

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування процесу очищення зерна
підвищеної вологості на решітному сепараторі
циліндричного типу**

Виконала: здобувачка вищої освіти 2 курсу,
групи МгХТ-2-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Марина ГРИЦИШИНА

Керівник: _____ Олександр ПІВОВАРОВ

Рецензент: _____ Владислав ГРИЦИШИН

Дніпро 2023

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Магістр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
_____ Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)
«09» листопада 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Грицишиній Марині Вадимівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування процесу очищення зерна підвищеної вологості на решітному сепараторі циліндричного типу».
Керівник роботи: Півоваров Олександр Андрійович, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2023 року № 3423.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія та обладнання для забезпечення процесу первинної очистки зерна сепарувальних машинах решітного типу. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан питання і завдання дослідження. 2 Теоретичні дослідження робочого процесу пневморешітного сепаратора. 3 Програма і методика проведення експериментальних досліджень. 4 Результати проведення експериментальних досліджень та виробничої перевірки отриманих результатів. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

- 1 Шляхи інтенсифікації процесів попереднього очищення зерна.
- 2 Мета та задачі дослідження.
- 3 Теоретичні дослідження процесу сепарування.
- 4 Програма і методика експериментальних досліджень.
- 5 Експериментальні дослідження та їх результати.
- 6 Кошторис витрат на проведення досліджень.
- 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	професор ПІВОВАРОВ Олександр	09.11.2023	08.12.2023
5	професор ПІВОВАРОВ Олександр	09.11.2023	08.12.2023
6	професор ПІВОВАРОВ Олександр	09.11.2023	08.12.2023

7. Дата видачі завдання 09 листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11-10.11.23	виконано
2	Стан питання і завдання дослідження	13.11-15.11.23	виконано
3	Теоретичні дослідження робочого процесу пневморешітного сепаратора	16.11-17.11.23	виконано
4	Програма і методика проведення експериментальних досліджень	20.11-22.11.23	виконано
5	Результати проведення експериментальних досліджень та виробничої перевірки отриманих результатів	23.11-28.11.23	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	29.11-30.11.23	виконано
7	Організаційно-економічна частина	01.12-04.12.23	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	05.12-06.12.23	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	07.12.2023	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Марина ГРИЦИШИНА
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександр ПІВОВАРОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: 79 сторінок друкованого тексту, 27 рисунків та ілюстрацій, 10 таблиць та використано 50 літературних та електронних джерел інформації.

Метою роботи є дослідження методу підвищення питомої продуктивності циліндричного решета з зовнішньої робочою поверхнею і обґрунтування найбільш раціональних параметрів і режимів спільної роботи повітряного потоку і решітного сепаратора.

Об'єкт дослідження – процес сепарації зернової суміші на підсівному решеті в відцентрово-решітному сепараторі.

Предмет дослідження – закономірності процесу сепарації на підсівному решеті з внутрішнім барабаном відцентрово-решітного сепаратора.

Найбільш перспективним напрямком при створенні робочих органів машин попереднього очищення є барабанне решітне сепарування.

Барабанні сепаратори компактні, площа робочих органів в них в порівнянні з плоско-решітними сепараторами при однаковій продуктивності, в кілька разів менше. Застосування сепараторів з горизонтальною віссю обертання і циліндричним решетом з продовговуватими отворами дозволить знизити енерго та металовитрати на одиницю продукції в 1,5 – 2 рази в порівнянні з машинами, що мають традиційну плоско-решітну схему.

Використання запропонованого способу сепарування дає можливість для проектування сімейства машин на основі блочно-модульної побудови самих сепараторів і технологічних ліній для очищення зерна.

Ключові слова: РОБОТА, СЕПАРУВАННЯ, БАРАБАННИЙ СЕПАРАТОР, ДОСЛІДЖЕННЯ, ЗЕРНО, ПШЕНИЦЯ, ПЛАНУВАННЯ, ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА, АДЕКВАТНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Характеристика зернового вороха, що надходить на післязбиральну обробку	10
1.2 Методи і засоби попереднього очищення зернового вороху	13
1.2.1 Загальні відомості	13
1.2.2 Машини, що застосовуються для попереднього очищення зерна	14
1.2.3 Шляхи інтенсифікації процесів попереднього очищення зерна	16
Висновки за розділом	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА	29
2.1 Обґрунтування методу інтенсифікації процесу переднього очищення зернового вороху циліндричним решетом з зовнішньої робочою поверхнею	29
2.2 Схема технологічного процесу	30
2.3 Перевірка перспективності запропонованого методу попереднього очищення зернового вороху	35
Висновки за розділом	37
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
3.1 Програма досліджень	38
3.2 Експериментальна установка, прилади та обладнання	38
3.3 Методика проведення експериментальних досліджень	42
3.3.1 Методи встановлення режимів роботи	42
3.3.2 Методика проведення дослідів	43
3.3.3 Критерії оцінки ефективності робочого процесу пневморешітного сепаратора	45
3.3.4 Методика обробки дослідних даних	47
3.4 Прилади та обладнання, що застосовуються при експериментальних	

дослідженнях	49
Висновки за розділом	50
4 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИРОБНИЧОЇ ПЕРЕВІРКИ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ	51
4.1 Дослідження впливу основних параметрів і режимів роботи аероживильника на ефективність процесу попереднього очищення зернового вороху	51
4.2 Вплив діаметра отворів решета на ефективність очищення і втрати зерна у відходи	51
4.3 Дослідження циліндричного решета з продовгуватими отворами при очищенні зерна	53
4.4 Вплив питомої подачі зернової суміші на повноту виділення крупних домішок із повноцінного зерна	55
4.5 Вплив вихідної засміченості зернової суміші на показники процесу сепарації	55
4.6 Вплив вологості оброблюваного зернового матеріалу на показники ефективності робочого процесу очищення	57
4.7 Результати практичного впровадження отриманих результатів	59
Висновки за розділом	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	63
5.1 Розробка організаційно-технологічної карти	63
5.2 Утилізація відходів на елеваторі ТОВ «Павлоградзернопродукт»	64
Висновки за розділом	65
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	66
6.1 Організація проведення дослідження	66
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	68
6.3 Розрахунок ціни дослідження	71
Висновки за розділом	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
БІБЛІОГРАФІЯ	74

ВСТУП

Продовольча безпека є складовою частиною національної безпеки України і в значній мірі визначається саме валовим збором зерна, необхідного для формування насінневих фондів, забезпечення продуктами харчування населення і тваринництва зернофуражу. Головним завданням агропромислового комплексу залишається стійке нарощування виробництва зерна.

Отримання високої врожайності не гарантує прибутковості зерновиробництва. Вирощений хліб ще необхідно прибрати, очистити і зберегти, що досить важко зробити в різко мінливих погодних умовах.

Прибраний з поля урожай може бути піддано негайного очищення, принаймні попередньої, тобто виділенню з зернового вороху дрібного насіння бур'янів, легкої домішки у вигляді полови.

На післязбиральну обробку і зберігання зерна припадають значні витрати, пов'язані з його виробництвом. Для їх скорочення необхідно вдосконалювати технології та технічні засоби, підвищувати їх продуктивність. Широке використання перспективних сучасних зерноочисних машин дозволить знизити витрати на обробку зерна [38].

У більшості малих та середніх господарств переважають зерноочисні агрегати типу ЗАВ, побудовані в 80-их роках. Модернізація типових агрегатів і будівництво нових технологічних ліній для очищення зерна і насіння з використанням сучасного обладнання – це першочергове завдання для керівників господарств. Зерновиробники через низьку якість насіння щорічно недобирають 5 – 10 % врожаю [46].

Втрати врожаю, за експертними оцінками, через висів некондиційного насіння складають від 10 до 15 млн. тон на рік, а через не вирішення питань комплексної механізації післязбиральної обробки і зберігання від 5 до 10 млн. тон на рік [13].

Машина попереднього очищення, оснащені плоскими решетами, в тому числі і підсівними, мають низьку продуктивність. У типових агрегатах через

недосконалість їх технологічної схеми, машини первинного очищення виконують аналогічну технологічну операцію. Тому необхідно розробляти нові способи сепарування і створювати робочі органи, здатні високоефективно очищати зерно від дрібних домішок.

Найбільш перспективним напрямком при створенні робочих органів машин попереднього очищення є відцентрово-решітне сепарування.

Відцентрові сепаратори компактні, площа робочих органів в них в порівнянні з плоско-решітними сепараторами при однаковій продуктивності, в кілька разів менше. Застосування сепараторів з вертикальною віссю обертання і циліндричним решетом з продовгуватими отворами дозволить знизити енерго та металовитрати на одиницю продукції в 1,5 – 2 рази в порівнянні з машинами, що мають традиційну плоско-решітну схему.

Використання запропонованого способу сепарування дає можливість для проектування сімейства машин на основі блочно-модульної побудови самих сепараторів і технологічних ліній для очищення зерна.

У зв'язку з цим, розробка технічних засобів для інтенсифікації процесу попереднього очищення зернового вороху, первинного очищення зерна є актуальною науково-практичною проблемою, що має велике значення для народного господарства України.

Метою цієї роботи є дослідження методу підвищення питомої продуктивності циліндричного решета з зовнішньої робочою поверхнею і обґрунтування найбільш раціональних параметрів і режимів спільної роботи повітряного потоку і решітного сепаратора.

Для вирішення поставленої мети нами були висунуті наступні завдання дослідження:

- обґрунтувати метод інтенсифікації процесу попереднього очищення зернового вороху циліндричним решетом з зовнішньої робочою поверхнею;
- вишукати і розробити принципову схему високопродуктивного робочого органу для попереднього очищення зернового вороху підвищеної вологості;

- провести перевірку перспективності запропонованого методу попереднього очищення зернового вороху;
- виконати експериментальні дослідження по визначенню раціональних режимів і параметрів досліджуваного засобу очищення зернового вороху;
- провести розрахунок вартості наукового дослідження.

Об'єкт дослідження – процес сепарації зернової суміші на підсівному решеті в відцентрово-решітному сепараторі.

Предмет дослідження – закономірності процесу сепарації на підсівному решеті з внутрішнім барабаном відцентрово-решітного сепаратора.

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Характеристика зернового вороха, що надходить на післязбиральну обробку

Зерновий ворох, що надходить від комбайнів на стаціонарні пункти обробки, є механічною сумішшю насіння основної культури, насіння бур'янів і культурних рослин, органічних і мінеральних домішок. Органічні домішки, включають в основному вегетативні частини рослин основної культури і бур'янів, є найбільшою за обсягом фракцією незернової частини вороху.

Мінеральні домішки: пил мінерального походження, пісок, грудочки землі складають зазвичай не більше 1,0 – 1,5 % від маси що надходить на обробку зернового матеріалу [3]. Основні властивості всіх складових цієї суміші, кількісне співвідношення фракцій багато в чому визначають або значно впливають на процес сепарації.

Кількісні та якісні показники потоку свіжозібраного зернового вороху залежать від різних факторів: ґрунтово-кліматичних умов, температури і вологості повітря, кількості опадів, тривалості роси, рівня агротехніки, тривалості роботи комбайнів та ін. [4].

Правильний облік комплексу агрокліматичних умов є найважливішим елементом наукового підходу до проблеми прогнозування врожаїв в тому чи іншому районі землеробства.

Умови післязбиральної обробки врожаю зернових особливо трудомісткі через високу вологість і повільного висихання хлібів при малому дефіциті вологості, що проявляється в більшій мірі при пізніх термінах збирання.

Розподіл дефіциту вологості повітря d в залежності від термінів початку збирання наведено в таблиці 1.1. Аналіз даних показав, що ймовірність раннього дозрівання з початком збирання в кінці липня – перших числах липня дорівнює 17 %, середнього дозрівання з початком збирання в середині липня – 48 %; пізнього дозрівання з початком збирання в кінці липня – 35 %.

Таблиця 1.1 – Розподіл дефіциту вологості повітря в залежності від термінів початку збирання, %

Дефіцит вологості повітря, гПа	Строки початку збирання		
	ранні	середні	пізні
0 – 3	19	22	25
3 – 8	40	41	49
8 і вище	41	37	26

З даних, наведених у таблиці 1.1 видно, що кількість днів з хорошими умовами збирання складають 41 – 26 % від усієї кількості календарних днів збирання врожаю зернових культур; кількість днів з поганими умовами збирання – 19 – 25 %; з задовільними умовами збирання – 40 – 49 %.

Істотне значення при обґрунтуванні технологічного процесу післязбиральної обробки і визначенні основних параметрів пункту має величина ймовірності випадання опадів у період збирання протягом трьох днів і більше поспіль. Як показав аналіз даних, ймовірність такої ситуації дорівнює 30 %.

Цим обумовлюється необхідність проведення збиральних робіт в несприятливих погодних умовах і надходження на пункти зернового вороху високої вологості протягом значної частини періоду збирання [10].

За даними [8] вологість зерна може підвищуватися до 42 – 45 %, а соломистих домішок – до 60 – 70 %.

У роки з хорошими умовами збирання вологість зерна відносно невелика, близько 16 – 18 %, причому, зерно засмічене в основному легкими частинками з невеликою вологістю. Ймовірність хороших умов збирання при цьому становить 0,17. Як правило, засміченість зерна в роки з важкими умовами збирання істотно перевищує засміченість в роки з хорошими умовами збирання і досягає 8 – 10 % і навіть 15% [13].

Аналіз дослідних даних показує, що за період з 2021 по 2022 роки середні значення вологості склали 21,6 – 23,88 % і засміченості – 3,03 – 4,96 %.

Вологість і засміченість зернового матеріалу визначають технологію і організацію процесів збирання і післязбиральною обробкою зерна.

Продуктивність машини післязбиральної обробки зерна також визначається вологістю і засміченістю зернового матеріалу. Відомо [15], що підвищення вологості зернового матеріалу на 1 % знижує продуктивність зерноочисних машин на 5 %, а підвищення засміченості на 1 % знижує продуктивність на 2 %.

Зі збільшенням вологості зернового матеріалу процеси його післязбиральної обробки сповільнюються і погіршуються головним чином через зменшення сипучості. Це відбувається за рахунок наступним причин:

1) через збільшення коефіцієнтів тертя зерна по поверхні і внутрішнього тертя між зернами як наслідок відбувається підвищення вологості оболонки, так і з-за прилипання до оболонки пилу органічного і мінерального походження.

2) через зниження пружності оболонки зерна, що збільшують кількість площі контактів зерна між собою і з іншими поверхнями [16].

Дослідження показали, що незалежно від виду використовуваної поверхні, при підвищенні вологості зерна жита і ячменю на 10 – 12 % збільшується кут тертя – на 6 – 7 ° і кут природного відкосу на 9 °.

Збільшення вологості і засміченості зернового вороху призводить до погіршення проходження його з живильних пристроїв, сводоутворення, забивання отворів решіт та інше і, в кінцевому підсумку – до порушення технологічних процесів машин поточкових ліній.

Розміри частинок, що складають органічну частину домішок вороху, в значній мірі залежать від регулювань і якості роботи комбайна. Розміри також залежать і від засміченості поля бур'янами, вологості культури, що збирається та інших умов. Полова і легкі насіння бур'янів незалежно від їх розмірів легко виділяються повітряним потоком. Серйозні труднощі представляють відділення соломистих домішок, хоча довжина більшості частинок битої соломи, наявних в купі, значно перевищує робочий розмір отворів решіт зерноочисних машин.

1.2 Методи і засоби попереднього очищення зернового вороху

1.2.1 Загальні відомості

Процес попереднього очищення зерна заснований на використанні аеродинамічних властивостей частинок зернового матеріалу, їх розмірів і щільності. Машини попереднього очищення забезпечені пристроями, які діють за принципом використання одного або декількох ознак і властивостей зерна і смітників.

Поділ зернового вороху при попередньому очищенні може виконуватися на решітних поверхнях – за геометричними розмірами; в пневмосепараторах і повітряних каналах - за аеродинамічними властивостями; за комплексом аеродинамічних властивостей, щільності і розмірів – в сепараторах з псевдоожіженим шаром.

На основі аналізу літературних джерел можна класифікувати решета за конструктивними ознаками, способом використання і типом приводу [38].

За конструктивними особливостями решета можна розділити на плоскі, циліндричні, конічні, транспортерного типу, з активними елементами, з гнучкими елементами, просторові.

Решета за способом виготовлення бувають пробивні, ткані, плетені, рубчасті, складальні.

За типом приводу – що коливаються, обертаються, вібраційні, гіраційні, віброцентробіжні.

Використовувані в повітряно-решітних машинах пневмосепарувальні системи бувають нагнетального, всмоктуючого, нагнітально-всмоктуючого і замкнутого типу з вертикальними, похилими або кільцевими пневматичними каналами. Забезпечені осадовими камерами, інерційними пиловідокремлювачами, циклонами. Сепарація в повітряному потоці відбувається під дією двох груп зовнішніх сил: аеродинамічних і масових – сил тяжіння і сил інерції в основному поступального руху [45].

У пневмосепаратор поряд із застосуванням аеродинамічних і масових сил використовують відцентрові і коріолісову сили, а також сили, обумовлені обертанням повітряного потоку – вихрові джерела і потоки. Розрізняють 4 групи таких сепараторів: пневмогравітаційні, пневмоінерційні, відцентрово-пневматичні і пневмовідцентрові [49].

Пристрої для сепарації в псевдозрідженому шарі здійснюють робочий процес в спокійному або киплячому режимах. Бувають нагнітальними, нагнітально-всмоктуючої дії, з нерухомою або вібруючою опорною повітродозподільною перегородкою, з ділильними пристроями і без них.

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

З метою інтенсифікації процесу попереднього очищення зернового вороху широко розробляються циліндричні решета, решета транспортного типу, пневмосепаратори, пристрої для сепарування в псевдозрідженому шарі.

1.2.2 Машини, що застосовуються для попереднього очищення зерна

У нашій країні машини попереднього очищення випускаються в двох виконаннях: стаціонарні для поточних ліній і самохідні для обробки зернового вороху на відкритих майданчиках токів і в складських приміщеннях.

Стаціонарна машина попереднього очищення ЗД-10.000 застосовується в зерноочисно-сушильних комплексах. Основні робочі органи – пневмоканали 1, 2 і решітний стан 3 (рис. 1.1).

Надходячи в приймальну камеру ворох рівномірно подається живильними валиками в аспіраційні канали. Легкі домішки підхоплюються повітряним потоком і осідають в осадовій камері, де швидкість повітря знижується, а потім виводяться шнеком. З аспіраційних каналів ворох надходить на штамповані решета – з круглими отворами, через які провалюється насіння і дрібні домішки. Соломисті і інші великі домішки перемещуються по решету і разом з легкими домішками виводяться з машини. Продуктивність машини (на пшениці) 20 т/год.

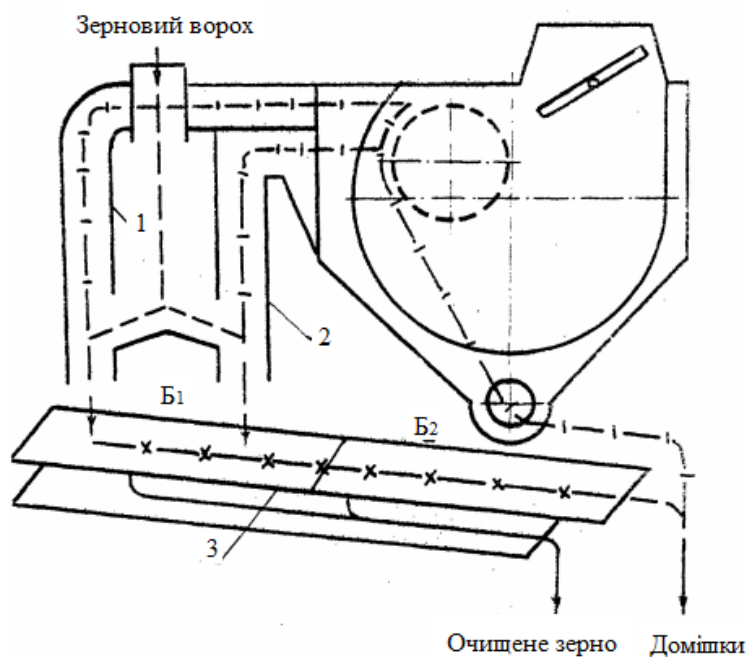


Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу роботи машини ЗД-10.000

1, 2 – пневмоканали; 3 – решітний стан

Самопересувний очищувач вороху 0ВП-20А [34] переважно використовують в складських приміщеннях і на відкритих майданчиках.

Основні робочі органи машини: Повітроочисна частина, два паралельно працюючих решітних стана, завантажувальний і відвантажувальний транспортери. У кожному решітному стані є два паралельні яруси, кожен з яких складається з двох решіт. Повітряним потоком виділяються легкі домішки, а на плоских решетах з круглими і продовгуватими отворами – великі і дрібні домішки. Продуктивність (на пшениці) 20 т/год.

Стационарна повітряно-решітна машина К-523 відрізняється від ЗД-10.000 наявністю другого ярусу решіт в решітному стані і другого пневматичного сепаратора, який очищає зерновий матеріал, що пройшов через решета [36]. Продуктивність машини (на пшениці) 25 т/год.

Зерноочисна машина марки К-527А призначена для попередньої та первинної очистки зернових та ін. Машина підключається до централізованої аспіраційної системи або до окремого вентилятора, що забезпечений пристроєм для очищення повітря.

Два решітних стани гойдаються назустріч один драту і розташовані один над іншим.

У верхньому решітному стані встановлені три решітні секції, а в нижньому – два яруси решіт, кожен з яких складається з двох решітних секцій.

На відміну від поширених в ворохоочисниках пневмосепараторів, матеріал тут не надходить всередину каналу і падає вільним потоком поблизу перетину вхідного отвору. Продуктивність машини (на пшениці) 50 т/год.

Використовувані ворохоочисники з плоско-решітними сепараторами і вертикальними повітряними каналами мають обмежену питому продуктивність, яка помітно знижується при обробці вологого зернового вороху [17]. При цьому, великі смітні частки залипають і застряють в отворах решіт. Повітряне очищення теж працює неефективно, тому що зі збільшенням вологості зернового матеріалу погіршуються відмінності аеродинамічних властивостей зерна і бур'янів. Крім того, зі збільшенням подачі зернового вороху якість повітряного сепарування в вертикальних аспіраційних каналах різко погіршується.

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

1.2.3 Шляхи інтенсифікації процесів попереднього очищення зерна

Для інтенсифікації процесу поділу зернових матеріалів проводиться значна робота по вдосконаленню плоских решіт. Так, пропонується виконувати решета не гладкими, а з поздовжніми виступами і з розміщенням довгастих отворів в западинах між ними. При цьому збільшується ймовірність попадання зерен в отвори за рахунок орієнтації їх довгою віссю уздовж отвору. Передбачається також досягти підвищення продуктивності решіт виконанням отворів решета з похилими кромками [46].

З метою інтенсифікації процесу сепарації на плоских решетах застосовують вібрації, а також решета, що обертаються навколо вертикальної осі.

Запропоновані рішення щодо вдосконалення робочого процесу плоских решіт дають можливість підвищити їх продуктивність, але одночасно значно ускладнюють конструкцію і металоємкість зерноочисних машин.

За кордоном пропонуються багаторешітні машини з розташуванням решіт одне під іншим. Питома продуктивність таких багаторешітних машин приблизно така ж, як у плоских решіт, але сама машина виходить більш компактною. При цьому продуктивність підвищується збільшенням площі робочої поверхні, тобто застосуванням в машині великої кількості решіт.

До числа перспективних робочих органів відносяться циліндричні решета з внутрішньої робочою поверхнею. Порівняно з плоскими коливальними вони мають ряд переваг: простота механізму приводу, відсутність знакозмінних інерційних сил, більш висока якість розділення і більш висока інтенсивність просіювання.

Інтенсифікація процесу сепарації в циліндричному решеті з горизонтальною віссю обертання забезпечується за рахунок створення відповідного руху матеріалу по колу циліндра, завдяки збільшенню використання робочої поверхні решета до 75 – 90 % від загальної площі, використання відцентрових сил інерції ($K \geq 7 - 9$) і активного перемішування, при якому полекшується хід проходових частинок до поверхні решета [45].

Створено нові перспективні робочі органи для сепарування зернових матеріалів: вертикальні циліндричні віброцентрові решета і пневмовідцентрові кільцеві повітряні канали з прискореним повітряним потоком [47].

Конструктивно-технологічною особливістю таких сепараторів є уніфікований очисний блок. Застосовуючи кілька таких блоків для паралельної і послідовної роботи, можна забезпечувати різні технологічні варіанти обробки зерна при продуктивності 25 – 100 т/год.

Однак, циліндричні решета з внутрішньої робочої поверхнею високоефективно працюють при вологості зернового матеріалу до 17 % і не знаходять застосування для попереднього очищення свіжозібраного зернового вороху підвищеної вологості.

Для підвищення питомої продуктивності пневмосепараторів використовують принцип пневмоінерційного поділу зернових сумішей. Цей принцип заснований на високошвидкісній подачі вороху в ділильну камеру з попутним і протитечієм вкиданням і раціональною структурою повітряного потоку, швидкість якого перевищує середню швидкість витання зерна в 1,5 – 2 рази [49].

Технологічна схема пневмоінерційного сепаратора з протитечієм вкиданням представлена на рис. 1.2.

Експериментальні та теоретичні дослідження сепарації дрібного вороху по схемі противоток свідчать про те, що застосування зустрічного потоку, в порівнянні з іншими схемами сепарації, забезпечує найбільшу повноту поділу при найменших енерговитратах для створення необхідного напору повітряного потоку.

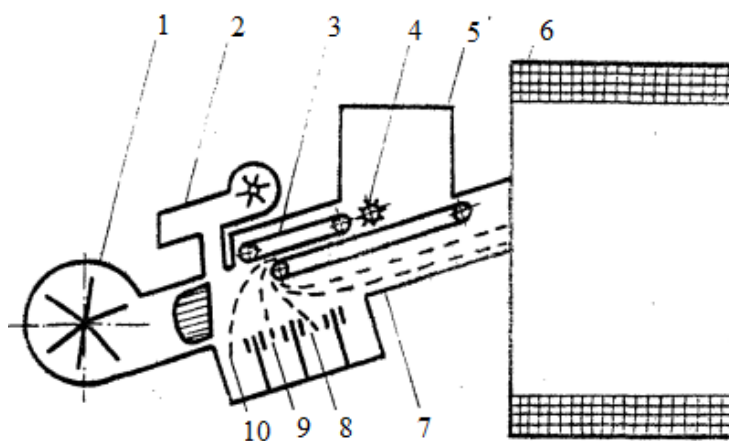


Рисунок 1.2 – Схема технологічного процесу пневмоінерційного сепаратора з протитечієм вкиданням матеріалу

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

Ряд досліджень [34, 36, 48], присвячених вивченню процесу сепарування зернових матеріалів в псевдозрідженому шарі, вказує, що очевидні переваги цього

способу сепарування полягають в значному збільшенні експозиції обробки, рівномірності поля швидкостей повітряного потоку по перетину каналу, зниженні витрати повітря, простоті конструкції і малої металоємності. При цьому можливо суміщення декількох технологічних операцій: охолодження, вентилявання, транспортування, протруювання і ін.

Наприклад, продуктивність транспортера – сепаратора складає 40 – 50 т/год на пшениці при довжині транспортування 5 м і шириною транспортувального каналу 0,2 м.

Для інтенсифікації процесу розшарування псевдозрідженого шару зернового матеріалу опорній повітророзподільній поверхні надають вібрації (рис. 1.3).

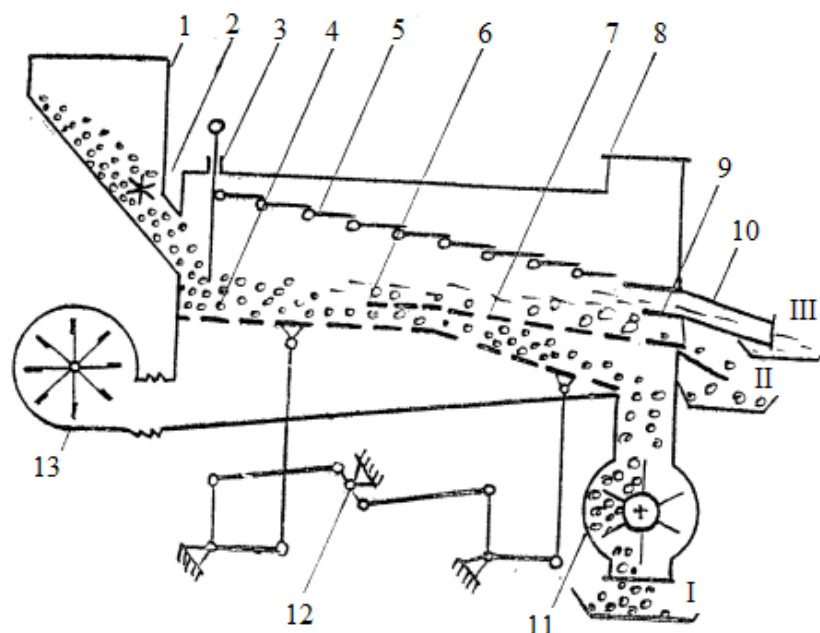


Рисунок 1.3 – Схема пристрою для очищення зерна

- 1 – завантажувальна ємність; 2 – лоток; 3 – заслінка; 4 – опорне решето;
 5 – жалюзі; 6 – підпірно-ділительна площина; 7 – додаткове опорне решето; 8, 10
 – патрубок; 9 – ділительна площина; 11 – розвантажувальний пристрій;
 12 – коливальний пристрій; 13 – вентилятор

Зернова маса, що надійшла на опорне решето, під дією вібрацій і висхідного повітряного потоку приходить в псевдозріджений стан, при цьому в псевдозрідженому шарі відбувається процес перерозподілу часток оброблюваного

шару. Верхній шар зернової маси після першого поділу попадає на додаткове опорне решето, на якому відбувається більш чітке відділення від зерна різних домішок. З метою збільшення товщини шару домішок, що видаляються перед ділильною площиною решето має більший нахил до горизонту в порівнянні з першою частиною решета.

Нижнє решето має більший кут нахилу, ніж його передня частина. Це дозволяє зменшити опір верхнього решета за рахунок зменшення товщини шару зерна, що знаходиться на цій ділянці, і збільшення до необхідної межі швидкості повітряного потоку над підпірно-ділильною площиною і над решетом.

В результаті обробки виходить три фракції, з яких I – якісне очищення зерна, II – зерно, що має домішки які підлягають обов'язковій додатковій обробці, і III – домішки, виділені із зернової маси [32].

Для підвищення якості поділу зернового матеріалу в псевдозрідженому шарі використовують пристрій (рис. 1.4), що складається з двох послідовно з'єднаних решіт трапецієдальної форми, причому, сторони завантаження першого решета вдвічі ширше розвантажувального боку другого решета. Завдяки поступовому звуженню робочої поверхні решіт забезпечується рівномірність навантаження і необхідне збільшення висоти шару зернової маси перед ділильними площинами в кінці кожного решета.

Решета з'єднані таким чином, що при будь-якому куті нахилу першого решета до горизонталі друге нахилене до неї менше, що дозволяє знизити швидкість переміщення шару зернової маси на другому решеті і збільшити експозицію її обробки.

Зернова маса надходить на опорне решето, де приходить в псевдозріджений стан і розшаровується по висоті шару на «важку» і «легку» фракції. Первинний поділ шару здійснюється в кінці першого решета, де важка фракція виводиться з пристрою.

Нерозшарована верхня частина зернової маси надходить на друге решето. Тут суміш обробляється довше і при менших швидкостях фільтрації, що сприяє розшаруванню фракційного складу суміші, що змінився.

Існуючі сепарувальні скальператорні машини по компоновці робочих органів і по технологічному процесу, що відбувається в них, можна розділити на п'ять типів (рис. 1.5).

Перший тип (схема 1) передбачає одноетапну 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 органів.

Процес сепарування зерна в цих машинах протікає на малій дузі ситового барабана, в основному в місці надходження зернової суміші. Зернівки, що йдуть разом з домішками тонким шаром, просіваються на так званій дугі просіювання. Якщо вони не встигають просіватися, то потрапляють у відходи, що тягне за собою великі втрати зерна.

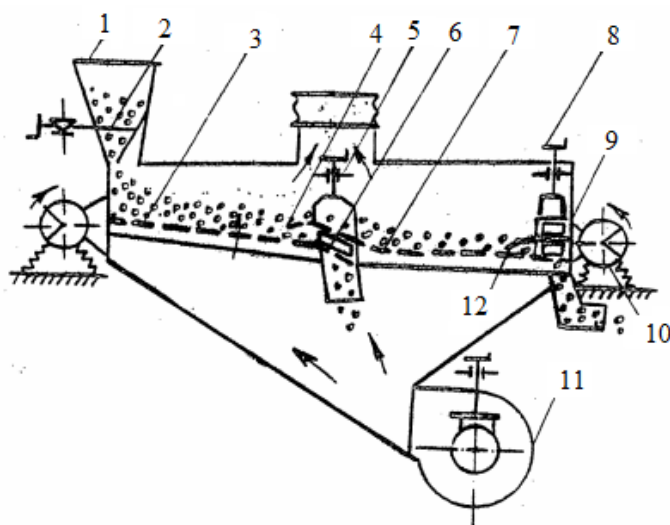


Рисунок 1.4 – Схема пристрою для збагачення важкоподільних зернових сумішей

- 1 – бункер; 2 – механізм завантаження; 3 – перше решето; 4, 12 – ділильні площини; 5, 8 – заслінки; 6 – перший розвантажувальний поріг; 7 – друге решето; 9 – другий розвантажувальний поріг; 10 – інерційний коливальник; 11 – вентилятор.

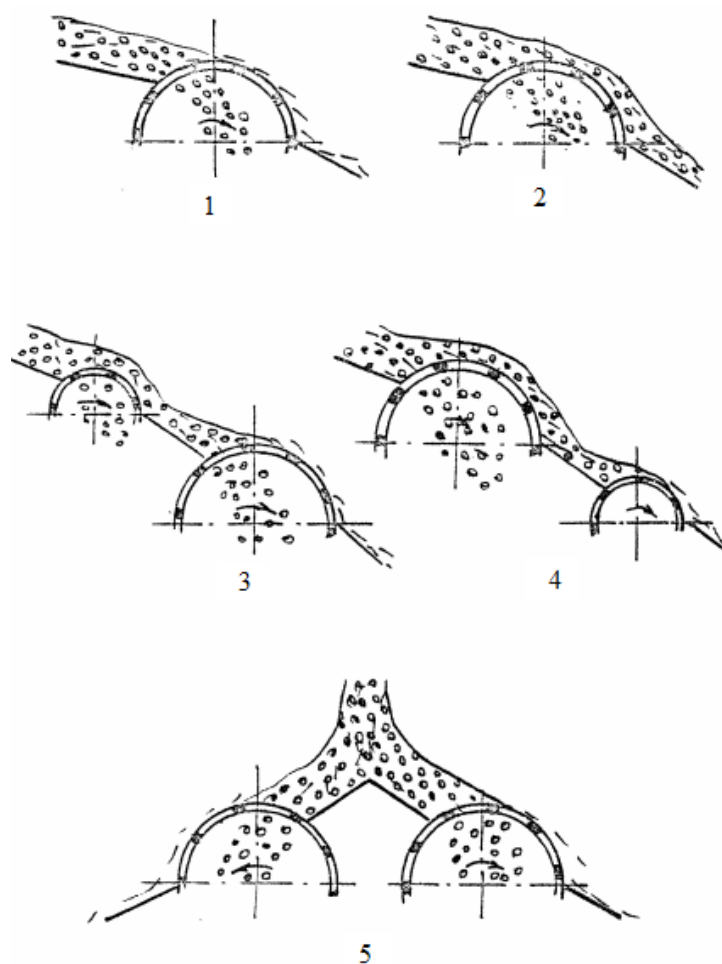


Рисунок 1.5 – Типи машин скальператорного принципу дії

За схемою 2 виділення дрібних домішок або дрібної фракції зерна здійснюється проходом, а основної маси зерна – сходом. Такі скальператорні барабани застосовуються при очищенні зерна, з якого вже видалені грубі і великі домішки.

В машинах, що працюють за схемою 3, скомпоновані два ситових барабана послідовно. На першому виділяються проходом дрібні домішки або дрібна фракція зерна, сходом надходить на другий барабан більшого діаметру 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, з двох послідовно встановлених скальператорних барабанів, що обертаються в одну і ту ж сторону. На відміну від третього типу тут першим встановлюють барабан більшого

діаметру, другим – меншого. Зернова суміш через живильний лоток надходить на скальператорний барабан першого проходу, де основна маса зерна проходить крізь ситовий барабан і йде проходом, а домішки до частини зерна сходом надходять на другий контрольний барабан, де домішки, що залишився в зерні провалюються через сито, а грубі і великі домішки йдуть сходом з нього.

За схемою 5 працюють машини підвищеної продуктивності 100 т/год і більше, що складаються з двох паралельно розташованих циліндричних ситових барабанів більшого діаметру і довжини, що обертаються з однаковою швидкістю в різні боки. Зернова суміш з живильного пристрою подається одночасно на два барабана, проходом через них йде основна маса зерна, а сходом – грубі і великі домішки [46].

В останні роки в нашій країні створені робочі органи скальператорного типу для попереднього очищення зернового вороху [46].

Перевірка в виробничих умовах показала, що питома продуктивність циліндричного решета з зовнішньою робочою поверхнею при діаметрі барабана 400 мм досягає 2,5 т/год. Зі збільшенням діаметра барабана до 600 мм питома продуктивність підвищується до 3,2 т/год і, при спареній послідовній і паралельній роботі двох барабанів – до 5,3 т/год [34].

На рис. 1.6 показана технологічна схема скальператора МГПЗ-74 виробництва Болгарії, за аналогічними схемами працюють машин фірми Seimon-Carter та Shule. Схеми відрізняється наявністю повітряного розподільного каналу, з якого повітряним потоком пронизує зерно, відокремлене проходом на другому контрольному барабані.

Фірма Shule випускає чотири типи скальператорів продуктивністю від 27 до 163 т/год для очищення вороху пшениці, ячменю, жита, вівса.

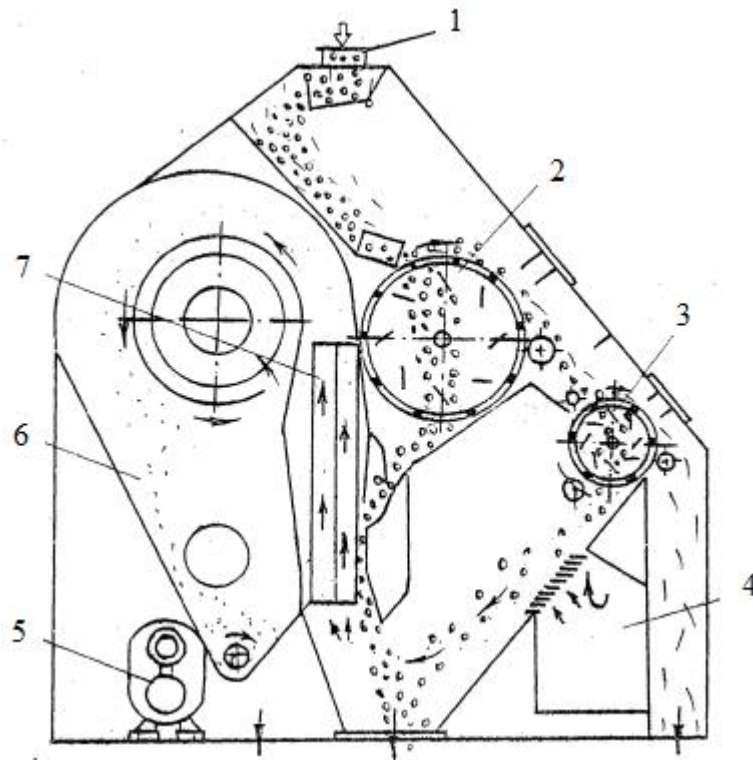


Рисунок 1.6 – Схема скальператори МГПЗ-74

- 1 – приймальний патрубок; 2 – ситовий барабан більшого діаметра;
 3 – ситовий барабан меншого діаметра; 4 – розподільний повітряний канал;
 5 – мотор-редуктор; 6 – осадова камера; 7 – пневмоканал.

Сепаратор марки Граностар-515 цієї ж фірми має два встановлених послідовно ситових циліндра.

Спочатку зерновий матеріал обробляється на циліндрі меншого діаметру, комірки решета якого мають більш дрібні розміри. При цьому знизу матеріал продувається повітряним потоком, який забирає легкі домішки в осадових камеру. Повітряний потік створює рухливість шару, що зменшує кількість зерна в сходових з циліндра фракції. Матеріал надходить на другий циліндр, де просівається зерно, що залишилося і виділяються великі домішки. Машина виділяє додаткову фракцію дрібних домішок і має продуктивність 24 т/год.

За аналогічною схемою (рис. 1.7) працює здвоєний варіант моделі С 800D Шведської фірми Linde Machiner продуктивністю 80 т/год – машина С 1600D продуктивністю 160 т/год [49].

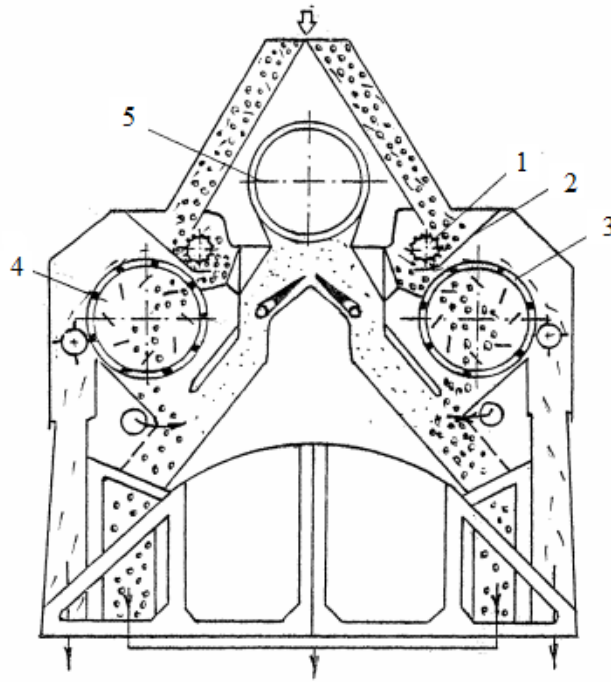


Рисунок 1.7 – Схема скальператора С 1600D

1 – живильник; 2 – живильний лоток; 3, 4 – ситові барабани; 5 – барабан відсмоктування

Машини цієї ж фірми С 400D і С 800D – це скальператори з одним циліндром, пневмосепаратором і одним або двома решітними станами. Матеріал, який пройшов грубу очистку, додатково очищається на двох ярусах плоских пробивних решіт, що здійснюють коливальні рухи. Продуктивність цих машин відповідно 40 та 80 т/год.

Інші модифікації цих машин С 400D і С 800D і С 1200D (рис. 1.8) скомпоновані з трьох робочих органів. Скальператори, решітних станів, пневмосепаратор остаточного очищення і мають продуктивність відповідно 40, 80, 120 т/год. Такі машини можна використовувати для первинного очищення зерна.

Подібні по схемі машини випускають австрійська фірма Heid і інша Шведська фірма Kamas.

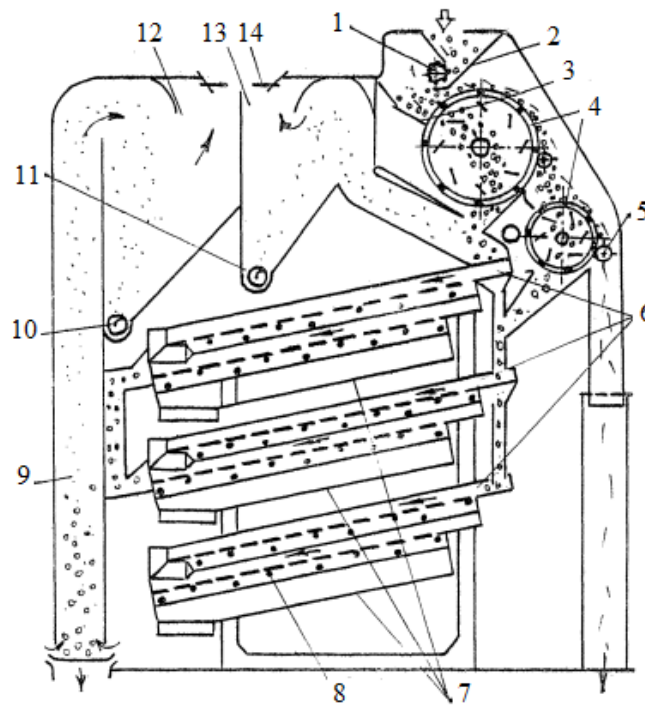


Рисунок 1.8 – Схема сепаратора С 800D (Швеція)

1 – живильний валик; 2 – заслінка; 3 – живильний лоток; 4 – ситові барабани;
 5 – очисний пристрій; 6 – розподільні пристрої; 7 – ситові кузова; 8 – гумові
 кульки; 9 – вертикальний пневмоканал; 10, 11 – шнеки; 12, 13 – осадові камери;
 14 – заслінки.

У машині попереднього очищення SM-120 (рис. 1.9) Шведської фірми Камас для очищення зернового вороху від великих домішок використовують похилий сітчастий транспортер [48]. Машина має два решітних стани, два пневмосепаруючих каналу попереднього і головного очищення і має продуктивність 120 т/год.

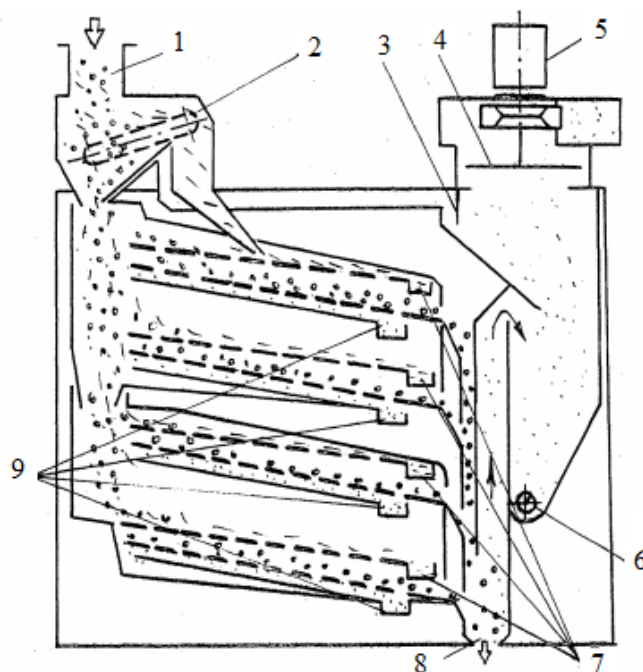


Рисунок 1.9 – Схема машини попереднього очищення SM-120 Kamas (Швеція)

1 – завантажувальна камера; 2 – сітчастий транспортер; 3 – регулятор попереднього пневмосепаратора; 4 - головний регулятор витрати повітря; 5 – вентилятор; 6 – шнек виведення легких домішок; 7 – лоток виведення великих домішок; 8 – приймальна коробка сортувального пневмосепаратора; 9 – лоток для виводу дрібних домішок.

Висновки за розділом

В особливо складних умовах збирання та післязбиральної обробки зернових в районах підвищеного зволоження необхідна негайна і високоефективна попередня обробка свіжозібраного зернового вороху.

Ті, що випускаються промисловістю ворохоочисні машини не справляються з попереднім очищенням вологого, засміченого зернового вороха. Крім того, використання індустріально-потоківих прийомів післязбиральної обробки зерна висуває завдання підвищення продуктивності машин попереднього очищення, зниження питомої металоємності і енергоємності, а також поліпшення якісних показників робочого процесу. Найбільш ефективного збільшення питомої

продуктивності машин слід очікувати по шляху інтенсифікації процесу очищення за рахунок використання нових методів і засобів поділу зернового матеріалу.

Вищенаведений аналіз методів і засобів попереднього очищення зерна дозволяє вважати найбільш перспективними для переробки зернового вороху підвищеної вологості комбіновані робочі органи, створені на основі пневморешетних сепараторів скальператорного типу. Тому метою цієї роботи є дослідження методу підвищення питомої продуктивності циліндричного решета з зовнішньої робочою поверхнею і обґрунтування параметрів і режимів спільної роботи повітряного потоку і решітного сепаратора.

Виходячи з усього вищевикладеного та у відповідність з поставленою метою було визначено наступні завдання:

- обґрунтувати метод інтенсифікації процесу попереднього очищення зернового вороху циліндричним решетом з зовнішньої робочою поверхнею;
- вишукати і розробити принципову схему високопродуктивного робочого органу для попереднього очищення зернового вороху підвищеної вологості;
- провести перевірку перспективності запропонованого методу попереднього очищення зернового вороху;
- виконати експериментальні дослідження по визначенню раціональних режимів і параметрів досліджуваного засобу очищення зернового вороху;
- провести розрахунок вартості наукового дослідження.

Об'єкт дослідження – процес сепарації зернової суміші на підсівному решеті в відцентрово-решітному сепараторі.

Предмет дослідження – закономірності процесу сепарації на підсівному решеті з внутрішнім барабаном відцентрово-решітного сепаратора.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА

2.1 Обґрунтування методу інтенсифікації процесу переднього очищення зернового вороху циліндричним решетом з зовнішньої робочою поверхнею

Теоретичний опис робочих процесів, здійснюваних зовнішньою поверхнею циліндричних решіт і транспортувальних пристроїв наводиться в дослідженнях [25, 36, 48].

Перераховані автори торкалися питань переміщення частинки, що рухається відносно циліндричної поверхні і в основному при вивченні процесів очищення зерна від дрібних і легких домішок.

В результаті теоретичного аналізу [20] встановлено, що істотний вплив на виконання технологічного процесу очищення надають: величина подачі зерна на поверхню барабана і його частота обертання, кут подачі вихідного продукту, швидкість руху шару та ін.

В роботах [11, 17] визначено, що продуктивність сепаратора залежить від товщини шару, що подається, швидкості шару матеріалу і знаходиться в прямій залежності від діаметра циліндра.

В результаті досліджень, представлених в роботі [19] теоретично обґрунтовано і експериментально доведено позитивний вплив зернового потоку на захоплення барабаном частинок нижнього шару, що дозволяє збільшити активну дугу просіювання; виявлено суперечливий вплив відносної окружної швидкості барабана до швидкості потоку на просіювання частинок зерна і виділення довгих домішок. При цьому встановлено, що основними факторами, що впливають на ефективність процесу, є: нахил живильного лотка до горизонталі, кут подачі вихідного продукту, кругова швидкість барабана і швидкість руху шару.

У роботі [47] вказується, що на процес сепарування в скальператорних машинах впливають не тільки кінематичні і установчі параметри ситового барабана і живильного лотка, але і фізико-механічні властивості зернової суміші.

Наявні теоретичні та експериментальні дослідження, а також конструктивні рішення використання циліндричних решет з зовнішньої робочою поверхнею в якості робочого органу в зерноочисних машинах сприяли розробці схеми технологічного процесу і визначення основних параметрів робочого органу для очищення вологого, засміченого зернового вороху, однак вирішальне значення на виконання поставленого в роботі цілі зробила робоча гіпотеза, згідно з якою ефективність робочого процесу очищення зерна циліндричним решетом з зовнішньою робочою поверхнею представляється можливим збільшити за рахунок використання методу, який дозволить:

- збагатити шар зернового вороху до надходження на решітний сепаратор;
- створити умови для сегрегації зернового матеріалу і орієнтації довгих соломистих частинок;
- збільшити час впливу повітряного потоку на зернову суміш;
- створити умови для безперервного і рівномірного надходження зернового вороху з певною швидкістю до робочої поверхні сепаратора;
- забезпечити інтенсивне просіювання зернового матеріалу через решітний сепаратор.

2.2 Схема технологічного процесу

Відсутність досвіду застосування циліндричних решіт, зробило необхідним на першому етапі робіт йти по шляху розробки і дослідження ряду конструктивних рішень макета робочого органу ворохоочисника. В результаті пошукових робіт була прийнята схема робочого процесу, представлена на рис. 2.1.

Сепаратор містить бункер 11 з заслінкою, аероживильник, що складається з повітряного каналу 10 і повітрярозподільної перегородки 9, шарнірно з'єднаної з

лотком-інтерсифікатор 7, встановленим під кутом до горизонтального циліндричного решета 6, має збірники фракцій 1, 5.

При цьому повітродозподільна перегородка 9 і лоток-інтенсифікатор 7 мають наскрізні похилі щілини 14, утворені пластинами 15 з постійним кутом виходу струменів повітря відносно площин перегородки і лотка. Сепаратор має короб 8, який утворює випускний патрубок 2, який може приєднуватися до інерційного пиловідокремлювача або централізованої аспіраційної системи зерноочисного агрегату та повітропідвідному каналу 10, що підключений до вентилятора 13. У внутрішній порожнині циліндричного решета 6 встановлено напрямник 4 потоку зернового матеріалу; зовні встановлена очисна щітка 3.

Робочий процес сепаратора виконується наступним чином: зерновий ворох з бункера 11 через регульований заслінкою 12 отвір надходить на повітродозподільну перегородку 9, на якій під дією аеродинамічних складових струменів повітря переміщається до лотка-інтенсифікатора 7 і циліндричного решета 6. Облаштовані пластинами 15 щілини 14 забезпечують необхідний коефіцієнт живого перетину повітродозподільної перегородки і підтримують умовну швидкість фільтрації повітря, необхідні для псевдозрідження зернового матеріалу і його повітряної сепарації при сталих режимах роботи вентилятора.

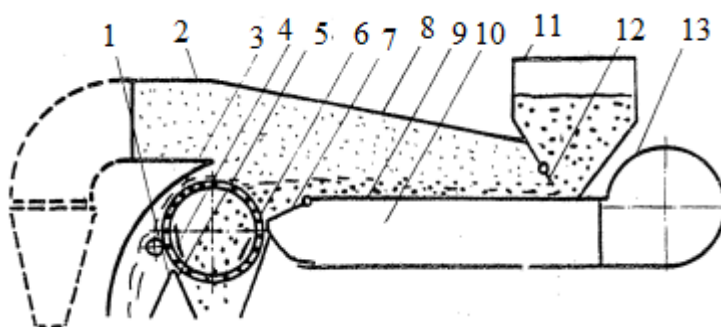


Рисунок 2.1 – Схема технологічного процесу установки для попереднього очищення зернового вороху

У міру переміщення зернового матеріалу по повітродозподільній перегородці 9 відбувається перерозподіл фракційного складу. Легкі домішки виділяються повітряним потоком, структура якого визначена коробом 8, і

направляються до випускного патрубку 2. соломисті частки спливають, переміщуються в верхній шар зернового матеріалу. Зерновий ворох надходить на лоток-інтенсифікатор 7, який має більший коефіцієнт живого перетину, ніж аероживильник, в результаті чого різко інтенсифікуються процеси сегрегації і просіювання частинок через отвори циліндричного решета 6.

При цьому зерновий матеріал, який потрапляє на лоток-інтенсифікатор 7 піддається складній дії повітряного потоку: на частки зернового матеріалу впливає аеродинамічна складова сили, що переміщає шар, яка проштовхує частки крізь решето 6; підвищення рівномірності зрідження і різниці зернового матеріалу сприяє зменшенню коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя частинок; взаємодія решітної поверхні горизонтального циліндричного решета 6 з рухомим шаром матеріалу приводить його в аеропульсований стан за рахунок сукупного циклічного впливу перемичок решета і направлених струменів повітря, що виходять із щілин лотка-інтенсифікатора 7. Це відбувається внаслідок того, що в зоні лотка 7 псевдозріджений шар надходить до циліндричного решета 6 з певною швидкістю. При цьому через певні інтервали часу на шар впливає черговий струмінь повітря з частотою, яка визначається середньою швидкістю переміщення шару до решета і відстані між щілинами лотка.

При цьому значно збільшується продуктивність циліндричного решета 6 і ефективність виділення смітних домішок. Для запобігання потрапляння зерна в відходи з великими і довгими домішками лоток-інтенсифікатор 7 розташовується так, що площина, проведена паралельно виходять з лотка 7 струменів повітря і відносно до циліндричної поверхні решета 6, утворює з горизонталлю певний заспокоювач.

Пристрій конструктивно простий і не має вібруючих або коливальних 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).

У відповідність з вищеописаною схемою технологічного процесу попереднього очищення зернового вороху була створена експериментальна установка, схема якої приведена на рис. 2.2.

На рамі 1 закріплені передня 2, задня 16 і центральна 20 опори, які забезпечують необхідну жорсткість лонжерону 26 і дозволяють змінювати положення робочих органів щодо горизонталі.

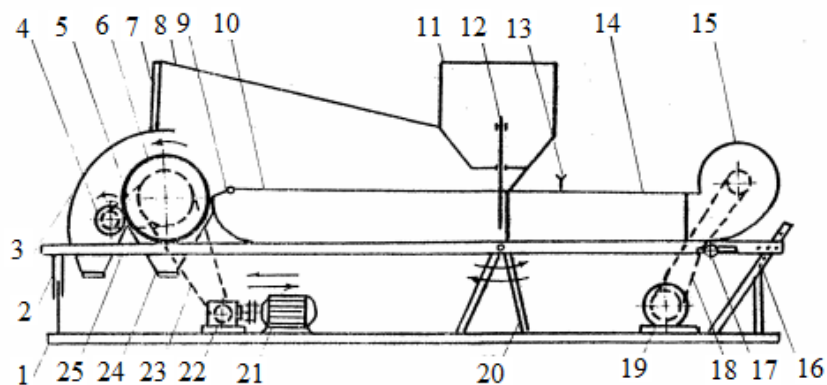


Рисунок 2.2. – Схема експериментальної установки

На лонжероні 26 встановлені: вентилятор 15 з вирівнювальним каналом 14, завантажувальний бункер 11, аероживильник 10 з лотком-інтенсифікатором 9 і циліндричне решето 6 з очисною щіткою 4.

Аероживильник 10 зверху закритий коробом 8, що створює випускний патрубок 7, при цьому одна з бічних стінок короба 8 виконана з органічного скла. Вмвід продуктів з установки здійснюється через збірники фракцій 3 і 24. Решето 6 має індивідуальний привід від електродвигуна 21 постійного струму через редуктор 22 і ремінну передачу 23, що дозволяє плавно змінювати число обертів барабана в діапазоні від 0 до 100 об/хв.

Щітка 4 волосяна, кругла, має привід від зірочки, насадженої на вал барабана циліндричного решета 6, за допомогою ланцюгової передачі 5 що обертається в ту ж сторону, що і барабан. Кругова швидкість очисної щітки 4 змінюється синхронно при регулюванні частоти обертання решета 6.

Вентилятор 15 приводиться в обертання від електродвигуна 19 постійного струму за допомогою пасової передачі 18 з натяжним роликком 17 і може плавно

змінювати повний тиск повітряного потоку в мережі до 1600 Па. На вирівнюючому каналі 14 закріплена рамка 13 для установки трубки Піто. Конструкція повітророзподільної перегородки аероживильника 10 і лотка-інтенсифікатора 9 не відрізняється від описаної на рис. 2.1.

У завантажувальному бункері 11 встановлена рукоятка 12 керування живильною заслінкою.

В табл. 2.1 наводяться основні параметри і кінематичні режими роботи експериментального ворохоочисника в період впробування.

Таблиця 2.1 – Основні параметри і режими роботи експериментального ворохоочисника

Параметр	Од. виміру	Значення
1. Діаметр циліндричного решета	мм	400
2. Тип решета	плетене	
3. Розмір вічка решета	мм	15×15
4. Частота обертання решета	об/хв	33 – 35
5. Діаметр очисної щітки	мм	100
6. Частота обертання очисної	158	168
7. Тип повітророзподільної перегородки аероживильника	щілинна	
8. Кут виходу струменів повітря до площини перегородки	град	70 – 76
9. Довжина лотка-інтенсифікатора	мм	80
10. Кут нахилу лотка-інтенсифікатора до горизонталі	град	15
11. Кут нахилу аероживильника до горизонталі	град	±8
12. Довжина вирівнюючого каналу	мм	1200
13. Висота вирівнюючого каналу	мм	200
14. Довжина аероживильника	мм	1500
15. Робоча ширина ворохоочисника	мм	200
16. Кут подачі до циліндричного решета	град	0°
17. Повний тиск повітряного потоку	Па	1200 – 1600
18. Витрата повітря	м ³ /год	0,55 – 0,58
19. Тип вентилятора		Ц-14-46

Регулювання частоти обертання двигунів постійного струму виконували через два діодних випрямляча в зборі з трансформаторами РНО-10/250, які підключали до однофазної мережі змінного струму $V = 220$ В. Подачу зернового матеріалу змінювали заслінкою, а положення робочих органів щодо горизонталі – поворотом лонжерона в центральній шарнірній опорі і фіксували в відповідних точках кріплення передньої і задньої опор. Робочий процес сепаратора виконується відповідно до опису до технологічної схемою.

2.3 Перевірка перспективності запропонованого методу попереднього очищення зернового вороху

Основне завдання експериментальних досліджень перевірка гіпотези про можливість збільшення питомої продуктивності циліндричного решета з порушеною робочою поверхнею і підвищенні якості очищення зернового вороху підвищеної вологості за попередньою обґрунтованим методом.

Необхідно було виявити основні фактори, що впливають на ефективність сепарування, і визначити приблизну їх область варіювання.

При проведенні експериментів використовували зерновий ворох, що надходить від комбайнів на майданчик елеватора, характеристика якого наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика зернового вороху

Культура	Вологість, %	Засміченість, %	Склад смітної домішки		
			Крупні домішки, %	Насіння бур'янів, %	Легкі домішки, %
Ячмінь	26	4,5	2,6	1,15	0,75
Пшениця	24	2,4	1,12	0,83	0,40

На першому етапі експериментальних досліджень виконуємо візуальну оцінку ступеню впливу окремих факторів на робочий процес сепаратора. В ході попередніх експериментів виявлено:

1. Найбільш стабільні режими роботи пристрою при діапазоні подачі зернового вороху до решета шаром 50 – 100 мм;

2. Підвищенню пропускної здатності циліндричного решета сприяють збільшення тиску повітряного потоку і коефіцієнта живого перетину лотка-інтенсифікатора. Даний ефект зберігається тільки в певному діапазоні, подальше збільшення тиску в мережі не призводить до помітного підвищення пропускної здатності решета, а перевищення оптимального значення коефіцієнта живого перетину лотка-інтенсифікатора призводить до різкого зростання втрат.

3. При сталих режимах роботи вентилятора і подачі зернового матеріалу з випускного вікна бункера в межах $\pm 20\%$ пропускна здатність ворохоочисника залишається практично незмінною, що дозволяє здійснювати самостабілізацію подачі зернового вороху до циліндричного решета в зазначених межах за допомогою аероживильника.

Дані експериментів (табл. 2.3) показали високу питому пропускну здатність експериментального робочого органу з попередньо обґрунтованого нами методу.

Таблиця 2.3 – Результати визначення перспективності запропонованого методу очистки зернового вороху

Культура	Пропускна здатність, т/год·м ²	Повнота розділення, %		Втрати, %
		Загальна	Частинок довжиною більше 50 мм	
Ячмінь	4,5 – 4,9	40 – 50	93 – 97	0,29 – 0,57
Пшениця	5,5 – 6,0	50 – 70	Більше 95	0,22 – 0,35

Отримані результати свідчать про доцільність продовження досліджень в даному напрямку.

Висновки за розділом

1. Для інтенсифікації процесу попереднього очищення зерна циліндричним решетом з зовнішньої робочою поверхнею доцільно використовувати метод, що полягає в підвищенні ефективності сепарування, що досягається за рахунок включення в схему робочого органу організованого повітряного потоку, що дозволяє забезпечити збагачення і сегрегацію шару зернового матеріалу, необхідну орієнтацію довгих частинок домішок і інтенсивне просіювання псевдозріджених зерновий фракції через решітний сепаратор.

2. Результати перевірки запропонованого способу свідчатимуть про доцільність проведення досліджень в даному напрямку з метою обґрунтування високопродуктивних засобів попереднього очищення зерна.

3. Основними факторами, що впливають на ефективність досліджуваного процесу, є:

- подача матеріалу;
- витрата повітря;
- коефіцієнт живого перетину, гідравлічний опір повітророзподільних перегородок і їх установчі параметри.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма досліджень

На підставі огляду досліджень і проведеного аналізу процесу попереднього очищення зерна була визначено наступну програму експериментальних досліджень:

1. Виявити вплив основних кінематичних режимів, конструктивних параметрів пневморешітного сепаратора, параметрів повітряного потоку на кількісні і якісні показники робочого процесу очищення зернового вороху:

- питому продуктивність;
- втрати зерна у відходи;
- повноту виділення бур'янистих домішок;
- повноту виділення крупних домішок

2. Визначити область раціональних значень основних параметрів і режимів роботи аероживильника:

- кута виходу струменів повітря з щілин розподільника перегородки аероживильника;
- кута нахилу перегородки до горизонталі;
- режимів подачі зернового матеріалу і повітря.

3. З'ясувати вплив вологості оброблюваного зернового матеріалу на якісні та кількісні показники робочого процесу очищення зернового вороху від великих домішок.

3.2 Експериментальна установка, прилади та обладнання

Для досліджень технологічного процесу циліндричного решета з зовнішньої робочою поверхнею, що працює з аероживильником і без нього, була створена універсальна експериментальна установка, основні параметри і конструктивні

параметри якої були встановлені на основі результатів теоретичних досліджень і попередніх пошукових дослідів.

Установка складається з основних частин (рис. 3.1): рами, бункера, аероживильника з лотком-інтенсифікатором, повітряної камери, секції решітного сепаратора, генератора повітряного потоку з повітроводами і приводу. Рама складається з лонжерона 27, передньої телескопічної опори 32 і центральної шарнірної опори 25. На лонжероні 27 встановлені: завантажувальний бункер 15, вирівнюючий канал 20, аероживильник, що складається з повітряного каналу 12 і повітродозподільної перегородки 11, з лотком-інтенсифікатором 7, редуктора 30 і електродвигуна 28 приводу решітного сепаратора. У завантажувальному бункері 15 встановлена рукоятка 16 управління живильною заслінкою 17.

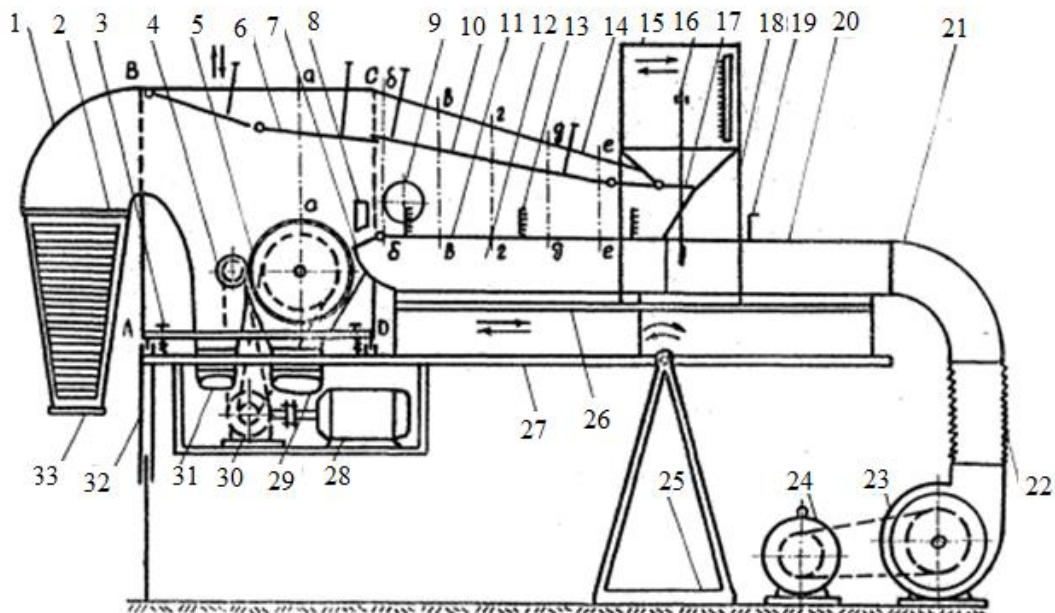


Рисунок 3.1 – Схема експериментальної установки для очищення зернового вороху

У секції решітного сепаратора консольно-закріплене циліндричне решето 5 і очисна щітка 4. Конструкція циліндричного решета (рис. 3.5) дозволяє здійснювати обертання барабана на нерухомій осі. Вивід продуктів з установки проводиться через перекидні клапани 29, 31 і інерційний пиловідокремлювач 33.

Повітряний потік від вентилятора 23 підводиться до вирівнюючого каналу 20 за допомогою брезентового рукава 22 і коліна 21.

Завантажувальний бункер 15 чотирма стійками 18 спирається на опору 26, що дозволяє змінювати положення бункера по ходу переміщення матеріалу. Положення експериментальної установки щодо горизонталі змінюється поворотом лонжерона навколо центральної шарнірної опори 25 і фіксується передньою телескопічною стійкою 31. Циліндрове решето 5, очисна щітка 4 і вентилятор 23 мають індивідуальний привід від електродвигунів 24, 28 постійного струму які споживають електроенергію від двох діодних випрямлячів в зборі з трансформаторами, які підключали до однофазної мережі змінного струму напругою 220 В. Як генератор повітряного потоку використовували вентилятор Ц 14-46.

Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження робочого процесу циліндричного решета з зовнішньою робочою поверхнею і аероживильником представлений на рис. 3.2, без аероживильника – на рис.3.3.

Установка працює наступним чином. Зерновий купу з бункера 15 через регульований заслінкою 17 отвір надходить на повітророзподільну перегородку 11, по якій під дією струменів повітря переміщається до лотка-інтенсифікатора 7 і циліндричного решета 5.

У міру переміщення зернового матеріалу по аероживильнику відбувається сепарування вороху. Пил і легкі домішки виділяються повітряним потоком і направляються до випускного патрубку 1 в інерційний пиловідокремлювач 33. Соломисті частки спливають, переміщаються в верхній шар зернового матеріалу. Зерновий ворох надходить на лоток-інтенсифікатор 7, де різко інтенсифікується процес сегрегації, повітряної сепарації і просівання частинок через отвори циліндричного решета 5.

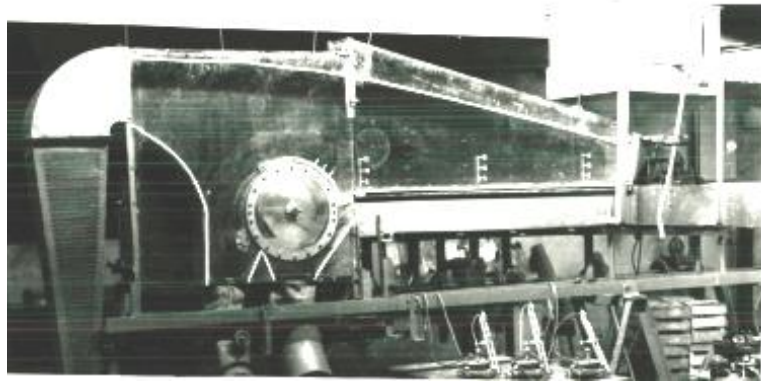


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд експериментальної установки

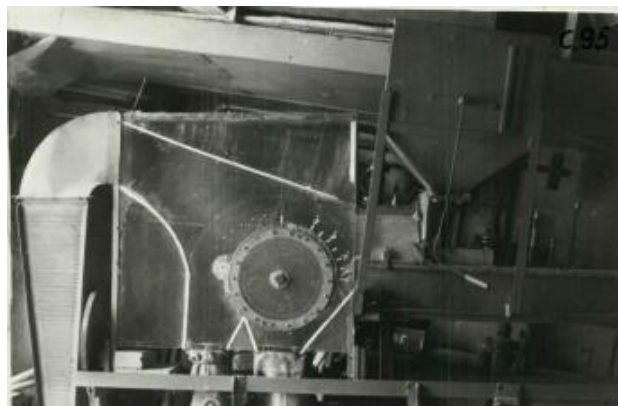


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд експериментальної установки без аероживильника.

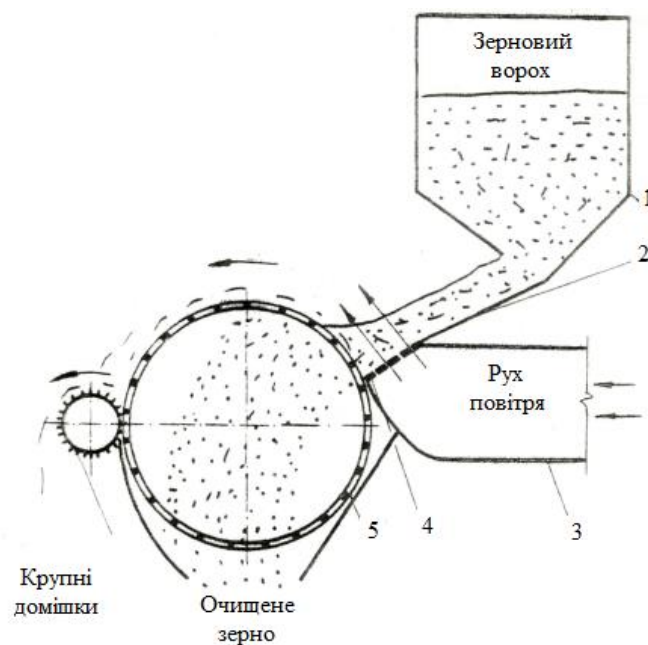


Рисунок 3.4 – Схема пристрою для очищення зернового вороху від крупних домішок

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

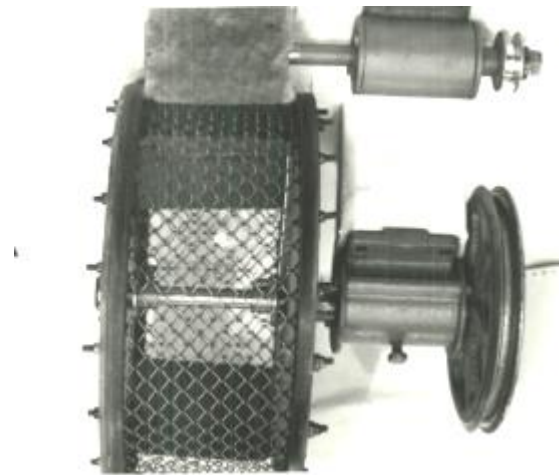


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд механізмів циліндричного решета і очисної щітки

Соломисті частки і інші великі домішки, що спливли виділяються решетом 5 і йдуть в схід, а збагачений очищений зерновий матеріал проходить крізь решето. Виділені фракції виводяться з установки через перекидні клапани 29, 31 і пиловідокремлювачі 33.

3.3 Методика проведення експериментальних досліджень

3.3.1 Методи встановлення режимів роботи

Подачу зернового матеріалу з бункера регулювали величиною відкриття заслінки.

Витрата повітря і тиск повітряного потоку, частота обертання циліндричного решета і очисної щітки регулювали зміною частоти обертання привідних валів електродвигунів за допомогою регуляторів напруги.

Місце подачі вороху на поверхню циліндричного решета встановлювали переміщенням секції решітного сепаратора «вгору-вниз».

Коефіцієнт живого перетину і кут виходу потоку повітря з щілин повітророзподільної перегородки лотка-інтенсифікатора встановлювали змінними повітророзподільними перегородками (рис. 3.6).

Кут нахилу лотка-інтенсифікатора до горизонталі змінювали поворотом лотка в шарнірі щодо поверхні аероживильника.

Кут нахилу аероживильника до горизонталі регулювали поворотом лонжерона навколо центральної шарнірної опори.

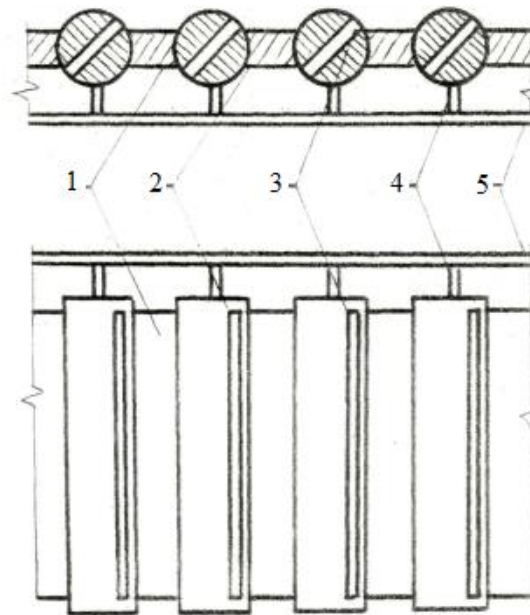


Рисунок 3.6 – Схема повітророзподільної перегородки з можливістю регулювання кута виходу струменів повітря

- 1 – пластина; 2 – валик; 3 – щілина для виходу повітря; 4 – поводок;
5 – планка.

3.3.2 Методика проведення дослідів

Порядок проведення експериментальних досліджень в кожному випадку залишався одним і тим же і полягав в наступному:

1. На експериментальній установці встановлювали необхідні значення досліджуваних і фіксованих параметрів.
2. Готували вихідну зернову суміш масою 100 кг.
3. Під вихідні лотки ставили ємності (по дві на кожен з двох лотків).
4. Включали установку і відкривали на необхідну величину шиберну заслінку для забезпечення заданої подачі матеріалу.
5. При сталому режимі, через 5 – 8 секунд після пуску, виробляли одночасний поворот відкидних лотків і зерновий матеріал (сход і прохід)

надходив в окремі контрольні ємності. При повороті лотків замикався електричний ланцюг, і включався електронний секундомір.

6. Після закінчення 6 – 10 секунд усталеного режиму роботи сепаратора, чому відповідає час сепарації 50 % підготовленої суміші, лотки ставили в початкове положення, при цьому розмикалася електричне коло в електронному секундоміре. Закривали заслінку бункера, і вимикали привід установки.

7. Робили зважування матеріалу з кожної контрольної ємності.

8. Проходова фракція піддавалася сепарації на плоскому решеті з отворами діаметром 2,5 мм для визначення втрат зерна у відходи.

9. Всі отримані дані дослідів заносили в журнал спостережень, і робили обробку результатів.

10. Після проведення досліду зернову суміш додатково очищали від дрібних домішок на лабораторному решітному класифікаторі фірми «Petkus», з метою створення однорідної зернової суміші для проведення наступного досліду.

При обраному довірчому інтервалі в 0,95 кількість дослідів прийнято рівне 3. Як показали попередні експерименти, відхилення по повторюваностям відрізнялися не більше ніж на 5 %. Це дозволило залишити проведення дослідів в триразовою повторністю.

Після проведення досліду і записи отриманих результатів в журнал спостережень, далі проводилася зміна регульованого параметра і досліди тривали.

Теоретичні дослідження, апріорне ранжування факторів, а також попередні однофакторні експерименти дозволили виділити фактори, що впливають на ефективність сепарування:

$$\varepsilon = f(C_0, d_p, Q, \beta, S, \omega_p, \omega_b, h_A, W, b_p, \gamma);$$

$$\Pi = f(C_0, d_p, Q, \beta, S, \omega_p, \omega_b, h_A, W, b_p, \gamma),$$

де C_0 – початкова засміченість зернової суміші, %;

d_p – діаметр отворів решета, мм;

Q – подача зернової суміші, т/(год·м²);

β – кут нахилу, град;

ω_p – кутова швидкість обертання решета, с⁻¹;

h_A – товщина активного шару, мм;

W – вологість вихідного матеріалу, %;

b_p – ширина продовгуватих отворів решета, мм;

γ – кут нахилу продовгуватих отворів решета щодо твірної циліндричного решета, град.

Для оцінки технологічного ефекту сепарації розроблено і використовується досить велика кількість методів [15, 16].

3.3.3 Критерії оцінки ефективності робочого процесу пневморешітного сепаратора

Якість роботи машин попереднього очищення і їх робочих органів визначають такими показниками:

- повнотою виділення смітної домішки;
- повнотою виділення часток стебел довжиною понад 50 мм (при цьому частки товщиною не менше 20 мм повинні виділятися повністю);
- втратами повноцінного зерна у відходи;
- дробленням насіння основної культури.

В процесі попередньо виконаних досліджень дроблення насіння не відзначалося, а частки товщиною не менше 20 мм відокремлювались повністю. У зв'язку з цим, якісну оцінку ефективності робочого процесу пневморешітного сепаратора проводили за наступними критеріями:

1. Повнота виділення смітної домішки E , %:

$$E = \frac{\Delta P}{P_u} \cdot 100, \% \quad (3.1)$$

де $\Delta P = P_u - P_o$ – кількість виділеної смітної домішки, %;

P_u, P_o – вміст домішки відповідно в початковому і очищеному зерновому матеріалі, %.

2. Повнота виділення часток стебел довжиною понад 50 мм:

$$E_c = \frac{\Delta P_{\partial}}{P_{uc}}, \quad (3.2)$$

де $\Delta P_{\partial} = P_{uc} - P_{oc}$ – кількість виділених часток стебел довжиною більше 50 мм;

P_{uc}, P_{oc} – вміст часток стебел довжиною понад 50 мм відповідно в початковому і очищеному зерновому матеріалі.

3. Втрати повноцінного зерна у відходи Π , %;

$$\Pi = \frac{m \cdot 100}{M}, \quad (3.3)$$

де $m = m_k + m_l$ – маса насіння основної культури у відходах, кг;

m_k, m_l – маса насіння основної культури відповідно у відходах з великими домішками і у відходах з легкими домішками, кг;

M – маса насіння основної культури у вихідному матеріалі, кг.

Визначення економічних показників досліджуваного процесу проводили за наступними показниками:

1. Питома продуктивність робочого органу, т/год:

$$q = \frac{\Pi_p}{S \cdot 3,6}, \quad (3.4)$$

де $\Pi_p = \frac{M_u}{T}$ – продуктивність сепаратора;

M_u – маса матеріалу, обробленого під час дослідження, кг;

T – час взяття проби, с;

S – ширина решета, дм.

2. Питома витрата енергії N_y , кВт·год/т:

$$N_y = \frac{Q \cdot P}{G \cdot 1000}, \quad (3.5)$$

де Q – витрата повітря, м³/с;

P – тиск повітря в повітропідвідному каналі, Па;

G – продуктивність установки, т/год.

3.3.4 Методика обробки дослідних даних

При визначенні основних параметрів повітряного потоку отримані дослідні дані обробляли за допомогою наступних розрахункових співвідношень:

1. Повний тиск P повітряного потоку

$$P = A_1 \cdot \kappa \cdot \Pi_B \cdot \Pi_C \cdot \xi_T, \text{ Па} \quad (3.6)$$

2. Статичний тиск P_C повітряного потоку

$$P_C = A_2 \cdot \kappa \cdot \Pi_B \cdot \Pi_C \cdot \xi_T, \text{ Па} \quad (3.7)$$

3. Динамічний тиск P_∂ повітряного потоку

$$P_\partial = P - P_C, \quad (3.8)$$

де A_1, A_2 – смужка на мікроманометрі для замірів відповідно повного і статичного тиску;

κ – коефіцієнт тарировки шкали, $\kappa = \sin \alpha \cdot \rho_c$, де α – кут нахилу трубки мікроманометра, град. ρ_c – щільність спирту, кг/м³;

P_B – поправочний коефіцієнт, що служить для приведення повітря до стандартних умов (абсолютної температури $T = 293K$, барометричному тиску $B_0 = 0,101$ МПа і відносної вологості $\varphi_0 = 0,5$);

P_C – поправочний коефіцієнт;

ρ – щільність повітря, кг/м³;

ξ_T – тарувальний коефіцієнт трубки.

4. Швидкість повітряного потоку V в вирівнюючому каналі

$$V = 1,29 \sqrt{P_0}, \quad (3.9)$$

5. Витрата повітря Q

$$Q = V \cdot F, \quad (3.10)$$

де F – площа поперечного перерізу вирівнюючого каналу, м².

6. Величину питомої витрати енергії визначали за формулою

$$N_y = N_1 - N_2, \quad (3.11)$$

де $N_1 = \frac{Q \cdot P}{G \cdot 1000}$ – питома витрата енергії на привід вентилятора, кВт·год/т;

N_2 – питома витрата енергії на привід циліндричного решета і очисної щітки,

$N_2 = 0,025 - 0,028$ кВт·год/т.

3.4 Прилади та обладнання, що застосовуються при експериментальних дослідженнях

При експериментальних дослідженнях відцентрово-решітного сепаратора вимірювали і визначали наступні параметри:

1. Кутову швидкість обертання решета $-\omega_p$.
2. Час досліду $-t_d$.
3. Масу матеріалу в проході і в сході з решета $-m_{np}, m_{cx}$.
4. Вологість вихідного матеріалу $-W$.
5. Вихідну засміченість зернового матеріалу $-C_0$.
6. Масу проходової фракції в секціях пробовідбірника m_d – дрібні домішки (смітник), m_k – крупні частки (дрібне і колоте зерно).
7. Ефективність сепарування і втрати зерна у відходи $-\varepsilon, \Pi$.

Частота обертання решета змінювалася частотним перетворювачем Mitsubishi FR-E540-3 і визначалася за допомогою цифрового тахометра ЦАТ- 2М, що дозволяє вимірювати частоту в межах від 10 до 10000 об/хв.

Час досліду замірявся за допомогою електронного секундоміра.

У дослідах споживана потужність на роботу сепаратора реєструвалася за допомогою вимірювального комплексу К-50.

Зважування проходової фракції, а також визначення маси 1000 зерен здійснювалося на лабораторних електронних вагах MW-300Т з точністю вимірювання 0,01 г.

Маса зернової суміші зважувалася на електронних вагах МК-15.2-А20 з максимальною масою зважування 15 кг і похибкою вимірювання 2 гр.

Для визначення вологості зернового матеріалу використовувався аналізатор вологості «Евлас-2М» (МВИ).МВИ використовує термогравіметричний метод визначення вологості, заснований на висушуванні проби з відомої вихідною масою, зважуванні залишку і обчисленні відносної зміни маси з похибкою, що не перевищує $\pm 0,2\%$, при довірчій ймовірності 0,95.

Об'ємна маса зернового матеріалу визначається за допомогою літрової пурки ПХ-1.

Кут внутрішнього тертя зернової суміші визначався по куту природного укосу, який формувався способом насипання [23]. Кут зовнішнього тертя зернового матеріалу по залізу визначався приладом Желіговського В.А., а кут тертя по решету визначали відповідно до методики запропонованої Ворошиловим А.І. [14].

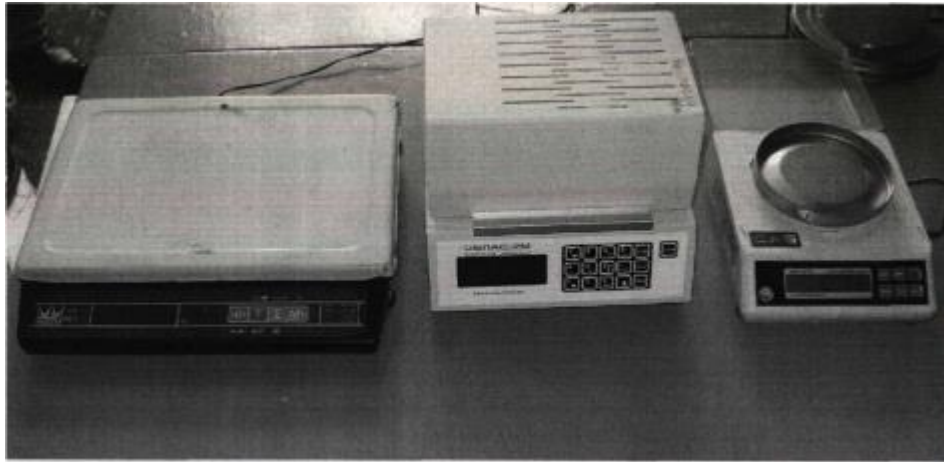


Рисунок 3.7 – Прилади для проведення дослідів: ваги електронні МК-15.2-А20, аналізатор вологості «Евлас-2М» (МВИ), лабораторні електронні ваги MW-300T

Висновки за розділом

В даному розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто програму та методику експериментальних досліджень, щодо визначення оптимальних параметрів роботи повітряно-решітного сепаратора барабанного типу та запропоновано методику підрахунку та методику обробки експериментальних даних.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИРОБНИЧОЇ ПЕРЕВІРКИ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1 Дослідження впливу основних параметрів і режимів роботи аероживильника на ефективність процесу попереднього очищення зернового вороху

Відповідно до результатів теоретичного аналізу та мети досліджень необхідно було визначити області найбільш раціональних параметрів і режимів роботи аероживильника, що забезпечують ефективну попередню очистку зернового вороху.

Для цього виконані експериментальні дослідження, дозволили з'ясувати вплив значущих чинників на показники ефективності досліджуваного процесу.

Розглядаючи досліджуваний процес при статичному тиску в вирівнюючому каналі установки $P_c = 1200$ Па, можна сказати наступне. Подача зернового матеріалу до циліндричного решета здійснюється стійко при $\gamma_a = 45 - 85^\circ$ (рис. 4.1), збільшення $\gamma_a = 45 - 85^\circ$ приводить до деякого зниження q (з $5,6$ т/год·м² до $5,2$ т/год·м²). При $\gamma_a = 90^\circ$ продуктивність установки різко падає досягає мінімального значення $q = 1,5$ т/год·м².

4.2 Вплив діаметра отворів решета на ефективність очищення і втрати зерна у відходи

Дослідами встановлено, що збільшення діаметра отворів решета призводить до зростання ефективності очищення і одночасно до зростання втрат зерна у відходи.

При діаметрі отворів решета рівному 4,0 мм, ефективність $\varepsilon = 88\%$, а втрати зерна у відходи $\Pi = 3,6\%$. Найкращі показники по втратах зерна у відходи 1,1% мають решета з діаметром отворів 3,6 мм, але при більш низькій ефективності $\varepsilon = 71\%$.

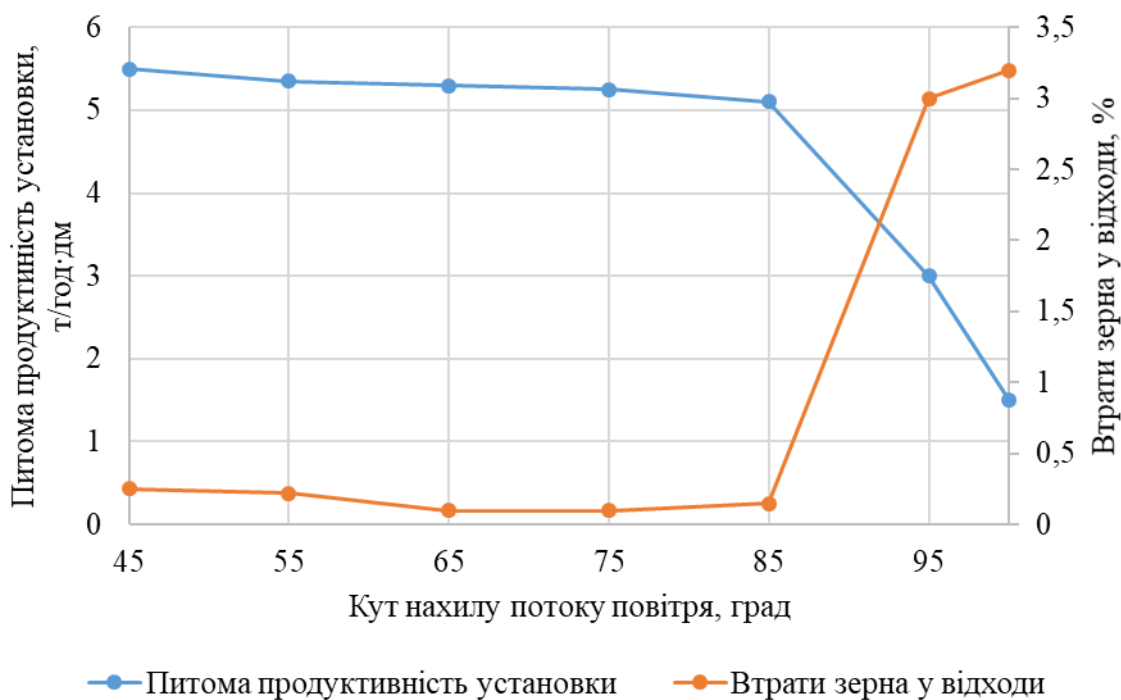


Рисунок 4.1 – Вплив кута виходу повітряного потоку аероживильника на питому продуктивність установки, втрати зерна у відходи

Використання решета з діаметром отворів 3,6 мм дозволяло виділяти не тільки дрібні домішки, такі як суріпка, просо куряче, щиріця, а й дрібне насіння гречишки татарської та гречишки в'юнкової. Виділення цих важковідокремлюваних домішок сприяє розвантаженню машин остаточного очищення.

Таким чином, доцільно встановлювати решета з круглими отворами діаметром 3,6 мм. Збільшення розміру отворів решета обмежується допустимими втратами зерна у відходи. Застосування решіт з меншим діаметром отворів призводить до різкого зниження ефективності виділення домішок, що видно з рисунка 4.2.

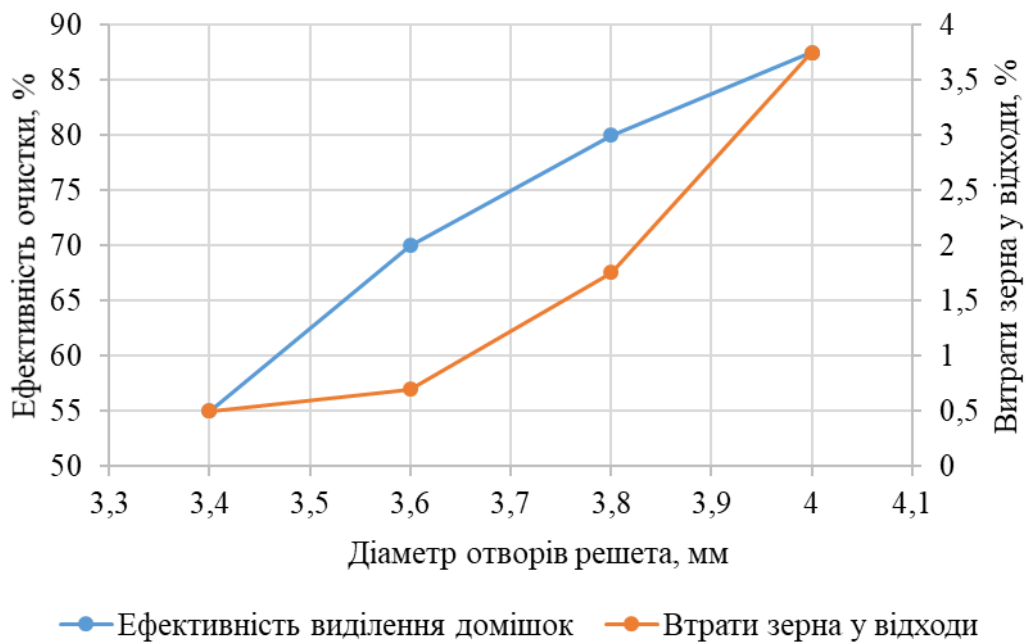


Рисунок 4.2 – Залежність ефективності виділення домішок і втрати зерна у відходи від діаметра отворів решета

Таким чином, дослідями була встановлена висока ефективність очищення зерна від в сепараторі із діаметром отворів решета $d_p = 3,6$ мм. Щоб проводити очищення зерна від важковідокремлюваних домішок, використовуючи даний спосіб сепарування, необхідно провести дослідження в цьому напрямку. Можна припустити, що такий робочий орган буде окремою машиною.

4.3 Дослідження циліндричного решета з продовгуватими отворами при очищенні зерна

Для оцінки роботи циліндричного решета з продовгуватими отворами в сепараторі були поставлені досліди з використанням різних розмірів по ширині.

Проведені експериментальні дослідження з відокремлення від зерна крупних домішок в досліджуваному сепараторі, показали на високу ефективність роботи циліндричного решета з прямокутними отворами, в порівнянні з круглими.

Застосування продовгуватих отворів $2,2 \times 16$ мм, розташованих уздовж вертикальної осі циліндричного решета дозволило отримати ефективність очищення $\varepsilon = 79\%$, а втрати зерна у відходи склали менше $0,2\%$ (рис. 4.3). При однакових параметрах навантаження і вихідної засміченості ефективність очищення зростає на 8% в порівнянні з круглими отворами $d_p = 3,6$ мм. Це говорить про те, що ймовірність виділення крупних домішок із зерна у продовгуватих отворах вище.

Такий результат був досягнутий при середньому діаметрі прохідних частинок від $1,8$ до $2,2$ мм, близьких до розміру продовгуватих отворів циліндричного решета. Можна припустити, що якщо розмір дрібних частинок буде менше, то ефект очищення зростає.

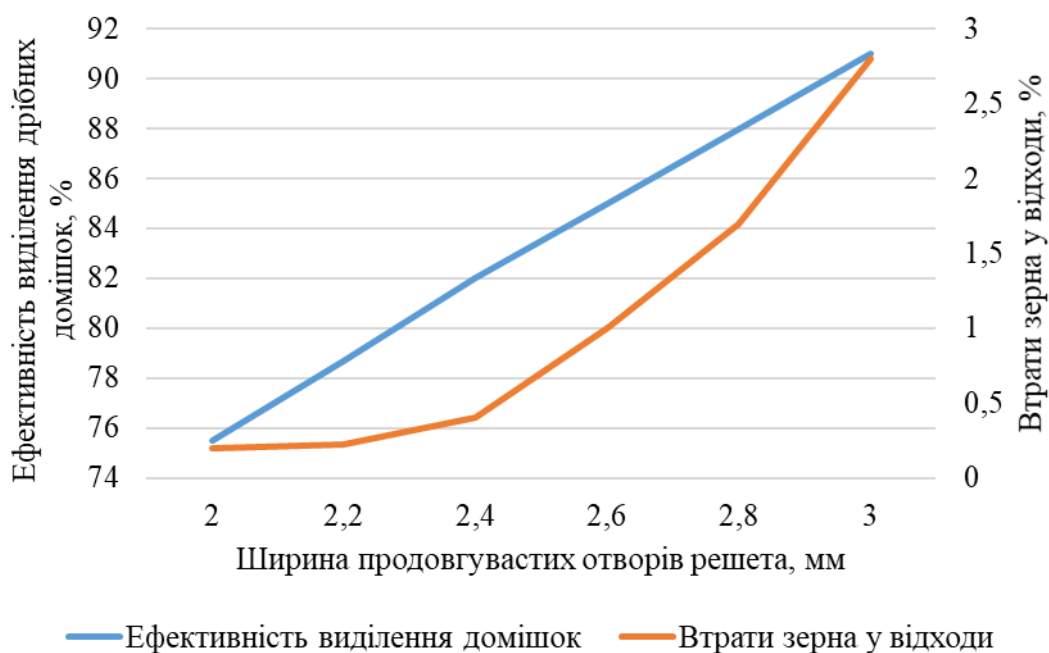


Рисунок 4.3 – Ефективність просіювання дрібних домішок та повноцінного зерна в залежності від ширини отворів решета

З графіка видно, що більш інтенсивно зростає ефективність очищення при збільшенні ширини отворів решета. В діапазоні зміни розмірів отворів $2,0 - 2,6$ мм втрати зерна становлять менше 1% .

Подальше збільшення ширини продовгуватих отворів (понад 2,6 мм) при більш високій ефективності очищення призводить до різкого збільшення втрат зерна. Решета з такими отворами можна використовувати для подальшого очищення і сортування [48]. Таким чином, дослідами встановлена можливість використання решета з прямокутними отворами в досліджуваному сепараторі.

4.4 Вплив питомої подачі зернової суміші на повноту виділення крупних домішок із повноцінного зерна

Проведені дослідження з оцінки впливу подачі зернової суміші на процес сепарації дозволили встановити, що зі збільшенням питомої подачі від 1,45 до 7,51 т/(м²·год) ефективність очищення зерна зростає від 57 до 95 %, що видно з рисунка 4.4. Це пояснюється тим, що товщина зернового шару збільшується, отже, зростає і значення коефіцієнта трансформації силового тиску.

Згідно з дослідженнями, збільшення подачі зернової суміші у сепараторі призводить до зниження повноти виділення крупної домішки від повноцінного зерна. Зауважимо, що при повноті виділення рівній 70 % сепаратор працює при питомій подачі 3 т/(м²·год) тоді як для досліджуваного сепаратора подача зернової суміші склала 5 т/(м²·год).

4.5 Вплив вихідної засміченості зернової суміші на показники процесу сепарації

Засміченість зерна значно впливає на ефективність роботи зерноочисних машин, особливо призначених для попередньої та первинної очистки. Отримана залежність ефективності виділення дрібних домішок та повноцінного зерна від засміченості вихідного матеріалу, представлена на рисунку 4.5.

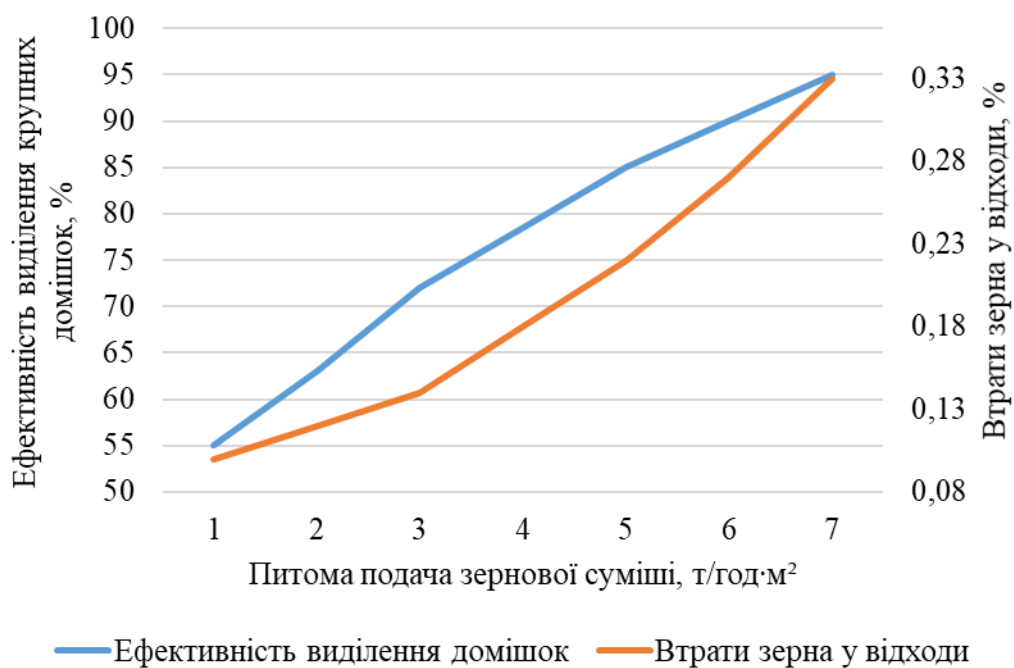


Рисунок 4.4— Вплив питомої подачі зернової суміші на ефективність просіювання дрібних домішок та повноцінного зерна і втрати зерна у відходи

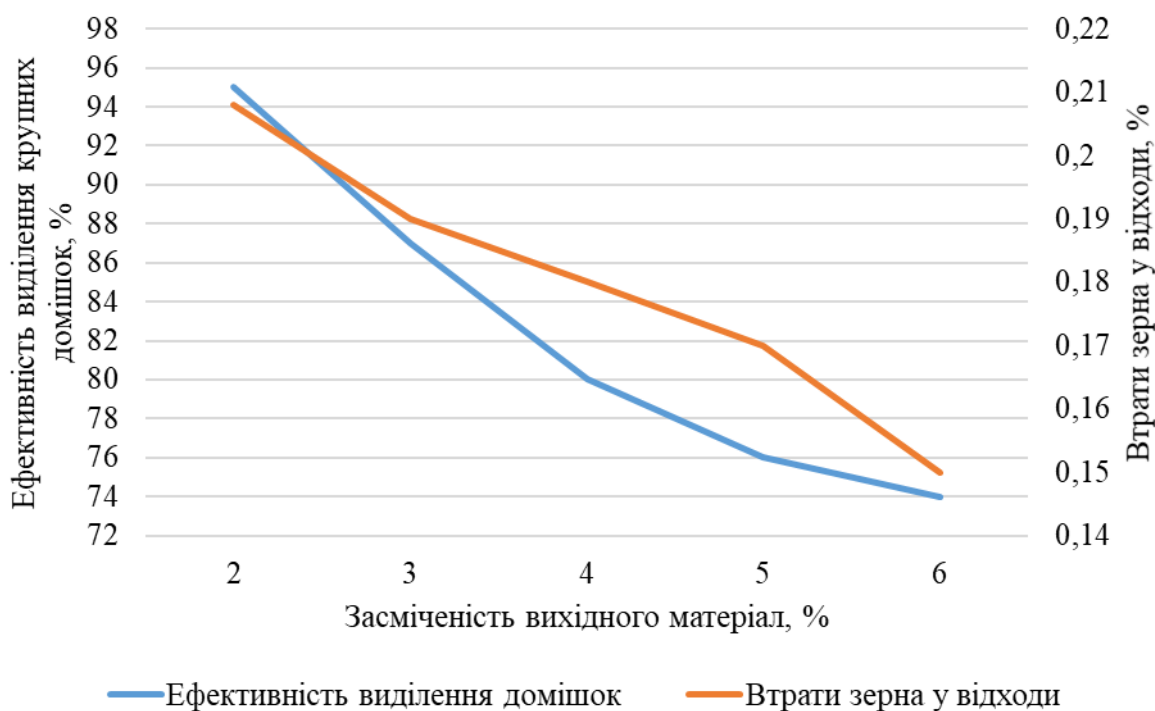


Рисунок 4.5— Залежність ефективності виділення крупних домішок у відходи від засміченості вихідного матеріалу

За графіком добре простежується зниження ефективності очищення при збільшенні засміченості. Підвищення засміченості зернового матеріалу крупними

домішками з 2 до 6 % призводить до зниження ефективності очищення з 95 до 73 %. Зниження склало 22 %, тобто на кожен відсоток збільшення засміченості відбувається зниження ефективності на 4,4 %. Таке зниження характерно для роботи зерноочисних машин. Втрати зерна в відходи зі збільшенням засміченості знижуються. Це пояснюється тим, що отвори решета в процесі сепарації «зайняті» проходовою фракцією.

На основі результатів проведених експериментів можна зробити висновок, що найбільший вплив на зміну ефективності роботи надають кінематичні і конструктивні параметри та технологічні чинники.

4.6 Вплив вологості оброблюваного зернового матеріалу на показники ефективності робочого процесу очищення

У відповідність з ГОСТ 588-95 розрахункова продуктивність машин попереднього очищення знижується в середньому на 5 % на кожен відсоток збільшення вологості зернового вороха понад 16 %, що призводить до непрацездатності машин вже при $W = 36\%$, тобто продуктивність при цьому буде дорівнює 0.

Тому, при проектуванні машин попереднього очищення необхідно використовувати робочі органи, які можуть здійснювати попередню очистку зернового вороху будь-якої вологості, і знати, як впливає вологість на показники ефективності сепарування.

Вивчення цього впливу проводили на робочому органі для очищення зернового вороху від великих домішок при куті подачі $\beta_A = 17^\circ$ і статичному тиску в вирівнюючому каналі установки 600 – 700 Па. Як показники ефективності робочого процесу брали питому продуктивність установки і втрати зерна, враховуючи, що повнота виділення часток стебел довжиною понад 50 мм перебувала в межах агротехнічних вимог.

Аналізуючи отриманий графік залежностей (рис. 4.6), слід зазначити, що зі збільшенням вологості оброблюваного зернового вороху питома продуктивність установки знижується, а втрати зерна ростуть.

Відомо, що зі збільшенням вологості зерна коефіцієнт внутрішнього тертя зерна по решетуі стінки живильника збільшується. При цьому зростає кут природного відкосу і знижується сипкість зерна, що призводить до погіршення умов живлення решета зерновим матеріалом і зниження продуктивності. Однак, при псевдозріджених зерна значення коефіцієнтів тертя значно менше, ніж в умовах відсутності аерації зерна, при цьому полегшуються умови проходження частинок крізь решето і поліпшується витікання зернового матеріалу з бункера. Так, питома продуктивність робочого органу при збільшенні вологості зернового вороху з 14 до 37 % знижується на 46 % і становить відповідно 7,1 і 3,8 т/год·м². У відповідність з отриманими даними, на кожен відсоток збільшення вологості виходить зниження питомої продуктивності установки в середньому на 2% і складає при:

$$W = 14...20\% - 1,4\% ;$$

$$W = 20...30\% - 2,0\% ;$$

$$W = 30...37\% - 3,14\% .$$

Мінімальні втрати зерна 0,025% при $W = 14\%$ і зростають до максимальних 0,11% при вологості 37%. Зі збільшенням вологості матеріалу зона інтенсивного просіювання зерна переміщається до очисної щітці. При цьому шар рухається з решітною поверхнею зернового матеріалу виходить із зони подачі на ділянку, що менш інтенсивно пронизується повітряним потоком, внаслідок чого знову зростають значення коефіцієнтів тертя і погіршується просіювання зерна.

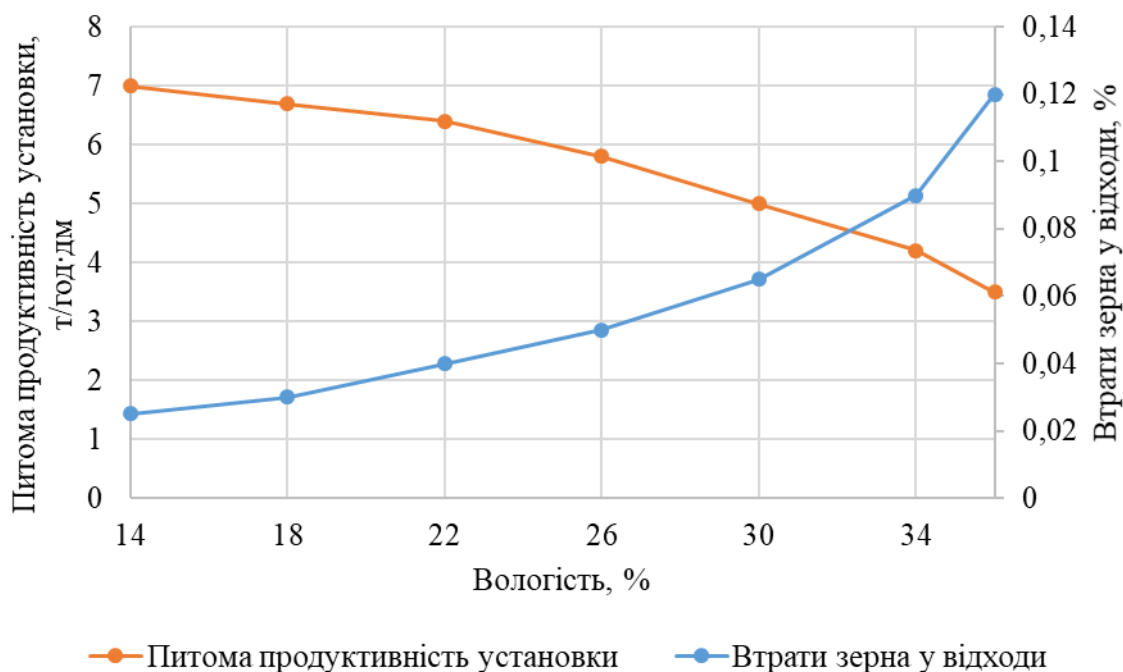


Рисунок 4.6 – Вплив вологості W зернового вороху на питому продуктивність установки і втрати зерна

Таким чином, з використанням запропонованого методу підготовки зернового матеріалу перед подачею його на зовнішню поверхню циліндричного решета, вологість зерна надає значно вплив на зниження питомої продуктивності решітного сепаратора і зростання втрат, ніж у використовуваних ворохоочисниках.

Це дозволяє досягати питомої продуктивності установки $6,5 \text{ т/год}\cdot\text{м}^2$ при обробці зернового вороха пшениці в умовах вологості і засміченості, нормованих агротехнічними вимогами.

4.7 Результати практичного впровадження отриманих результатів

Метою практичного впровадження була перевірка можливості використання експериментального ворохоочисника в складі потокової технологічної лінії підприємства з післязбиральної обробки зерна.

Випробування проводилися в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Павлоградзернопродукт». Для попереднього очищення

зернового вороху використовували експериментальну установку (рис. 3.1, 3.2), пристрій і принцип роботи якої описані в розділі 3.

Експериментальний ворохоочисник встановлювався в потоковій технологічній лінії зерноочисно-сушильного комплексу паралельно стаціонарно працюючому ворохоочиснику типу БЛС.

З завальної ями зерновий ворох через розгалуджувач потоку зерна прямував на одночасно працюючі БЛС і експериментальний пристрій або на один з ворохоочисників. Після попереднього очищення зерно відвантажували в транспортер і прямувало на сушку або на розподіл до вентилязованих бункерів.

При проведенні випробувань протягом на установку надходив зерновий ворох ячменю і пшениці засміченістю 4 – 18 % і вологістю 19 – 36 %.

Аналіз результатів (таблиця 4.1) виробничих випробувань свідчить про досить високу технологічну ефективність використовуваного ворохоочисника навіть в умовах більшої вологості і засміченості ($W = 36\%$ і $S = 18\%$) зернового вороху пшениці питома продуктивність пристрою склала $3,4 \text{ т/год}\cdot\text{м}^2$ при ефективності 71 % і втратах 0,17 %. Перевищення допустимих значень втрат зерна у відходи викликано сильне засмічення зернового вороху великими рослинними залишками. Якщо в умовах невисокої вологості ($W = 20 - 24\%$) зернового матеріалу частина найбільш легких домішок з фракції довгих соломистих частинок виноситься з сепаратора повітряним потоком, то, в даному випадку, більш зволожені великі домішки рослинного походження виділяються тільки циліндричним решетом. Внаслідок цього поверхня решета покривається виділеними домішками, в яких застряють зерна і зростають втрати. У таких найбільш важких умовах доцільно зменшувати подачу зернового матеріалу з одночасним зниженням тиску повітряного потоку в мережі.

Однак, вищевказаний режим попереднього очищення зернового вороху супроводжується високими значеннями критерію ефективності, які зростають, за рахунок збільшення експозиції повітряної обробки при зниженні швидкості потоку зернового матеріалу.

При обробці зернового вороху зерна пшениці з вологістю 26 – 29 % і засміченістю 7 – 11 % пристрій показав питому продуктивність 5,5 – 5,8 т/год·м², а показники втрат зерна та ефективності сепарування знаходять в межах агротехнологічних вимог.

Таблиця 4.1 – Результати практичного впровадження експериментального ворохоочисника в ТОВ «Павлоградзернопродукт»

№ п/п	Показник роботи дослідної установки	Вологість W та засміченість S вихідного матеріалу					
		ячмінь			пшениця		
		$W=19\%$ $S=4\%$	$W=22\%$ $S=5\%$	$W=24\%$ $S=7\%$	$W=25\%$ $S=7\%$	$W=29\%$ $S=11\%$	$W=36\%$ $S=18\%$
1	Питома продуктивність, т/год·м ²	6,5	6,5	5,5	5,8	5,06	3,4
2	Втрати зерна, %	0,042	0,08	0,03	0,039	0,043	0,17
3	Повнота виділення домішок, %	59	51	67	60	63	71
4	Повнота виділення частини стебла довжиною більше 50 мм, %	Не визначено					
5	Чистота кінцевого продукту, %	98,4	97,6	97,7	97,2	5,9	94,6
6	Подрібнення зерна, %	Не визначено					

Надходження зернового вороху зерна ячменю характеризувалося меншими значеннями вологості та засміченості вихідного продукту. В умовах найменшої вологості і засміченості зернового матеріалу ($W = 19\%$ і $S = 4\%$) пристрій показав максимальну питому продуктивність $q = 6,5$ т/год·м². При такій же величині подачі зернового вороху з $W = 22\%$ і $S = 5\%$ повнота виділення смітної домішки знизилася до 51 %, а втрати зросли до 0,08 %. Кращі показники ефективності досліджуваного процесу отримуються при меншій подачі вихідного матеріалу і зниження товщини шару до 85 мм. Так, при обробці вороху ячменю з $W = 24\%$ і $S = 7\%$ питома продуктивність установки склала 5,5 т/год·м², втрати зерна при

цьому складала 0,03 %, а ефективність 67 %, що більш ніж в 2 рази вище в порівнянні зі звичайним скальператором.

Висновки за розділом

Дослідження показали, що при обробці зернового вороху з вологістю W до 26 % і засміченістю S до 7 % вдається отримати високу чистоту кінцевого продукту, яка склала 97,2 – 98,4 %. З подальшим збільшенням вологості і засміченості вихідного матеріалу чистота кінцевого продукту знизилася і склала 94,6 – 95,9 %. Попереднє збагачення зернового вороху на аероживильнику дозволило отримати стабільно високий показник E_c , значення якого при випробуваннях були не нижче 0,95.

Характер зміни показників роботи експериментального очищувача вороху в умовах виробничого функціонування збігається зі зміною показників роботи пристрою, отриманих при проведенні лабораторних досліджень. Отже, є підстава зробити висновок, що отримані дані підтверджують висновки лабораторних досліджень.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка організаційно-технологічної карти

На рис. 5.1 показана організаційно-технічна карта оператора сепаратора барабанного типу для очистки зерна підвищеної вологості.

1. Характеристика процесу та умови праці	<ol style="list-style-type: none"> 1. Місце роботи – дільниця приймання та обробки зерна на елеваторі ТОВ «Павлоградзернопродукт». 2. Вид робіт – очищення зерна від сторонніх домішок за аеродинамічними властивостями повітряним потоком. 3. Кваліфікація – оператор сепаратора для очистки зерна в повітряному потоці. 4. Умови праці – нормальні.
2. Технічні умови забезпечення безпеки праці	<ol style="list-style-type: none"> 1. Застосувати засоби індивідуального захисту: костюм бавовняний пилозахисний; черевики шкіряні; рукавиці комбіновані; шолом захисний; при роботі взимку – куртка та брюки утеплені. 2. Освітленість робочого місця – не менше 150 лк. 3. Повітряний обмін – не менше 1000 м³/год.
3. Показники технологічного режиму і заходи безпеки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Захисні загородження повинні бути надійно закріплені та пофарбовані в яскравий колір. 2. Електрозахисні і блокувальні пристрої повинні бути справними і відповідати нормативним параметрам. Рама сепаратора повинна бути заземлена. 3. На пульту керування сепаратора повинна бути попереджувальна табличка, що буде попереджувати про можливість враження струмом.
4. Шкідливі небезпечні і виробничі фактори на робочому місці	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зерновий пил (аерозолі), частинки мінеральних домішок та соломи. 2. Обертальні частини обладнання; 3. Підвищене значення електричної напруги. 5. Підвищений рівень шуму та вібрації.
5. Основні вимоги безпеки при роботі оператора сепаратора очистки зерна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Роботи повинні виконуватись згідно заходів безпеки встановлених ДНАОП та існуючої на підприємстві документації. 2. До роботи на сепараторі допускаються, що досягли 18 років, пройшли навчання та всі види інструктажу з охорони праці, стажування і мають досвід роботи на даному обладнанні. 3. Забороняється проводити ремонтні роботи і очистку сепаратора не вимкнувши його від мережі і без повної зупинки робочих органів. 4. Постійно здійснювати контроль стану опор ситового робочого органу, аспіраційного каналу та регульовальних і натяжних пристроїв. 5. Дотримуватися правил електробезпеки, здійснювати контроль допоміжних захисних пристроїв та захисних огорожень. 6. Підтримувати чистоту і порядок на робочому місці.

Рисунок 5.1 – Організаційно-технологічна карта оператора барабанного зерноочисного сепаратора

Під час розробки організаційно-технологічної карти нами було враховано всі особливості та умови роботи оператора зерноочисного сепаратора.

5.2 Утилізація відходів на елеваторі ТОВ «Павлоградзернопродукт»

Виробничі процеси на елеваторах та млинах мають значний вплив на навколишнє середовище. Цей вплив можна охарактеризувати такими ключовими елементами, як забруднення повітря пилом і токсичними речовинами, забруднення зернових продуктів, викиди стічних вод і промисловий шум.

Оскільки забруднення повітря є основною загрозою, одним з найважливіших завдань у системі природоохоронних заходів ТОВ «Павлоградзернопродукт» є забезпечення чистого повітря.

У процесі очищення зерна від домішок і під час переробки зерна утворюється значна кількість мінерального та органічного пилу. Пил також утворюється під час сортування зерна. Щоб пил не потрапляв в атмосферу і не забруднював навколишнє середовище, млин обладнаний аспіраційною системою, яка всмоктує пил з усіх точок викидів. Повітря надійно очищається циклонами та фільтрами різних конструкцій.

Транспортні комунікації мають мінімальну кількість перевантажувальних пунктів і мінімальну довжину. Оскільки виробниче обладнання розташоване на території заводу, доступ до нього для технічного обслуговування та видалення пилу є простим. Навантаження на обладнання відповідає виробничим даним, нормам технологічного проектування та правилам організації і ведення технологічних процесів. Устаткування підтримується в технічно справному стані під час експлуатації та безперебійної роботи до проведення планового технічного обслуговування.

Для транспортування промислових відходів використовуються самохідні транспортні засоби, стрічкові конвеєри та пневмотранспорт. Стрічкові конвеєри, зокрема, експлуатуються на низьких швидкостях (нижче 1,0 – 1,5 м/с) для мінімізації викидів пилу.

У приміщеннях використовуються гладкі поверхні на стінах, стелях, несучих конструкціях, дверних заповненнях і підлогах. Це полегшує видалення пилу. Всі виробничі та складські приміщення, технічне обладнання та техніка утримуються в чистоті.

Видалення пилу в компанії, в тому числі на дахах будівель, здійснюється відповідно до програми, яка визначає частоту видалення пилу на конкретних виробничих ділянках (наприклад, за зміну, щодня, щомісяця, щокварталу). Програма видалення пилу затверджується керівництвом компанії.

Природоохоронні заходи ТОВ «Павлоградзернопродукт» в першу чергу спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та побуту для співробітників, що є важливим фактором підвищення продуктивності праці.

Висновки за розділом

У цій частині кваліфікаційної роботи розроблено операційні та технічні регламенти для операторів зерносортувальних машин ТОВ «Павлоградзернопродукт». У дослідженні також розглядаються деталі утилізації відходів елеватора та їх вплив на екологічну безпеку на місцевому рівні.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Організація дослідження включала складання переліку завдань, визначення їх взаємозв'язку та тривалості, створення мережевого графіка, визначення критичного шляху та розрахунок орієнтовної вартості експерименту.

Перелік завдань, передбачених під час проведення дослідження з визначення впливу техніко-технологічних параметрів обладнання для очистки зерна у вертикальному повітряному каналі на ефективність виділення легкої фракції, наведено в табл. 6.1.

Організація досліджень включає: складання переліку робіт, визначення їх взаємозв'язку і тривалості, побудову мережевого графіка, визначення критичного шляху, розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з встановлення впливу техніко-технологічних параметрів повітряного сепаратора на ефективність відокремлення легкої домішки, наведений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Вибір теми науково-дослідної роботи	1
2-3	Літературний пошук та написання огляду	18
3-4	Складання плану науково-дослідної роботи	2
4-5	Розробка методики проведення досліджень	3
5-6	Підготовка дослідних зразків зерна пшениці	3
6-7	Підготовка макетного зразка сепаратора з вертикальним повітряним каналом	20
7-8	Визначення впливу основних геометричних параметрів вертикального повітряного каналу на ефективність процесу сепарування	4

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
7-9	Визначення впливу вологості зерна пшениці на ефективність процесу сепарування	3
7-10	Визначення впливу геометричних параметрів сепарувального каналу з перегородками на ефективність процесу сепарування	5
7-11	Визначення впливу кількості перегородок на ефективність процесу сепарування	6
8-12	Аналіз та обробка результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Обробка результатів експериментальних даних	4
13-14	Підготовка матеріалу до публікації	5
14-15	Формування демонстраційного матеріалу	4

Згідно з планом робіт буде створено мережевий графік. Це графічна модель, яка показує майбутні роботи і процеси у вигляді окремих етапів і дозволяє шляхом розрахунків визначити оптимальний варіант їх виконання. На етапі реалізації мережевий графік дає можливість оперативно управляти ходом виконання робіт (рис. 6.1).

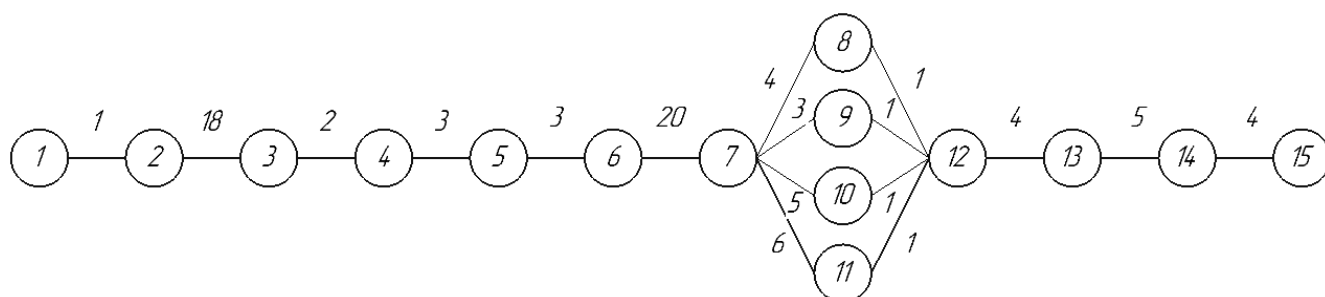


Рисунок 6.1 – Мережевий графік проведення науково-дослідної роботи

Знаходимо повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14-15}^1 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 4 + 1 + 4 + 5 + 4 = 65;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13-14-15}^2 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 3 + 1 + 4 + 5 + 4 = 62;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13-14-15}^3 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 5 + 1 + 4 + 5 + 4 = 66;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14-15}^4 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 6 + 1 + 4 + 5 + 4 = 67.$$

Максимальна тривалість робіт спостерігається у 4 шляху, його тривалістю 67 днів.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (6.1)$$

де m_1 – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_1 – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно пшениці, кг	80	7,2	576,0
Всього			576,0

Результати розрахунку заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	47,62	20	952,40
Всього				952,40

Нарахування на заробітну складають:

$$H = \frac{952,40 \cdot 22}{100} = 209,53 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи на установці, год;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Затрати енергії на сушильну шафу складають:

$$E_1 = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 43,54 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на електронні ваги складають:

$$E_2 = 0,006 \cdot 0,9 \cdot 18 \cdot 1,68 = 0,16 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу повітряного сепаратора:

$$E_3 = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 12 \cdot 1,68 = 16,32 \text{ грн.}$$

Загальні затрати електроенергії складають:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 43,54 + 0,16 + 16,32 = 60,02 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Сушильна шафа	6850,0	24	3	13,51
Електронні ваги	2090,0	24	3	4,12
Дослідна модель повітряного сепаратора	15000,0	24	2	19,73
Всього				37,36

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(952,40 \cdot 80)}{100} = 761,92 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	576,00
Заробітна плата	952,40
Нарахування на заробітну плату	209,53
Електроенергія	60,02
Амортизація	37,36
Накладні витрати	761,92
Всього	2597,23

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і накладні витрати.

6.3 Розрахунок ціни дослідження

Ціну досліджень визначаємо:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 2597,23 + \frac{30 \cdot 2597,23}{100} = 3376,40 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 3376,40 грн.

Висновки за розділом

Найбільшими є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 952,40 грн та 761,92 грн. Загалом ціна досліджень складає 3376,40 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналітичний огляд різних методів і засобів для очистки зерна показав, що для інтенсифікації процесу попереднє очищення зернового вороху підвищеної вологості доцільно проводити в пневморешетному сепараторі скальператорного типу.

На підставі теоретичних досліджень обґрунтований метод інтенсифікації процесу попереднього очищення зернового вороха циліндричним решетом з зовнішньої робочою поверхнею, що полягає в підвищенні ефективності сепарування, за рахунок включення в схему робочого органу організованого повітряного потоку, що дозволяє забезпечити збагачення і сегрегацію шару зернового матеріалу, необхідну орієнтацію довгих частинок домішок і інтенсивне просіювання псевдозрідженої зернової фракції через решітний сепаратор.

В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень, розроблена і виготовлена універсальна експериментальна установка для дослідження процесу попереднього очищення зернового вороха підвищеної вологості.

Проведення експериментів дозволило визначити вплив факторів на досліджуваний процес основними з яких є:

- подача матеріалу;
- витрата повітря;
- коефіцієнт живого перетину, гідравлічний опір повітророзподільних перегородок аероживильника.

Результати експериментальних досліджень:

а) підтвердили основні висновки теоретичного аналізу, а саме:

- при використанні запропонованого методу інтенсифікації процесу попереднього очищення зернового вороха можливо створення високопродуктивного ворохоочисника, що має продуктивність 5 – 6 т/год;
- кут виходу струменів повітря з щілин розподільника повітряної перегородки аероживильника, коефіцієнт живого перетину перегородки, кут

нахилу перегородки до горизонталі і режими подачі повітря і зернового матеріалу істотно впливають на процес попереднього очищення зернового вороху;

б) дозволили визначити область раціональних значень основних параметрів і режимів роботи аероживильника;

в) довели можливість використання запропонованого метода інтенсифікації робочого процесу циліндричного решета з зовнішньої робочою поверхнею при розробці робочого органу для очищення зернового вороху від великих домішок з питомою продуктивністю 5,5 – 6,5 т/год.

г) дозволили визначити вплив вологості оброблюваного зернового матеріалу і показники ефективності робочого процесу очищення зернового вороха від великих домішок;

д) свідчать про високоефективне сепарування зернового вороху розробленими пристроями. При цьому питома продуктивність решітного сепаратора збільшується більш ніж в 2 рази в порівнянні зі звичайним скальператори.

Найбільшими є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 952,40 грн та 761,92 грн. Загалом ціна досліджень складає 3376,40 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік (2019). Київ: Міністерство аграрної політики та продовольства України. 447 с.
- 2 Державна цільова програма розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року (2016). Офіційний вісник України. № 24. Київ: Кабінет Міністрів України. 11 с.
- 3 Державна служба статистики України (2019). Економічна статистика / Економічна діяльність / Сільське, лісове та рибне господарство. Електронний ресурс: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/cg.htm.
- 4 Aliiev Elchyn, Gavrilchenko Alexander, Tesliuk Hennadii, Tolstenko Alexander, Koshul'ko Vitaliy (2019). IMPROVEMENT OF THE SUNFLOWER SEED SEPARATION PROCESS EFFICIENCY ON THE VIBRATING SURFACE. ACTA PERIODICA TECHNOLOGICA (APTEFF), 50, 12 – 22. DOI: <https://doi.org/10.2298/APT1950012A> (Scopus).
- 5 Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).
- 6 Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсінов, О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, О.С. Ковальова, В.С. Калина, В.С. Кошулько, Д.О. Тимчак, Н.А. Сова, К.А. Худайбердієва. Дніпро: «Свідлер А.Л.». 2022. Том 4. 460 с. (наукова монографія, ISBN 978-617-627-174-1).
- 7 Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С.

Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с. (посібник, ISBN 978-617-95201-3-6).

8 ДСТУ 2240-93. (1993). Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ: Держстандарт України. 74 с.

9 Кириченко В. В., Петренкова, В. П., Кривошеєва, О. В., Рябчун, В. К., Маркова, Т. К. (2007). Ідентифікація морфологічних ознак соняшнику (*Helianthus L.* посібник). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН. 78 с.

10 ДСТУ 4138-2002. (2002). Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України. 173 с.

11 Gorohivets N. A., Vedmedeva, E. V. (2016). Inheritance of epidermis pigmentation in sunflower achenes, *Cytol Genet.* Vol. 50, no. 2. P. 116-120. DOI: 10.3103/S0095452716020031.

12 Poliakova N.A., Vedmedeva, E.V. (2016). Inheritance of Anthocyanin Coloration Trait in Pericarp of Sunflower Seeds. *HELIA.* P. 81–90. DOI: 10.1515/helia-2016-0005

13 Заїка П. М. (2006). Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Харків: Око. 407 с.

14 . Адамчук В. В., Прилуцький, А. Н., Заришняк, А. С., Степаненко, С. П. (2014). Концепція комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України. В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах: ННЦ «ІМЕСГ». Вип. 99. С. 40-56.

15 Войтюк Д. Г., Гаврилюк, Г. Р. (2004). Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта. 554 с.

16 Ольшанський В. П., Бредихін, В. В., Лук'яненко, В. М., Півень, М. В., Сліпченко, М. В., Харченко, С. О. (2017). Теорія сепарування зерна: монографія. Харків: ПланетаПрінт. 803 с.

17 Котов Б. І., Пастушенко, М. Г., Степаненко, С. П. (2012). Дослідження ефективності вібровідцентрової сепарації зерна на ступінчасто-конічному решеті

методом планування експериментів. Конструювання, експлуатація та виробництво сільськогосподарських машин. Випуск 42. Частина 2. С. 70-75.

18 Бредихін В. В. (2003). Обґрунтування параметрів процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих сумішей за густиною насіння. Автореф. дис. канд. техн. наук. Харків. 20 с.

19 Дерев'янку Д. (2015). Дослідження ударної взаємодії травмування насіння поверхнею циліндричного решета вібросепаратора після його сходження з диска розподільника. Техніка і технології АПК. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, № 6 (69). С. 9-12.

20 Заїка П. М., Бакум, М. В., Михайлов, А. Д., Козій, О. Б. (2012). Сепарація насіння льону на вібраційних сепараторах. Вібрації в техніці та технологіях. № 3 (67). С. 106-111.

21 Clieen C., Chiang, Y. P., Pomeranz, Y. (1989). Image analysis and characterization of cereal grains with a laser range finder and camera contour extractor. Cereal Clieem. № 6. P. 466-470.

22 Thomson, W. H., Pomeranz, Y. (1991). Classification of wheat kernels using three-dimensional image analysis. Cereal Chem. 68. № 34. P. 357-361.

23 Kiratiratanapruk K., Sinthupinyo, W. (2011). Color and texture for corn seed classification by machine vision. Int. Symp. Intell. Signal Process. Commun. Syst. "The Decad. Intell. Green Signal Process. Commun. ISPACS. P. 7-11.

24 Rong R. V., Sardeshmukh, M. M. (2014). Comparative analysis of Indian wheat seed classification. Icacce'14. P. 937-942.

25 Mira Park, Jesse S. Jin, Sherlock L. Au, Suhuai Luo, Yue Cui (2009). Automated Defect Inspection Systems by Pattern. Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Vol. 2. No. 2. P. 31-41.

26 Міщенко М. І., Ріда, В. П. (2000). Патент на корисну модель UA 553 U, МПК (2006) B07B 9/00. Зерноочищувальний сепаратор. Заявник Відкрите акціонерне товариство "Хорольський механічний завод". № 99105723. Заявл. 19.10.1999. Опубл. 15.09.2000, Бюл. № 4.

27 Galling Michael John, Deefholts Murray Benedict Mark. (1981). Sorting objects. Gunson`s Sortex Ltd. Заявка Великобритани, кл. В 07 С 5/02, G 01 N 21/00, НКИ. G 1 А. Заявл. 19.01.81, N 8101542. Опубл. 28.07.82.

28 Lockett James F. (1982). Univeisal sorting apparatus. Патент США, кл. В 07 С. 5/342, НКИ 209/564, N4344539. Заявл. 05.05.78, N 903050. Опубл. 17.08.82.

29 Mohammad Reza Seifi, Reza Alimardani. (2010). Moisture-Dependent Physical Properties of Sunflower Seed (SHF8190). Modern Applied Science. Vol. 4, No. 7. Published by Canadian Center of Science and Education. P. 135-143.

30 Ghodsevali A., Vafaei, A. (2008). Studying of physical properties of sunflower in Golestan province. The fifth conference of agricultural machinery and mechanization, Mashad, Iran, 306 p.

31 Gupta R. K., Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. № 66. P. 1-8.

32 Sahebeh Jafari, Javad Khazaei, Akbar Arabhosseini, Jafar Massah, Mohammad Hadi Khoshtaghaza. (2011). Study on mechanical properties of sunflower seeds. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Volume 14. Issue 1. P. 1-11.

33 Chavoshgoli Es., Abdollahpour, Sh., Abdi, R., Babaie, A. (2014). Aerodynamic and some physical properties of sunflower seeds as affected by moisture content. Agric Eng Int: CIGR Journal. Vol. 16. No.2. P. 136-142.

34 Jafari S. (2008). Design and construction a laboratory sunflower seed dehuller machine. A thesis submitted to Graduate Studies Office in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanic of Agricultural Machinery. Tehran, Iran, (in farsi).

35 Khodabakhshian R., B. Emadi, M. H. Abbaspour Fard. (2009). Aerodynamic properties of sunflower seed, kernel and its hull affected by moisture content and size, azargol variety as a case study. International Agricultural Engineering Conference, Bangkok, Thailand.

36 Михайлов Є. В., Задосна, Н. О. (2015). Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику. Праці ТДАТУ. Випуск 15. Том 4. С. 28-38.

37 Котов Б. І., Степаненко, С. П., Швидя, В. О. (2016). Технологічні аспекти сепарації зерна у вертикальному каналі. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 46. С. 154-159.

38 Котов Б. І., Спирін, А. В., Твердохліб, І. В., Степаненко, С. П., Швидя, В. О. (2017). До питання пневмогравітаційної сепарації зернових матеріалів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. № 4. С. 51-55.

39 Котов Б. І., Деревенько, І. А., Степаненко, С. П. (2017) Дослідження ефективності сепарації зернових матеріалів на ступінчастоконічному решеті вібровідцентрових машин. Вібрації в техніці та технологіях. № 2 (85). С. 99-102.

40 Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Lukyanov, I., Dobrovolsky, V., Yurchenko, O., Chekan, O., Dedilova, T., & Musiienko, Y. (2021). Revealing changes in the technical parameters of the teat cup liners of milking machines during testing and production conditions. EUREKA: Physics and Engineering, (6), 102-111. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.002056>

41 Kozachenko O., Aliiev E., Sedykh K. Results of investigation of the spring shank disc harrow performance. U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 83, Issue 4, 2021. 123–140. https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rezabf_492985.pdf

42 Yaropud V., Hunko I., Aliiev E., Kupchuk I. Justification of the mechatronic system for pigsty microclimate maintenance. Agraarteadus, Journal of Agricultural Science, 2021, XXXII (2): 341–351. DOI: 10.15159/jas.21.23

43 Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. Agraarteadus, Journal of Agricultural Science, 2021, XXXII (2): 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30

44 Aliiev E., Paliy A., Kis V., Paliy A., Petrov R., Plyuta L., Chekan O., Musiienko O., Ukhovskyi V., Korniiien L. (2022). Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (1 (115)), 44–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251172

45 Sahay K.M. Unit operations in agricultural processing / K.M. Sahay, K.K. Singh // Vikas Publishing House Pvt Ltd, New Delhi. – 1994.

46 Singh K.K. Physical properties of sunflower seeds / K.K. Singh, T.K. Goswami // Physical properties of cumin seed. J. Agric. Eng. – 1996 – Vol. 64 – P. 93-98.

47 Nimkar M.P. Some Physical properties of green gram / M.P. Nimkar, K.P. Chattopadhyay // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2001– Vol. 80(2) – P. 183-189.

48 Aliiev E., Aliieva O., Maliehin R. Technical and technological provision of complex waste processing of plant raw oil cultures in food for organic animals. Scientific Horizons. 2020. № 07 (92). P. 112-19. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-112-119.

49 Shevchenko I. Aliiev E. Improving the efficiency of the process of continuous flow mixing of bulk components. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. 6/1 (108). P. 6-13. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.216409.

50 Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musiienko, Y., Plyuta, L., Chekan, O., Dubin, R., Mohutova, V. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(1) (109), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>.