації процесів сепарації на основі застосування нових методів і засобів обробки.

Розглянемо недоліки та проаналізуємо можливі аспекти підвищення ефективності попередньої очистки основних конструкцій машин розглянутих у пункті 1.1.2.

Машина ЗД-10.000 не є перспективною. Машина не має решіт для видалення дрібних домішок та має велику енергоємність, низьку питому продуктивність, до того ж при підвищенні вологості зернового вороху продуктивність машини різко падає.

Принципово нова конструкція машини СЗГ-25 має переваги перед іншими, але за відсутністю даних по її випробуванню ми не маємо змоги повністю аналізувати її.

Перспективною являється гравітаційний сепаратор з конічною робочою поверхнею, але має складну конструкцію, велику енергоємність. Використання центробіжних сил погано відображається на властивостях зерна: зерно травмується, таке зерно не є придатним для посіву. Також, конструкцією не передбачено видалення великих домішок.

До числа перспективних робочих органів відносяться циліндричні решета з внутрішньою робочою поверхнею: горизонтальні і вертикальні циліндричні вібровідцентрові решета. У порівнянні з плоскими коливними вони володіють рядом переваг: простота механізму привода, відсутність знакоперемінних інерційних сил, більш висока якість поділу і більш висока інтенсивність просівання.

Однак, циліндричні решета з внутрішньою робочою поверхнею високоефективно працюють при вологості зернового матеріалу до 17% і не знаходять застосування для попереднього очищення свіжеприбраного зернового

вороха підвищеної вологості, мають складну конструкцію решета. Також недоцільно використовувати для очищення зерна на насінні цілі (обрушення насіння, руйнування зародка) [26].

Для підвищення питомої продуктивності пневмосепараторів використовують принцип пневмоінерційного поділу зернових сумішей.

Експериментальні і теоретичні дослідження сепарації дрібної купи за схемою протитока свідчать про те, що застосування зустрічного потоку, у порівнянні з іншими схемами сепарації, забезпечують найбільшу повноту поділу при найменших енерговитратах для створення необхідного напору повітряного потоку.

Для створення високопродуктивного очищення зернозбирального комбайна і стаціонарного ворохоочисника використовують пневмовідцентрові сепаратори, у яких повітряний потік разом з купою розкручується у високошвидкісний потік, що обертається навколо вертикальної або горизонтальної осі корпусу сепаратора.

Використання високопродуктивних пневмосепараторів як машини попереднього очищення можливо тільки при їхній спільній роботі з решітними поверхнями. За допомогою одного повітряного потоку з зернової купи неможливо виділити камені, грудочки землі, великі частини рослинних залишків, відсутня можливість поділу зерна по геометричних параметрах.

Підвищення питомої продуктивності машин попередньої очистки досягають використанням скальператорів – циліндричних решіт з зовнішньою робочою поверхнею і решіт транспортерного типу.

Перевірка в виробничих умовах показала, що питома продуктивність циліндричного решета з зовнішньою робочою поверхнею при діаметрі барабана 400 мм досягає 2,5 т/год·дм. З підвищенням діаметра барабана до 600 мм питома продуктивність підвищується до 3,2 т/год·дм і, при здвоєній послідовній і паралельній роботі двох барабанів – до 5,3 т/год·дм [26].

Прикладом машини з циліндричними решетами з зовнішньою робочою поверхнею є Шведська машина С1600D, але в цій машині відсутня можливість створення рівномірного повітряного потоку.

Більш високу продуктивність показують робочі органи у виді решета транспортерного типу, у яких, у порівнянні з циліндричними решетами, у кілька разів збільшена зона сепарації за рахунок збільшення довжини робочої поверхні. З застосуванням вібрації верхньої прямолінійної області решета його питома продуктивність досягає 4,5 т/год·дм. Прикладом такої машини служить машина попереднього очищення МПО-50.

Циліндричні решета з зовнішньою робочою поверхнею прості по конструкції, мають високу продуктивність і технічну надійність, зручністю очищення отворів решіт, характеризуються відсутністю інерційних навантажень, що діють на раму машини і несучі конструкції будинків. При обробці вологої купи менше знижують продуктивність і менше травмують зерно, однак питома продуктивність них також обмежена. Застосування робочого органа транспортерного типу дозволяє значно підвищити питому продуктивність ворохоочисників, але, зі збільшенням зони сепарації підвищується імовірність проходу виділених великих домішок в очищене зерно. Вони більш складні по пристрою і мають великі габарити і меншу технічну надійність у порівнянні з циліндричними решетами.

Ряд дослідницьких робіт, присвячених вивченню процесу сепарування зернових матеріалів у псевдозрідженому шарі, указує, що очевидні достоїнства цього способу сепарування полягають у значному збільшенні експозиції обробки, рівномірності поля швидкостей повітряного потоку по перетині каналу, зниженні витрати повітря, простоті конструкції і малої металоємності. Також дослідження показали, що подача зернової купи в псевдожиженому стані на циліндричне решето з зовнішньою робочою поверхнею в 2 – 2,5 рази збільшує питому продуктивність циліндричних решіт, що підтверджує доцільність подальшого удосконалення їх робочого процесу з метою підвищення ефективності попередньої очистки зерна. [2, 3, 4].

На аркушах 1,2 формату А4 представлено схеми технологічні засобів попередньої очистки зерна.

### **1.3. Постановка задач дослідження**

Пневмосепаратори, що випускаються промисловістю, не справляються з попереднім очищенням засміченого, особливо вологого зернового вороха.

Крім того, використання індустріально-потоківих прийомів післязбиральної обробки зерна висуває задачі підвищення продуктивності машин попереднього очищення, зниження питомої металоємності й енергоємності, а також поліпшення якісних показників робочого процесу. Найбільш ефективного збільшення питомої продуктивності машин варто очікувати по шляху інтенсифікації процесу очищення за рахунок використання нових методів і засобів поділу зернового матеріалу.

Вищенаведений аналіз методів та засобів попереднього очищення зерна дозволяє вважати найбільш перспективними для обробки зернової купи підвищеної вологості комбіновані робочі органи, створені на основі пневмогратових сепараторів скальператорного типу.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу попереднього очищення зерна сільськогосподарських культур в умовах півдня України шляхом введення в робочий процес циліндричного решета із зовнішньою робочою поверхнею псевдозрідженого шару зернового матеріалу та діаметрально пронизуючого повітряного потоку.

Виходячи з усього вищевикладеного й у відповідність з поставленою метою, були визначені наступні задачі:

1. Удосконалити технологічну схему роботи циліндричного решета з зовнішньою робочою поверхнею.

2. Визначити основні фактори, що впливають на робочий процес пневморешітного сепаратора і підготуватись до проведення досліджень методами планування експерименту.

3. Визначити економічну ефективність застосування напрямку підвищення ефективності попередньої очистки зерна.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА СКАЛЬПЕРАТОРНОГО ТИПУ

#### **2.1. Визначення факторів і параметрів процесу попередньої очистки зерна сільськогосподарських культур**

2.1.1 Устрій та технологічний процес роботи пневморешітного сепаратора скальператорного типу.

Найвні теоретичні дослідження і конструктивні рішення використання циліндричних решіт із зовнішньою робочою поверхнею як робочого органу у зерноочисних машинах за рубежом і в нас у країні сприяли розробці схеми технологічного процесу і визначенню основних параметрів робочого органа для очищення засміченого зернового вороху, однак вирішальне значення на підвищення продуктивності скальператора зробила робоча гіпотеза Михайлова Е.В. [18], відповідно до якої ефективність робочого процесу очищення зерна циліндричним решетом із зовнішньою робочою поверхнею представляється можливим збільшити за рахунок включення в схему робочого органа організованого повітряного потоку, що дозволить:

- збагатити шар зернової купи до надходження на решітний сепаратор;
- створить умови для безперервного і рівномірного надходження зернового вороху з визначеною швидкістю до робочої поверхні сепаратора;
- забезпечить аеропульсуючий вплив псевдозрідженого зернового матеріалу з поверхнею решета.

Схема робочого процесу представлена на Рис. 2.1.

Сепаратор містить завантажувальний пристрій 6 із заслінкою 5; аероживильник, що складається з повітророздаючого каналу 2, лотка-інтенсифікатора 3, жалюзійного повітророзподільника, установлених під кутом до горизонтального циліндричного решета 7, що має збірники фракцій 10.

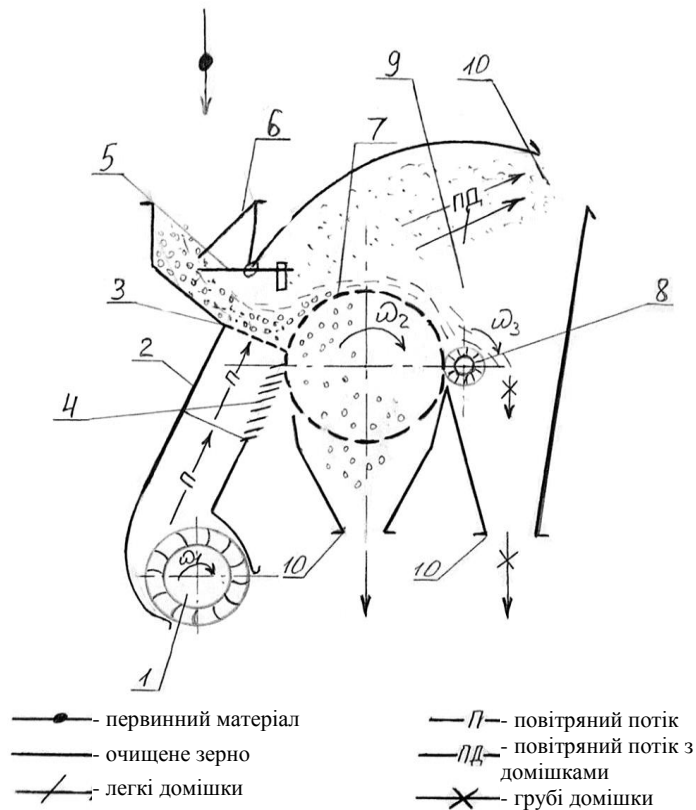


Рисунок 2.1 – Схема технологічна пневморешітного сепаратора:

1 – діаметральний вентилятор; 2 – повітророздаючий канал; 3 – лоток-інтенсифікатор; 4 – жалюзійний повітророзподільник; 5 – регулююча заслінка; 6 – завантажувальний пристрій; 7 – циліндричне решето; 8 – очисна щітка; 9 – пневмосепаруюча камера; 10 – приймачі.

Лоток-інтенсифікатор 3 має перфоровану поверхню, а жалюзійний повітророзподільник має можливість змінювати кут нахилу жалюзі. Сепаратор має пневмосепаруючу камеру 9 у якій відбувається поділ домішок. Повітророздаючий канал 2 підключений до вентилятора 1. Позаду циліндричного решета 6 встановлена очисна щітка 8.

Робочий процес сепаратора виконується в такий спосіб: зерновий ворох через регульований заслінкою 5 отвір надходить до лотка-інтенсифікатора 3 і циліндричного решета 7. В міру переміщення зернового матеріалу по лотку-інтенсифікатору 3 відбувається сегрегація фракційного складу і ворох переходить у псевдоожигений стан. Соломісті частки переміщуються у верхній шар зернового матеріалу, поліпшується орієнтація часток, що проходять крізь поверхню

циліндричного решета 7. Підвищення рівномірності зрідження і порозності зернового матеріалу сприяє зменшенню коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя часток; взаємодія решітної поверхні горизонтального циліндричного решета 7 з рухливим шаром псевдозрідженого матеріалу приводить його в аеропульсуючий стан за рахунок сукупного циліндричного впливу перемичок решета і спрямованих струменів повітря, що виходять із щілин лотка-інтенсифікатора 3. Це відбувається внаслідок того, що в зоні лотка псевдозріджений шар надходить до циліндричного решета 7 з визначеною швидкістю. При цьому через визначені інтервали часу на шар впливає черговий струмінь повітря з частотою, обумовленої середньої швидкості переміщення шару до решета і відстанню між щілинами лотка (тобто матеріал знаходиться в псевдозрідженому стані і піддається аеропульсаціям).

Крім того, горизонтальні перемички решета вдаряють по одиничних зернах, що передають цей імпульс іншим зернам, а також впливають на спрямовані струмені повітря, що виходять із щілин лотка, з частотою обумовленою окружною швидкістю циліндричного решета і відстанню між горизонтальними перемичками (рівним довжині комірки).

При цьому значно збільшується продуктивність циліндричного решета 7 і ефективність виділення бур'янистих домішок.

Соломисті частки, що спливли й інші великі домішки виділяються циліндричним решетом 7 і йдуть в схід, а збагачений очищений зерновий матеріал провалюється крізь циліндричне решето. Струмені повітряного потоку, що виходять через повітророзподільні жалюзі 4 впливають на, зерновий матеріал, що надходить у внутрішню порожнину циліндричного решета 7, у результаті чого частина повітровідокремлюємих домішок виноситься з робочої зони решітного сепаратора і надходить у відходи, що помітно поліпшує якість очищення. Далі зерно проходить у приймач 10. Застряглі в решітній поверхні домішки віддаляються очисною щіткою 8. Пристрій конструктивно простий і не має вібруючих або коливних вузлів і деталей (за винятком тихохідного циліндричного решета), що контактують із зерною сумішшю, при цьому створюються умови найменшого травмування зернового вороху, що очищається, (особливо підвищеної вологості).

Схема технологічна пневморешітного сепаратора представлена на аркуші 3 формату А4.

2.1.2. Фактори і параметри процесу роботи пневморешітного сепаратора скальператорного типу.

Проведений аналіз дозволяє виділити основні технологічні, кінематичні і конструктивні параметри досліджуваного процесу.

Кінематичний режим роботи ворохоочисника визначається виходячи з радіуса і кутової швидкості циліндричного решета  $\omega_p$  і очисної щітки  $\omega_{щ}$  (Рис. 2.2в).

Для переводу зернового матеріалу в псевдожижений стан під лоток-інтенсифікатор подається стиснене повітря при визначеній подачі  $Q$  і тиску  $P$  повітряного потоку. При цьому зернова суміш надходить до решета із середньою швидкістю  $V_c$ . Над шаром, що рухається, у зоні лотка-інтенсифікатора віднесення бур'янистих домішок, а також утрати повноцінного зерна у відходи визначається максимальною швидкістю  $V_v$  повітряного потоку в сепараційній камері.

Поверхня лотка-інтенсифікатора нахилена до горизонталі під кутом  $\alpha_l$  (рис. 2.2а), при цьому положення його щодо циліндричного решета з радіусом  $R$  визначається кутом подачі  $\beta_a$  установки нижнього кінця лотка. Нижній ряд зерен ковзає по поверхні лотка і надходить на поверхню циліндра в крапку А; верхній ряд зерен надходить на поверхню циліндра в крапку В, обумовлену кутом подачі  $\beta_{об}$ . Положення очисної щітки щодо горизонтального діаметра решета фіксується при значеннях кута  $\beta_{щ}$ .

На напрямок і інтенсивність руху струменів повітря минаючих через жалюзі зі швидкістю  $V_{ж}$  у внутрішню порожнину барабана впливають параметри (Рис. 2.2в): кут нахилу жалюзійної перегородки щодо горизонталі  $\delta_1$ , кут нахилу стулок жалюзі до горизонталі  $\delta_2$ , ширина прохідного перетину  $b_{ж}$ , тиск повітря  $P$ .



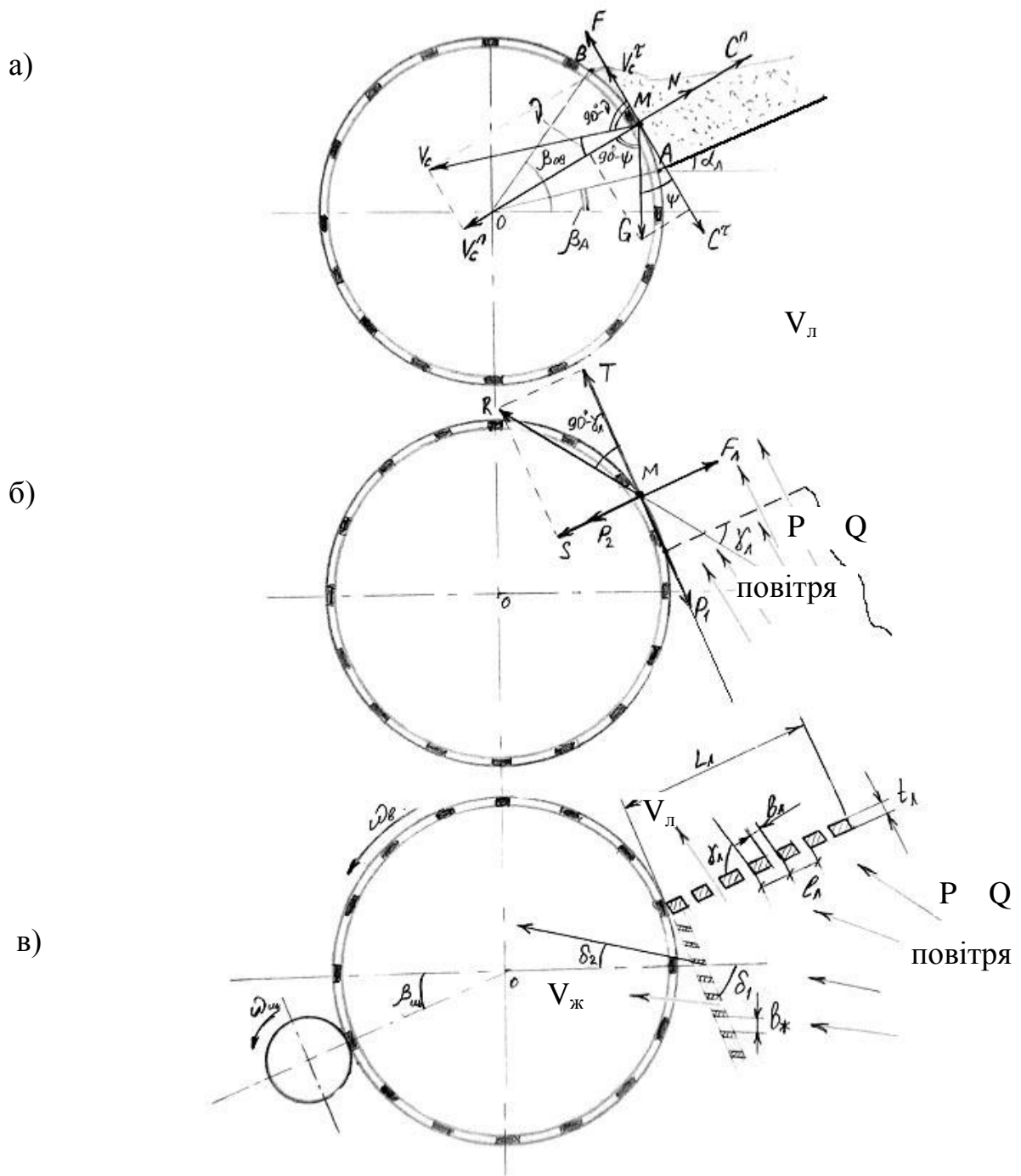


Рисунок 2.2 – Розрахункові схеми до сумісної роботи циліндричного решета та повітряного потоку:

- а) схема сил, діючих на зерно без впливу повітря;
- б) схема сил, діючих при впливі повітря на зерно крізь лоток-інтенсифікатор;
- в) схема при подачі повітря до лотка-інтенсифікатора та жалюзійного розподільвача та їх параметри.

До конструктивних параметрів лотка-інтенсифікатора відносяться (Рис. 2.2в):  $L_{\text{л}}$  – довжина,  $t_{\text{л}}$  – товщина,  $\gamma_{\text{л}}$  - кут виходу струменів повітря з щілини,  $b_{\text{л}}$  - ширина щілини,  $l_{\text{л}}$  - відстань між щілинами (крок).

На процес сепарації у пневморешітному сепараторі впливають також: тип, форма і розміри комірок решітній поверхні; діаметр циліндричного решета; ширина робочої зони сепаратора; форма і розміри сепараційної камери; матеріал повітропроникних і решітній поверхні; час обробки.

При псевдозрідженні зернових сумішей на процес розшарування і сепарації впливають фізико-механічні властивості вихідного матеріалу; сипкість; натура; засміченість; вологість; коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя часток; розходження компонентів по розмірах; співвідношення кількості легких, дрібних і великих домішок; розходження компонентів за формою, станом поверхні, щільності, аеродинамічними властивостями, пружності.

Аналізуючи умови переходу зернового потоку з лотка-інтенсифікатора на циліндричне решето (Рис. 2.2) приймемо наступні допущення:

- опір повітря відсутній;
- взаємодія часток, що надійшли на поверхню лотка і ЦР, не враховується;
- частки зернового матеріалу є абсолютно твердими тілами;
- розглядаємо частки як матеріальні точки при їхньому відносному русі по поверхні решета;
- коефіцієнт тертя точки об поверхню барабана постійний і не залежить від швидкості її руху і тиску;
- швидкість виходу струменів повітря з отворів лотка-інтенсифікатора постійна по довжині і ширині лотка;
- рух зернової суміші по поверхні лотка-інтенсифікатора здійснюється з рівномірним розподілом матеріалу по довжині і ширині лотка, висоті шару і з постійною порізністю;
- частка рухається по зовнішній поверхні циліндра з відставанням.

При цьому на крапку  $M$  буде діяти сила ваги  $G$  нормальна реакція поверхні  $N$ , сила тертя  $F$ , тангенціальна сила інерції  $C^{\tau}$  і нормальна сила інерції  $C^n$ .

Просіванню зернівок через поверхню циліндричного решета сприяє швидкість шару  $V_c$  зернового матеріалу, що розкладається на дві складові – нормальну  $V_c^n$ , спрямовану по радіусі усередину циліндра, і тангенціальну  $V_c^t$ .

При влученні часток у зону смолоскипа струменя повітря, що виходить із щілини лотка-інтенсифікатора зі швидкістю  $V_{л}$ , на шар зерна будуть діяти (рис. 2.2 б):  $R$  – сила впливу повітряного потоку;  $S$  – складова сили  $R$  на переміщення зернового шару;  $T$  – складова сили  $R$  на псевдозрідженого матеріалу;  $F_n$  – сила тертя шару зерна об бічні стінки лотка;  $P_1$  – сила нормального тиску шару зерна на поверхню лотка;  $P_2$  – гравітаційна складова на переміщення шару матеріалу.

У результаті отриманої апріорної інформації, вивчення літературних джерел можна припустити, що класичний математичний опис розглянутого процесу представляє велику складність через велику кількість, як внутрішніх, так і зовнішніх сил, що діють на зерновий матеріал при різних етапах її проходження по робочому органі.

Якщо врахувати, що багато вхідних параметрів є випадковими в ймовірностно-статистичному змісті, то і модель функціонування досліджуваного очисника вороху виявляється досить складної для аналізу, синтезу й оптимізації технологічного процесу попереднього очищення зерна.

Тому користуючись даними досліджень [3,26] було виділено 8 факторів:

- подача повітря  $x_1$ , м<sup>3</sup>/с;
- подача зернового матеріалу  $x_2$ , кг/с;
- коефіцієнт живого перетину лотка-інтенсифікатора  $x_3$ , %;
- кут повороту лотка-інтенсифікатора щодо горизонталі  $x_4$ , град;
- кут виходу струменів повітря з щілин лотка-інтенсифікатора  $x_5$ , град;
- кут нахилу жалюзійної перегородки щодо горизонталі  $x_6$ , град;
- кут нахилу стулок жалюзі до горизонталі  $x_7$ , град;
- коефіцієнт живого перетину жалюзійного повітророзподільника  $x_8$ , %.

Як критерії оптимізації приймали:

- питому продуктивність  $y_1$ , т/(дм·год);

- втрати повноцінного зерна у відходи  $u_2$ , %;
- повнота виділення бур'янистої домішки  $u_3$ , %.

Приймаємо основні параметри і режими роботи експериментального пневморешітного сепаратора посилаючись на наукові праці.

Аблогін М. М. [24] довів, що сепарація зерна на дузі АВ решітного барабана не залежить від діаметру решета. А збільшення діаметра решета більш 600 мм є недоцільним.

Проведені досліді і експерименти Михайлова Є. В. [1-3,18,26] дають змогу прийняти оптимальні значення параметрів дослідної схеми сепаратора.

Основні параметри і режими роботи приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Основні параметри і режими роботи пневморешітного сепаратора

№	Параметри	Одиниці виміру	Значення
1	Діаметр циліндричного решета	мм	400
2	Ширина циліндричного решета	мм	200
3	Тип решета		плетене
4	Розмір комірки решета	мм	15x15
5	Частота обертання решета	хв <sup>-1</sup>	33...35
6	Діаметр очисної щітки	мм	100
7	Кут нахилу очисної щітки	град	15
8	Частота обертання очисної щітки	хв <sup>-1</sup>	158...168
9	Довжина лотка-інтенсифікатора	мм	80
10	Повний тиск повітряного потоку	Па	600...700

Схема дії сил, параметрів та режимів роботи пневморешітного сепаратора наведена на аркуші 4 формату А4.

## **2.2. Вивчення процесу попередньої очистки зерна методами планування експерименту**

Від вибору рівнів варіювання залежить надалі значимість обраного фактора, тобто може виявитися так, що важливий по значимості фактор по розрахунках може не робити ніякого впливу на процес, якщо рівні варіювання були визначені невірні. Це може привести до того, що побудована модель процесу буде неточно описувати процес.

Підвищення подачі повітря  $P$  (рис. 2.2 б), як і коефіцієнт живого перетину лотка-інтенсифікатора добре відображається на продуктивності і якості очищення. Повітря пронизує верхній шар циліндричного решета, унаслідок чого крупні домішки, які виділились знаходять рухомість, а зерно, яке застрягло між ними має змогу провалитися. Але подальше підвищення подачі повітря призводить до підвищення неоднорідності псевдозрідженого шару, внаслідок чого втрати підвищуються, а продуктивність погіршується.

Зменшена подача зернового матеріалу буде підвищувати якість очистки, але продуктивність буде знижена. При занадто підвищеній подачі багато повноцінного зерна буде попадати до відходів.

Збільшення кута повороту лотка-інтенсифікатора  $\alpha_n$  рис. 2.2а сприяє підвищенню питомої продуктивності, внаслідок підвищення радіальної складової швидкості нижнього шару зерна. Але при занадто великих кутах не буде нормального процесу псевдозрідження шару вороха.

Коефіцієнт живого перетину та кути нахилу жалюзійного повітророзподільника також можуть по різному впливати на процес очищення. Великий потік повітря всередині циліндричного решета може виносити частину повноцінного зерна до відходів, а також знижувати продуктивність.

Для процесу попереднього очищення вороху циліндричним решетом з зовнішньою робочою поверхнею, були обрані рівні варіювання факторів, вони приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Рівні варіювання факторів

Позначення факторів	Найменування факторів	Од. вим.	Рівні варіювання факторів	
			нижній	верхній
X <sub>1</sub>	Подача повітря	м <sup>3</sup> /с	0,40	0,50
X <sub>2</sub>	Подача зернового матеріалу	кг/с	6	9
X <sub>3</sub>	Коефіцієнт живого перетину лотка-інтенсифікатора	%	37	47
X <sub>4</sub>	Кут повороту лотка-інтенсифікатора щодо горизонталі	град	15	35
X <sub>5</sub>	Кут виходу струменів повітря з щілин лотка-інтенсифікатора	град	60	80
X <sub>6</sub>	Кут нахилу жалюзійної перегородки щодо горизонталі	град	55	75
X <sub>7</sub>	Кут нахилу стулок жалюзі до горизонталі	град	20	45
X <sub>8</sub>	Коефіцієнт живого перетину жалюзійного повітророзподільника	%	12	22

З метою скорочення загального обсягу дослідів ставимо експеримент з відсіювання. Матрицю планування експерименту з відсіювання із восьми факторів будемо шляхом змішування систематичних дробових реплік від повного факторного експерименту  $2^8$ . [26, 27].

Рівняння моделі, що описує вплив факторів на критерій оптимізації “питома продуктивність”.

$$y_1 = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_5 X_5 + B_6 X_6 + B_7 X_7 + B_8 X_8 \quad (2.1)$$

Рівняння моделі, що описує вплив факторів на критерій оптимізації “втрати повноцінного зерна і відходи”.

$$y_2 = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_5 X_5 + B_6 X_6 + B_7 X_7 + B_8 X_8 \quad (2.2)$$

Рівняння моделі, що описує вплив факторів на критерій оптимізації “повнота видалення бур’янистої домішки”.

$$y_3 = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_5 X_5 + B_6 X_6 + B_7 X_7 + B_8 X_8 \quad (2.3)$$

де  $B_0, B_1, \dots, B_8$  – коефіцієнти полінома.

Розраховуємо коефіцієнти регресії.

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}_u}{N} \quad (2.4)$$

де  $\bar{y}_u$  – середнє значення відгуку, в  $u$ -му рядку матриці плану;

$N$  – кількість дослідів.

$$B_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_i}{N} \quad (2.5)$$

де  $i = 1, 2, \dots, k$ ;

$k$  – кількість факторів;

$x_{iu}$  – значення  $i$ -го фактору в  $u$ -му рядку матриці плану.

Коефіцієнти регресії значимі, якщо їх абсолютне значення вище величини довірительного інтервалу  $\Delta b_i$ , який знаходиться по формулі:

$$\pm \Delta b_i = \pm t S_{b_i} \quad (2.6)$$

де  $t$  – табличне значення критерію Стюдента;

$S_{b_i}$  - середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів регресії.

$$S_{b_i} = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{N \cdot m}} \quad (2.7)$$

де  $m$  – кількість паралельних дослідів.

Для перевірки гіпотези об адекватності представлення результатів дослідів лінійним рівнянням вираховується критерій Фішера:

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_y^2} \quad (2.8)$$

де  $S_{LF}^2$  – дисперсія неадекватності математичної моделі;

$S_y^2$  – дисперсія помилки дослідів.

Дисперсія неадекватності обчислюється по формулі



$$S_{LF}^2 = \frac{m \sum_{u=1}^N (y - \bar{y})^2}{N - n - 1} \quad (2.9)$$

де  $m$  – кількість повторностей;

$N$  – кількість дослідів;

$n$  – кількість факторів;

$y$  – теоретичне значення критерія оптимізації по математичній моделі.

Дисперсія помилки дослідів обчислюється по формулі

$$S_y^2 = \frac{\sum_{m=1}^N \sum_{i=1}^m (y - \bar{y})^2}{N(m-1)} \quad (2.10)$$

Для прийняття гіпотези об адекватності, необхідно щоб

$$F \leq F_{табл}$$

Так як в даній роботі не має можливості провести польові випробування дослідної установки, то приводимо рівняння моделі, що описує вплив факторів на критерій оптимізації у загальному вигляді, з метою продовження вивчення процесу попередньої очистки вороху в майбутньому.

Основні фактори робочого процесу пневморешітного сепаратора наведені на аркуші 5 формату А4.

### 2.3 Висновки до розділу

1. В результаті теоретичних досліджень було розроблено технологічну схему пневморешітного сепаратора з циліндричним решетом і зовнішню робочою поверхнею. Це забезпечує підвищення продуктивності в 2 – 2,5 рази. Використання

в схемі жалюзійного повітророзподільника дозволяє проходити повітря крізь внутрішню порожнину циліндричного решета, що в значній мірі покращує якість очищення вороху. Пристрій конструктивно простий і не має вібруючих або коливних вузлів і деталей (за винятком тихохідного циліндричного решета), що контактують із зерною сумішшю, при цьому створюються умови найменшого травмування зернового вороху, що очищається, (особливо підвищеної вологості).

2. В результаті теоретичного аналізу були визначені фактори і параметри процесу роботи пневморешітного сепаратора скальператорного типу. Було розроблено три схеми: схема сил діючих на зерно без впливу повітря; схема сил діючих при впливі повітря на зерно крізь лоток-інтенсифікатор; схема при подачі повітря до лотка-інтенсифікатора та жалюзійного розподілювача. Проведено аналіз сил, факторів і параметрів. Це дозволило вибрати основні фактори, параметри та режими, які впливають на процес роботи пневморешітного сепаратора. Вибрано три критерії оптимізації: питома продуктивність  $u_1$ , т/(дм·год); втрати повноцінного зерна у відходи  $u_2$ , %; повнота виділення бур'янистої домішки  $u_3$ , %. Вибрано рівні варіювання факторів.

3. Розроблена матриця планування експерименту з відсіювання. Наведена методика розрахунків та отримано три регресійні моделі першого порядку у загальному виді, що може бути використано в подальших проведеннях дослідів та більш детальному вивченні процесу попередньої очистки зерна.

### РОЗДІЛ 3

## СХЕМОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО ОБҐРУНТУВАННЮ ПНЕВМОСЕПАРАЦІЙНИХ СИСТЕМ МАШИН ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

### 3.1 Аналіз конструкцій повітророзподільників пневмосепараційних систем

Найбільш складними елементами сепараційних камер є повітророзподільники, вони призначені в основному для забезпечення рівномірного розподілу повітря [21]. Повітророзподільник являє собою пристрій, який забезпечує однакові або різні витрати і швидкості повітря по довжині та перетинах. Прикладами використання може служити їх застосування в системах віддуву незалежного листа, отриманого при подрібненні стебел, в сепараційних пристроях картоплезбиральних комбайнів, в пневматичних живильниках, встановлюваних замість лопатевих мотопил. Основні вимоги полягають у тому, щоб вони створювали необхідні профілі швидкісних полів і не викликали зайвих гідравлических втрат [21,22].

Рівномірний розподіл повітря може бути забезпечено застосуванням повітророзподільників постійного або змінного перерізу.

Рівномірну роздачу або всмоктування повітря можна здійснити наступними способами [21]:

- зміною ширини щілини або площі отворів по довжині повітряпроводу. Спосіб, забезпечує однакові втрати повітря по довжині щілини або в отворах, але не забезпечує в них однакових швидкостей повітря. Цей спосіб рекомендується при регулюванні повітропроводів;

- збереженням різниці статистичних тисків, постійних по довжині повітропроводу. Спосіб ефективний для коротких повітропроводів, наприклад при влаштуванні повітряно-струменевих укриттів, повітряних завіс і т.п.;

- незначною зміною різниці статичних тисків по довжині повітропроводу. Спосіб треба застосовувати при здійсненні загально-обмінної розосередженої подачі і відсмоктування повітря, наприклад в системах кондиціонування повітря.

- зміною коефіцієнта витрати повітря. Спосіб майже не отримав розвитку

через складність[2].

За конструктивним виконанням повітророзподільники досить різноманітні, це – жалюзі; решета; плафони; сопла; перфоровані та щільні панелі і повітроводи.

В пневмосепаруючих системах ЗОМ найбільш використовуються жалюзійні, щільні та решітні повітророзподільники.

Решітні повітророзподільники можуть бути припливними та витяжними:

- регульованими і нерегульованими;
- круглої, квадратної, прямокутної форми;
- з напрямком потоку припливного повітря в одну, дві, три і чотири сторони.

Регульовані пристрої припливних решіток являють собою наступні види регуляторів :

- регулятор втрат (як правило, багатостулковий клапан) ;
- регулятор характеристик струменя;
- регулятор напрямків (ряд спеціальних жалюзі, що відкриваються в певному напрямку).

Деякі конструкції решіток є універсальними і застосовуються як в припливних, так і у витяжних системах.

Щілинні повітророзподільні пристрої створюють плоскі струменя.

Порівняно з решетами, при однаковій площі випуску повітря, щілинні розподільники повітря формують струмінь з більшою далекобійністю.

Щілинні повітророзподільники бувають припливні і витяжні, нерегульовані і з регулюванням втрат та напрямки випуску повітря, а також сталеві або алюмінієві.

Фасонні частини повітропроводів і обладнання, в яких втрати тиску виникають при зміні швидкості або напрямку руху потоку, називають місцевими опорами  $\zeta$ .

Втрати тиску в місцевих опорах перевершують втрати тиску на терті, зважаючи на це вимагає більшої уваги.

Опір прямокутної припливної шахти з жалюзійними решітками залежить від

їх площі - відносини ширини до висоти і кута розташування жалюзі Коефіцієнт місцевого опору  $\zeta$  при цьому можна визначити за таблицею [2].

Стандартні нерухомі жалюзійні решітки, які використовуються в пневмосепаруючих системах ЗОМ, з скошеними каналами і вертикально зрізаними вхідними краївками (Рис. 3.1) мають коефіцієнт місцевого опору, віднесений до швидкості повітря у трубі.

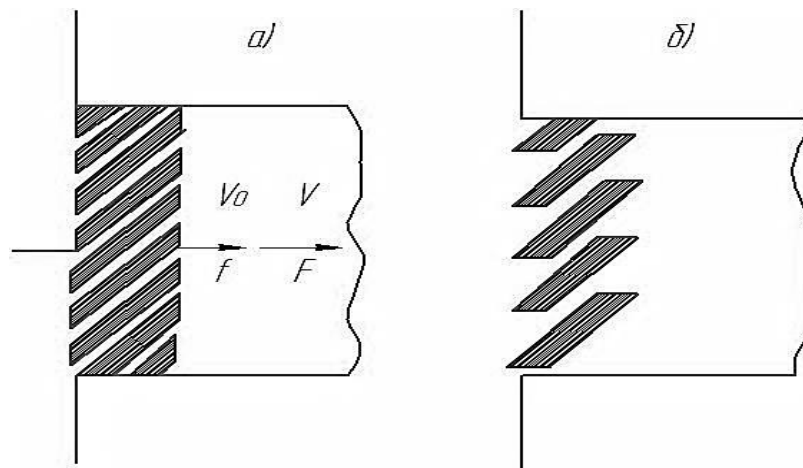


Рисунок 3.1 – Нерухомі жалюзійні решітки [2]:

а – зі скошеними каналами;

б – з горизонтально зрізаними краївками.

Для штампованої жалюзійної решітки з повним відкриттям жалюзі рекомендується  $\zeta = 1,6$ .

Також існують жалюзі різних типів (Рис. 3.2).

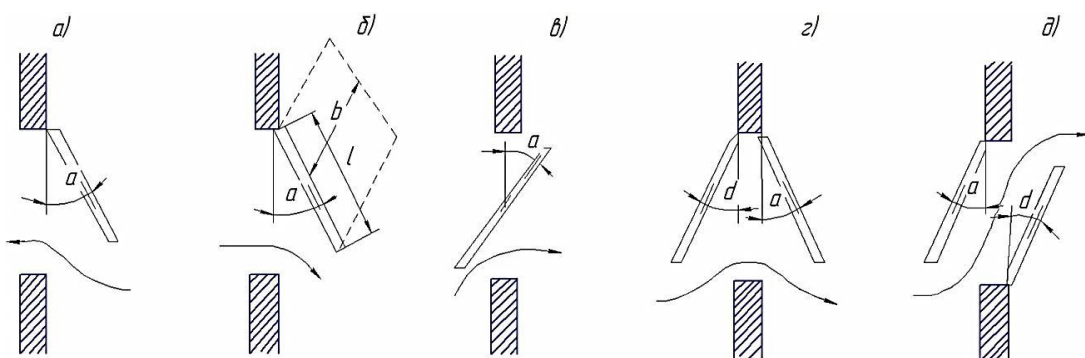


Рисунок 3.2 – Типи рухомих жалюзі [2]:

а і б – одинарні верхньоподвісні; в – одинарні середньоподвісні;

г – подвійні верхньоподвісні; д – подвійні нижне- і верхньоподвісні.

Для жалюзі коефіцієнти місцевих опорів на вході приймаються залежно від відношення довжини стулки до ширини ( $l/b$ ) і від кута розкриття  $\alpha$  [2]. Коефіцієнти місцевих опорів мають зворотну залежність до кута розкриття клапану.

### **3.2 Висновок до розділу**

На підставі аналізу повітророзподільників значний інтерес при обґрунтуванні технологічної схеми пневморешітного сепаратора може бути приділено конструкції жалюзійного повітророзподільника постійного перетину з поздовжньою щілиною змінної ширини, змінного прямокутного поперечного перетину та повітророзподільника постійного перетину з поздовжньою щілиною постійної ширини.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Загальні вимоги нормативних актів щодо управління охороною праці та безпекою у надзвичайних ситуаціях для машини попередньої очистки зерна в умовах зернокомплексу агропідприємства

Головний інженер господарства свою роботу з охорони праці повинен направляти на створення нормативних умов праці для робітників. При цьому він повинен дотримуватись вимог діючого законодавства, стандартів, норм, правил і інструкцій з охорони праці, розпоряджень голови господарства, інженера з охорони праці господарства. В межах посадових обов'язків зобов'язаний [31]:

- забезпечувати здорові та безпечні умови праці для робітників, додержання діючих норм та правил з охорони праці;

- приймати участь в розробці та виконанні заходів по поліпшенню умов та безпеки праці, запобіганню пожеж на виробничих ділянках підпорядкованого підрозділу;

- забезпечувати виконання стандартів, правил, норм, інструкцій та вказівок інженера з охорони праці;

- приймати участь в проведенні атестації та паспортизації санітарно-технічного стану робочих місць, сільгоспмашин та тракторів, які знаходяться у підпорядкуванні;

- зупиняти виконання робіт у випадках виникнення загрози життю або здоров'ю людей;

- не допускати до керування тракторами, комбайнами та іншими сільгоспмашинами осіб, які не досягли необхідного віку, не мають відповідних посвідчень; проводити інструктаж на робочому місці з показом безпечних прийомів праці, про що заносити записи у відповідний журнал;

- слідкувати за своєчасним технічним обслуговуванням, технічним оглядом і випробуванням обладнання, агрегатів, тракторів та сільгоспмашин;

- забезпечувати санітарно-побутове обслуговування працівників підпорядкованого підрозділу відповідно до діючих норм;
- забороняти утримання транспортних засобів поза межами спеціально відведених місць, а також перевезення людей на тракторних причепах;
- приймати участь у розробці інструкцій з охорони праці для робітників;
- приймати участь в організації і проведенні «Дня охорони праці», вести пропаганду безпечних методів праці, забезпечувати робочі місця інструкціями, плакатами з охорони праці, знаками безпеки та ін. засобами;
- постійно здійснювати контроль за станом охорони праці на робочих місцях;
- організовувати першу допомогу потерпілим та доставку їх в лікувальний заклад, інформувати голову ТОВ про нещасні випадки, приймати участь у розслідуванні обставин і причин нещасних випадків, які трапились під час експлуатації обладнання, машин та агрегатів, розробці заходів по їх попередженню [31,32].

## **4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві**

4.2.1 Аналітично-розрахункова частина з питань охорони праці при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі

4.2.1.1. Заходи щодо поліпшення умов і підвищенню охорони праці робітників представлені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Заходи щодо поліпшення умов і підвищенню охорони праці робітників [30]

Найменування заходів	Відповіда льний	Термін виконання	Витрати, грн.	Очікувана ефективність
1	2	3	4	5
<b>Організаційні заходи</b>				
1. Придбання законодавчих актів в області охорони праці, пожежної безпеки, охорони навколишнього середовища	інженер з охорони праці	червень	550	скорочення травматизму



1	2	3	4	5
2. Організація проведення навчання посадових осіб з питань охорони праці	голова ТОВ, інженер з охорони праці	червень		скорочення травматизму
3. Організація проведення усіх видів інструктажу	інженер з охорони праці	вересень		скорочення травматизму
4. Розвісити наочну агітацію в місцях, де найбільш ймовірні випадки травматизму	інженер з охорони праці	вересень	450	скорочення травматизму
5. Підсилити вимоги відповідальних осіб до керівників ділянок по проведенню механізованих робіт.	головний інженер	Протягом року		скорочення травматизму
<b>Забезпечення пожежної безпеки</b>				
1. Обладнати місця для паління	головний інженер	травень	600	попередження пожежі
2. Заборонити заправку техніки з працюючим двигуном	заправник	постійно		попередження пожежі
3. Установити попереджувачі знаки	інженер з ОП	червень	450	попередження пожежі
4. Упорядкувати засоби пожежогасіння	інженер з ОП	липень	1500	підвищення протипожежної безпеки
5. Установити шухляду для піску і заповнити її	завідувач зернотоком	червень	900	підвищення протипожежної безпеки
<b>Забезпечення охорони навколишнього середовища</b>				
1. Провести санітарно-технічне паспортування	головний інженер	серпень		підвищення безпеки
2. Придбати екологічний паспорт	головний інженер	серпень		підвищення безпеки
3. Обладнати систему відводу стічних вод	головний інженер	серпень		підвищення безпеки
<b>Забезпечення безпеки будинків і споруд</b>				

1	2	3	4	5
1. Установити попереджувальні знаки	інженер з ОП	серпень	420	підвищення протипожежної безпеки
2. Обладнати приміщення засобами протипожежного захисту	інженер з ОП	постійно	950	підвищення протипожежної безпеки
Забезпечення безпеки устаткування і машин				
1. Скласти графік проведення робіт з поточних, капітальних і профілактичних ремонтів	головний інженер	червень		зниження кількості аварійних ситуацій
2. Установити захисні огороження	головний інженер	квітень	1400	скорочення виробничого травматизму
3. Перевірити наявність заземлення. У випадку його відсутності установити	головний інженер	постійно	450	попередження аварійної ситуації
Виробничий травматизм і захворюваність				
1. Звернути увагу керівників на облік і розслідування нещасних випадків	інженер з ОП	постійно		зниження травматизму і захворюваності
2. Організувати проведення поза планованого інструктажу після нещасного випадку	інженер з ОП	постійно		попередження виробничого травматизму
3. Не допускати до роботи машини і механізми без кожухів захисних.	інженер з ОП, кер. ділянок	постійно		попередження виробничого травматизму
РАЗОМ			7670	

4.2.1.2. Приватні інженерні рішення. Розрахунок вентиляції в робочому помешканні.

Припустимий по утриманню пилюки повітрообмін визначається по формулі [29]

$$L_n = \frac{P_\phi}{P_n - P_n}, \quad (4.1)$$

де  $P_\phi$  - фактичне утримання

$$L_n = \frac{50}{4 - 0} = 12,5 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Кратність повітрообміну визначається по формулі:

$$n = \frac{L_n}{V}, \quad (4.2)$$

де  $V$  - обсяг помешкання,  $\text{м}^3$ ,  $V=380 \text{ м}^3$ .

$$n = \frac{12,5}{380} = 0,03$$

Тому що кратність повітрообміну  $n < 3$ , приймаємо природню вентиляцію.  
Розрахунок заземлення.

Опір стрижня заземлення визначається по формулі:

$$R_0 = 0,366 \frac{\rho_{pU}}{l} \left( \lg \frac{2e}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h + l}{4h - l} \right), \quad (4.3)$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту,  $\rho=100 \text{ Ом/м}$  (чорнозем);

$d$  - діаметр стрижня,  $\text{м}$ ,  $d=0,025 \text{ м}$ ;

$l$  - довжина стрижня,  $l=15 \text{ м}$ ;

$h$  - відстань від поверхні землі до середини стрижня,  $\text{м}$ .

$$R_0 = 0,366 \frac{120}{15} \left( \lg \frac{2 \cdot 25}{0,025} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 35,7 \text{ Ом}$$

Опір групи стрижнів [28-30]

$$R_{\text{пр}} = \frac{R_0}{n \cdot \eta_c}, \quad (4.4)$$

де  $n$  - кількість стрижнів;

$\eta_c$  - коефіцієнт використання стрижнів.

$$R_{\text{пр}} = \frac{35,7}{14 \cdot 0,5} = 5,1 \text{ Ом}$$

Опір проводки:

$$R_n = 0,366 \frac{p_p}{l_n} \cdot \lg \frac{l_n^2}{d_n}, \quad (4.5)$$

$$R_n = 0,366 \frac{140}{30} \cdot \lg \frac{30^2}{0,005} = 3,6 \text{ Ом}$$

Дійсний опір проводки:

$$R_{\text{нд}} = \frac{R_n}{\eta_n}, \quad (4.6)$$

де  $\eta_n$  - коефіцієнт використання проводки.

$$R_{\text{нд}} = \frac{3,6}{0,3} = 12 \text{ Ом}$$

Опір устрою , що заземлює:

$$R_{\text{зу}} = \frac{R_{\text{пр}} \cdot R_{\text{нд}}}{R_{\text{пр}} + R_{\text{нд}}}, \quad (4.7)$$

$$R_{\text{зу}} = \frac{5,1 \cdot 12}{5,1 + 12} = 3,6 \text{ Ом}$$

4.2.2 Аналітично-розрахункова частина з питань безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі

4.2.2.1. Розрахунок потреби води на пожежогасіння.

## Організація робіт з пожежної безпеки

Відповідно до закону України «Про пожежну безпеку» і "Правила пожежної безпеки в Україні", протипожежні заходи передбачають профілактичні і репресивні міри боротьби з вогнем при виконанні робіт [28].

Агрегат може стати причиною виникнення пожежі, якщо в нього є несправність в електропроводці. Стенд має бути оснащений вуглецевокислотним вогнегасником ОЦ 5, лопатою.

Для успішного використання засобів пожеже гасіння необхідно систематично проводити з працівниками практичні заняття. Відповідальність за протипожежні заходи на стенді покладаються на робітника.

Для запобігання можливості виникнення пожежі на стенді в проекті передбачаються проведення наступних заходів:

- ретельно стежити за станом електроустаткування, перегрівом проводок;
- при заправленні бака олією, необхідно стежити за тим, щоб олія не проливалася і не залишалася на стенді у виді патьоків [30-33].

Для розробки протипожежних заходів необхідно зробити розрахунок потрібної кількості води на пожежогасіння і кількість пожежних резервуарів.

Кількість води на пожежогасіння визначається по формулі [34]:

$$Q = 3,6d \cdot t \cdot z, \quad (4.8)$$

де  $d$  - витрата води,  $d=10$  л/із;

$t$  - тривалість пожежі,  $t = 3$ ч;

$z$  - число одночасно можливих пожеж.

$$Q = 3,6 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 1 = 108 \text{ м}^3$$

Кількість пожежних резервуарів визначається по формулі:

$$n = \frac{Q}{V}, \quad (4.9)$$

де  $V$ - ємність одного резервуара,  $V=100 \text{ м}^3$

$$n = \frac{108}{100} = 1,08$$

Приймаємо  $n=1$ .

4.2.2.2 Аварійні ситуації: їхній перелік, умови попередження і дії при ліквідації однієї з них.

До аварійних ситуацій на зернотоке відносяться: пожежа, вибух, удар блискавки, падіння людини, перекидання, захоплення робочими органами машин і агрегатів одягу і частин тіла, опіки тіла, обрив стрічкових транспортерів, коротке замикання.

1) Умови попередження аварійних ситуацій: чітке виконання і дотримання правил охорони праці і безпеки життєдіяльності; виконання тільки тих робіт, що продиктовані адміністрацією;

2) під час проведення робіт бути дуже уважним і пильним;

3) робітники повинні відпочивати в строго відведених місцях;

4) не припускати до експлуатації машини й агрегати, що не відповідають вимогам експлуатації.

При виникненні пожежі на території зернокомплексу необхідно викликати пожежну команду, відключити електропостачання зернокомплексу, до прибуття пожежної команди гасити пожежу наявними засобами пожежогасіння, організувати відвід машин і агрегатів у безпечне місце. Під час гасіння пожежі необхідно стежити, щоб вогонь не перекинувся на сусідні будівлі і помешкання.

### **4.3 Висновки до розділу**

1. У розділі було проаналізовано питання робіт з охорони праці, пожежної безпеки, проблеми охорони навколишнього середовища, були запропоновані заходи щодо поліпшення умов і підвищенню безпеки праці робітників.

2. Розроблені заходи щодо поліпшення умов і підвищенню охорони праці робітників, які склали 7670 грн.

3. З питань охорони праці при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі зроблено розрахунок вентиляції в робочому помешканні.

4. З питань безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі зроблено розрахунок потреби води на пожежогасіння.

## РОЗДІЛ 5

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

#### 5.1. Розрахунок порівняльних техніко-економічних показників процесу попередньої очистки зерна сільськогосподарських культур

Попереднє очищення при прийомі свіжоприбраного зерна давно визнано найбільш ефективним і широко застосовується у всьому світі. Машини попередньої очистки зерна можуть працювати при різній вологості свіжозібраного вороху, а необхідність в таких машинах є, тому економічну оцінку експериментального пневморешітного сепаратора проводимо шляхом порівняння її з машиною МПО-50 (Росія).

Порівняльну характеристику зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Порівняльна характеристика машин попередньої очистки вороху

Показники	Існуюча серійна машина МПО-50 (Росія)	Експериментальний пневморешітний сепаратор
1. Питома продуктивність попередньої очистки вороху, т/год·(м)	40,0...41,0	60,0...65,0
2. Продуктивність, т/год	50	50
3. Потужність установки, кВт	7,5	4,0
4. Маса машини з повним комплектом робочих органів, кг	1041	842
5. Травмування зерна, %	0,8...1,2	0,2...0,3
6. Коефіцієнт технічної надійності	0,6...0,65	0,85...0,9

Технічна характеристика машини МПО-50 взята із заводського посібника на машину МПО-50, а дані по експериментальному пневморешітному сепаратору в акті впровадження науково-дослідницьких робіт у виробництво агропідприємство «Заря» Приазовського району Запорізької області.)



## 5.2 Визначення річного економічного ефекту від застосування експериментального пневморешітного сепаратора

Економічна оцінка конструкції проводиться шляхом зрівняння її з базовою моделлю МПО-50.

Вартість конструкторської розробки визначається по формулі [35]

$$C_k = \left( \frac{C_c \cdot \alpha + (I_c - I_n) \cdot W_n \cdot T_n}{1 + T_n \cdot \alpha'} \right) \cdot \delta, \quad (5.1)$$

де  $C_c$  – ціна МПО-50,  $C_c = 199000$  грн.;

$\alpha$  – коефіцієнт, що залежить від підвищення продуктивності конструкторської розробки;  $\alpha = 1,5$ ;

$I_n$  – експлуатаційні витрати при використанні нової машини, без амортизаційних і ремонтних відрахувань, грн/т;

$I_c$  – експлуатаційні витрати при використанні старої машини, без амортизаційних і ремонтних відрахувань, грн/т;

$T_n$  – нормативний термін окупності,  $T_n = 3$  роки;

$\alpha'$  – амортизаційні і ремонтні відрахування, виражені в частках,  $\alpha' = 0,215$ ;

$\delta$  – коефіцієнт здешевлення машини, що випускається;  $\delta = 0,93$ .

$$\alpha = \frac{W_n}{W_c}, \quad (5.2)$$

де  $W_n$ ,  $W_c$  – відповідно продуктивність нової і старої машини,  $W_n = 50$  т/год,  $W_c = 50$  т/год.

$$\alpha = \frac{50}{50} = 1,$$

Визначення експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати при використанні базової машини визначається по формулі:

$$I_c = Z + A + P_m + E, \quad (5.3)$$

де  $Z$  – заробітна плата робітників, грн/т;

$A$  – амортизаційні відрахування, грн/т;

$P_m$  – відрахування на ремонт і технічне обслуговування, грн/т;

$E$  – енергоємність, грн/т.

Заробітна плата робітників  $Z$ , грн/т, визначається по формулі [35]

$$Z = \frac{Z_{\text{ч}} \cdot n \cdot K_{\text{доп}}}{W_c \cdot k}, \quad (5.4)$$

де  $Z_{\text{ч}}$  – годинна ставка робітника,  $Z_{\text{ч}} = 36,5$  грн/год;

$n$  – кількість робітників,  $n = 1$  чел. ;

$K_{\text{доп}}$  – коефіцієнт, враховуючий усі види додаткової платні,  $K_{\text{доп}} = 1,25$ ;

$k$  – коефіцієнт використання часу зміни,  $k = 0,8$ .

$$Z = \frac{36,5 \cdot 1 \cdot 1,25}{50 \cdot 0,8} = 1,14 \text{ грн/т}$$

Амортизаційні відрахування  $A$ , грн/т, визначається по формулі

$$A = \frac{B_c \cdot a}{100 \cdot W_c \cdot k \cdot t_p}, \quad (5.5)$$

де  $B_c$  – балансова вартість машини;

$a$  – відсоток амортизаційних відрахувань,  $a = 12,5\%$ ;

$t_p$  – годинне завантаження машини,  $t_p = 260$  год.

$$B_c = \beta \cdot Ц_c, \quad (5.6)$$

де  $\beta$  – перекладний коефіцієнт оптової ціни в балансову,

$$B_c = 1,2 \cdot 199000 = 238800 \text{ грн.}$$

$$A = \frac{238800 \cdot 12,5}{100 \cdot 50 \cdot 0,8 \cdot 260} = 2,87 \text{ грн/т,}$$

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування  $P_m$ ; грн/т, визначається по формулі

$$P_m = \frac{B \cdot \varphi}{100 \cdot W_c \cdot k \cdot t_p}, \quad (5.7)$$

де  $\varphi$  – відсоток відрахувань на ремонт,  $\varphi = 9\%$ .

$$P_m = \frac{238800 \cdot 9}{100 \cdot 50 \cdot 0,8 \cdot 260} = 2,06 \text{ грн/т,}$$

Енергоємність  $E$ , грн/т, визначається по формулі [35]

$$E = \frac{N_e \cdot C_e}{W_c \cdot k}, \quad (5.8)$$

де  $N_e$  – потужність електропривода,  $N_e = 7,5$  кВт;

$C_e$  – ціна 1 кВт·год електроенергії,  $C_e = 1,9$  грн/кВт·год

$$E = \frac{7,5 \cdot 1,9}{50 \cdot 0,8} = 0,356 \text{ грн/т.}$$

$$I_c = 0,14 + 2,87 + 2,06 + 0,356 = 6,426 \text{ грн/т.}$$

Експлуатаційні витрати при використанні нової машини  $I_n$ , грн/т, без амортизаційних і ремонтних відрахувань визначаються по формулі [35]:

$$I_n = 3 + E, \quad (5.9)$$

$$Z = \frac{36,6 \cdot 1 \cdot 1,25}{50 \cdot 0,8} = 1,14 \text{ грн/т,}$$

$$E = \frac{4,0 \cdot 1,9}{50 \cdot 0,8} = 0,19 \text{ грн/т.}$$

$$I_n = 1,14 + 0,19 = 1,33 \text{ грн/т,}$$

$$C_k = \left( \frac{199000 \cdot 1 + (6,426 - 1,33) \cdot 50 \cdot 3}{1 + 3 \cdot 0,215} \right) \cdot 0,93 = 168906 \text{ грн.}$$

Річна економія  $E_{p.k.}$ , грн. Від застосування конструкторської розробки визначається по формулі [35]

$$E_{p.k.} = \frac{d_v}{100} \cdot Q_{зп} (0,3 \cdot C_{з.т} - 0,7 \cdot C_{з.р.}), \quad (5.10)$$

де  $d_v$  – зниження втрат зерна в слідстві впровадження запропонованих заходів,  $d_v = 0,75\%$ ;

$Q_{з.п}$  – планований обсяг зерна,  $Q_{зп} = 2500$  т;

$C_{з.т}$ ,  $C_{з.р.}$  – закупівельна ціна відповідно товарного і роздріблюваного зерна,  $C_{з.т} = 7000$  грн.,  $C_{з.р} = 5000$  грн.

$$E_{p.k.} = \frac{0,75}{100} \cdot 2500 \cdot (0,3 \cdot 7000 - 0,1 \cdot 5000) = 108750 \text{ грн.}$$

### 5.3 Визначення терміну окупності експериментального пневморешітного сепаратора

Термін окупності конструкторської розробки  $T_{ок}$ , років, визначається по формулі [35]

$$T_{ок} = \frac{Ц_{\kappa}}{E_{p.\kappa}}, \quad (5.11)$$

$$T_{ок} = \frac{168906}{108750} = 1,55 \text{ року}$$

Основні техніко-економічні показники проекту та порівняльна характеристика машин попередньої очистки вороху представлені у вигляді таблиць на аркуші 7 формату А4.

#### **5.4 Висновки до розділу**

1. Нова конструкція експериментального пневморешітного сепаратора, яка пропонується до впроваджується в господарство, економічно вигідна. Це обумовлюється зменшенням поточних втрат зерна при обробці та підвищенням ціни реалізації зерна за рахунок отримання продукції вищої якості.

2. Не зважаючи на те, що впровадження нової конструкції експериментального пневморешітного сепаратора потребує капіталовкладення у розмірі 168906 грн., річна економія при цьому складе 108750 грн., а термін окупності конструкторської розробки – 1,55 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Існуючі методи та засоби попередньої очистки зерна не забезпечують ефективної очистки засміченого, особливо вологого зернового вороху. При цьому питома продуктивність машини попередньої очистки досить обмежена. Одним із напрямків підвищення ефективності процесу попередньої очистки зерна є використання пневморешітних сепараторів скальператорного типу.

Використання індустріально-потоківих прийомів післязбиральної обробки зерна висуває задачі підвищення продуктивності машин попереднього очищення, зниження питомої металоємності й енергоємності, а також поліпшення якісних показників робочого процесу. Найбільш ефективного збільшення питомої продуктивності машин варто очікувати по шляху інтенсифікації процесу очищення за рахунок використання нових методів і засобів поділу зернового матеріалу.

2. В результаті теоретичних досліджень було розроблено технологічну схему пневморешітного сепаратора з циліндричним решетом і зовнішню робочою поверхнею. Це забезпечує підвищення продуктивності в 2 – 2,5 рази. Використання в схемі жалюзійного повітродозподільника дозволяє проходити повітрю крізь внутрішню порожнину циліндричного решета, що в значній мірі покращує якість очищення вороху. Пристрій конструктивно простий і не має віброуючих або коливних вузлів і деталей (за винятком тихохідного циліндричного решета), що контактують із зерною сумішшю, при цьому створюються умови найменшого травмування зернового вороху, що очищається, (особливо підвищеної вологості).

3. В результаті теоретичного аналізу були визначені фактори і параметри процесу роботи пневморешітного сепаратора скальператорного типу. Було розроблено три схеми: схема сил діючих на зерно без впливу повітря; схема сил діючих при впливі повітря на зерно крізь лоток-інтенсифікатор; схема при подачі повітря до лотка-інтенсифікатора та жалюзійного розподілювача. Проведено аналіз сил, факторів і параметрів. Це дозволило вибрати основні фактори, параметри та режими, які впливають на процес роботи пневморешітного сепаратора. Вибрано три критерії оптимізації: питома продуктивність  $u_1$ , т/(дм•год); втрати повноцінного

зерна у відходи  $y_2$ , %; повнота виділення бур'янистої домішки  $y_3$ , %. Вибрано рівні варіювання факторів.

4. Розроблена матриця планування експерименту з відсіювання. Наведена методика розрахунків та отримано три регресійні моделі першого порядку у загальному виді, що може бути використано в подальших проведеннях дослідів та більш детальному вивченні процесу попередньої очистки зерна.

5. На підставі аналізу повітророзподільників значний інтерес при обґрунтуванні технологічної схеми пневморешітного сепаратора може бути приділено конструкції жалюзійного повітророзподільника постійного перетину з поздовжньою щілиною змінної ширини, змінного прямокутного поперечного перетину та повітророзподільника постійного перетину з поздовжньою щілиною постійної ширини.

6. Проаналізовано питання робіт з охорони праці, пожежної безпеки, проблеми охорони навколишнього середовища, були запропоновані заходи щодо поліпшення умов і підвищенню безпеки праці робітників.

Розроблені заходи щодо поліпшення умов і підвищенню охорони праці робітників, які склали 7670 грн. З питань охорони праці при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі зроблено розрахунок вентиляції в робочому помешканні. З питань безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі машини попередньої очистки зерна на зернокомплексі зроблено розрахунок потреби води на пожежогасіння.

7. Нова конструкція експериментального пневморешітного сепаратора, яка пропонується до впроваджується в господарство, економічно вигідна. Це обумовлюється зменшенням поточних втрат зерна при обробці та підвищенням ціни реалізації зерна за рахунок отримання продукції вищої якості.

8. Не зважаючи на те, що впровадження нової конструкції експериментального пневморешітного сепаратора потребує капіталовкладення у розмірі 168906 грн., річна економія при цьому складе 108750 грн., а термін окупності конструкторської розробки – 1,55 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України /Є.В. Михайлов// Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», Мелітополь: 2012. 260 с.
2. Технічні засоби післязбиральної обробки насіння соняшнику: монографія /Є.В. Михайлов, С.В. Кюрчев, О.С. Колодій, Н.О. Задосна, В.О. Верхоланцева, Л.М. Чернишова, Н.О. Паляничка. Видавничо-поліграфічний центр FORWARD PRESS, м. Мелітополь, 2019. – 203с.
3. Аналіз пневмосепаруючих систем зерноочисних машин та удосконалення їх класифікації / Михайлов Є.В., Білокопитов О.О., Задосна Н.О. [та ін.] Праці таврійського державного агротехнологічного університету: Вип.12.т.5.: – Мелітополь, 2012. С. 50–60.
4. Рекомендації щодо обґрунтування комплексу технічних засобів післязбиральної обробки зерна в умовах Півдня України /Є. Михайлов, Є. Сербій, Н. Задосна [та ін.]. Науковий журнал «Техніка і технології АПК». № 5(80), Київ, 2016. С. 28-30.
5. Задосна Н.О. Передумови визначення параметрів і режимів роботи машини попередньої очистки зерна. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 4. С. 167-172.
6. Мельник Б. Е. Технология приемки, хранения и переработки зерна. – М.: Агропромиздат, 1990. – 366 с.
7. Карпов Б. А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна. – М.: Агропромиздат, 1987. – 287 с.
8. Машины для послеуборочной обработки зерна / Б. С. Окнин, И. В. Горбачев, А. А. Терехин, В. М. Соловьев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.
9. Чижиков А. Г., Бабченко В. Д., Машков Е. А. Операционная технология послеуборочной обработки и хранения зерна. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 267 с.
10. Зюлин А. Н. Новое в очистке зерна // Достижения науки и техники АПК. – 1999. – №7, – с. 39 – 41.



11. Ямпиров С. С. Выбор сепараторов предварительной очистки зерна // Международный с.-х. журнал. – 1998. – №3, – с.60-61.
12. Авдеев Н. Е., Чернухин Ю. В. Гравитационный сепаратор с конической просеивающей поверхностью // Механиз. и электриф. сель. хоз-ва. – 2000. – №7, – с. 30-31.
13. Рекомендации по совершенствованию технологии и технических средств для предварительной очистки зерна в хозяйствах РСФСР / М.: Государственный агропромышленный комитет РСФСР, 1988. – 40 с.
14. Гиевский А. М., Чибисов А. Н. Пневоинерционный сепаратор вороха семенников трав // Тракторы и СХМ. – 2002. – №5, – с. 8-9.
15. Халанский В. М. Перспективы использования пневмоцентробежных сепараторов для возделывания зерна из зерносоломистого вороха. – Тезисы. М.: ВИМ, 1982, – с. 137-138.
16. Мачихина Л. И. Очистка риса-зерна. – М.: Колос, 1981 – 127с.
17. А.С. 1074441 СССР, МКИ F01A . Сепаратор для предварительной очистки зерновой смеси / Е.В. Михайлов, М.В. Киреев и др. – 4с.: ил.1
18. Михайлов Е. В. Методы и средства интенсификации процесса предварительной очистки зерна повышенной влажности. – Дис... канд... техн... наук. – Л., 1984. – 234 с.
19. Демин Г. С., Павловский Г. Т., Теленгатор М. А., Цециновский В. М. Очистка зерна на хлебо-приемных предприятиях. – М.: Колос, 1968. – 289с.
20. Гончаров Е. С. Параметры очистительного блока для виброцентробежных зерновых сепараторов. – Тезисы. М.: ВИМ, 1982, с. 242-243.
21. Валиев Х. Х., Митрофанов Н.М., Ерошенко Л. И. К анализу рабочего процесса ворохоочистителя с цилиндрическими решетками. – Научн. Труды НИПТИМЭСХ С-3, вып. 18. Л., 1975, с. 100-104.
22. Михайлов Е. В. Анализ значимости факторов, влияющих на рабочий процесс сепаратора зернового вороха. Науч. труды ЛСХИ. Методы и средства повышения эффективности рабочих процессов сельскохозяйственных машин. – Л.: 1983, с. 43...46.

23. Михайлов Е. В. Исследование рабочего процесса аэродинамического питателя. Науч. труды УСХА. Совершенствование процессов и рабочих органов с/х машин. Киев: 1986. – 116 с.

24. Аблогін М. М. Обґрунтування технологічної схеми і параметрів пристрою для сепарації обчесаного вороху рису. – Дис... канд... техн... наук. – 1998

25. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

26. Михайлов Е.В., Белокопытов А.А., Задосная Н.А. Обоснование параметров технологических процессов послеуборочной обработки зерна с использованием имитационного моделирования. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць УкрНДІПВТ. – Дослідницьке, 2013. – Кн. 2. - Вип.17 (31). – С. 68-75.

27. Закон України «Про пожежну безпеку».

28. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

29. Рогач Ю.П. Пожежна безпека –Сімферополь, Таврия Плюс., 2001–124с.

30. Протосрейський О. С, Запорожець О. І. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 268 с.

31. Русаловський А. В. Правові та організаційні питання охорони праці: Навч. посіб. – 4-те вид., допов. і перероб. – К.: Університет «Україна», 2009. – 295 с.

32. Третьяков О.В., Зацарний В.В., Безсонний В.Л. Охорона праці: Навчальний посібник з тестовим комплексом на CD/ за ред. К.Н. Ткачука. – К.: Знання, 2010. – 167 с. + компакт-диск.

33. Гогіташвілі Г. Г., Карчевські Є.-Т., Лапін В. М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 367 с.

34. Рогач Ю.П. Наукове обґрунтування системи управління професійними ризиками в агропромисловому комплексі України на підставі оцінки надійності у роботі операторів мобільної сільськогосподарської техніки //Агроекологічні аспекти виробництва та переробки продукції сільського господарства : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Мелітополь-Кирилівка, 7-8 червня 2018 р.)

35. ДСТУ 4397: 2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань» К.: Соцінформ, 2005. – 6 с.