

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

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

**Обґрунтування процесу очищення зерна
пшениці від прицепника широколистоного
методом віброударного сепарування**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгХТз-1-20
за спеціальністю 181 «Харчові технології»

_____ Миколо Андрій Володимирович

Керівник: _____ Кошулько Віталій Сергійович

Рецензент: _____ Домаш Олександр Миколайович

Дніпро 2022

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

технології зберігання і переробки

сільськогосподарської продукції

доктор технічних наук, професор

Чурсінов Ю.О.

(підпис)

« ____ » _____ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Миколо Андрію Володимировичу

1. Тема роботи «Обґрунтування процесу очищення зерна пшениці від прицепника широколистою методом віброударного сепарування».

Керівник роботи Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» листопада 2021 року № 3648.

2. Строк подання студентом роботи 11 лютого 2022 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Технологія очистки зерна пшениці від важковідокремлюваних домішок у сепарувальній машині віброударної дії. 2.

Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Сучасний стан питання очищення зерна від важковідокремлюваних домішок. 2 Дослідження процесу очищення зерна пшениці від прицепника широколистою. 3 Результати експериментальних досліджень. 4 Практична реалізація результатів досліджень. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Економічна частина. Загальні висновки. Список джерел посилання. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Огляд літературних джерел. 2 Мета та задачі досліджень. 2 Дослідне устаткування. 3 Результати досліджень. 4 Практичне впровадження отриманих результатів. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	Кошулько В.С., доцент	29.11.2021	11.02.2022
5	Кравець В.В., доцент	29.11.2021	11.02.2022
6	Павленко О.С., доцент	29.11.2021	11.02.2022

7. Дата видачі завдання 29 листопада 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	21.09-30.09.21	виконано
2	Сучасний стан питання очищення зерна від важковідокремлюваних домішок	01.10-11.10.21	виконано
3	Дослідження процесу очищення зерна пшениці від прицепника широколистоного	12.10-25.10.21	виконано
4	Результати експериментальних досліджень	26.10-30.11.21	виконано
5	Практична реалізація результатів досліджень	01.12-15.12.21	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.12-25.12.21	виконано
7	Економічна частина	01.02-05.02.22	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	06.02-10.02.22	виконано
9	Розробка та підготовка матеріалу для оприлюднення	11.02.2022	виконано

Студент

_____ (підпис)

Андрій МИКАЛО

Керівник роботи

_____ (підпис)

Віталій КОШУЛЬКО

РЕФЕРАТ

ПЗ дипломної роботи складається з 90 сторінок друкованого тексту, 27 рисунків та ілюстрацій, 19 таблиць та використано 69 літературних джерел.

Отже, метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності процесу виділення прицепника широколистоного із зернової суміші зерна пшениці, з урахуванням їх фізико-механічних властивостей при віброударному сепаруванні.

Об'єктом дослідження є насіння прицепника широколистоного, фізико-механічні властивості і аеродинамічні параметри зернової суміші.

Предметом дослідження є процес відділення прицепника широколистоного із зернової суміші, закономірність цього процесу і його експериментальне обґрунтування.

Найскладнішим етапом очищення пшениці є виділення важковідокремлюваних домішок, що незначно відрізняються від зерен основної культури за геометричними розмірами, щільністю, аеродинамічними параметрами і іншими ознаками [73].

Особливого значення набуває проблема інтенсифікації процесів очищення зернової суміші за рахунок використання нових робочих органів, в яких технологічний процес протікає під дією інерційних полів, що перевершують силу тяжіння зерен основної культури або за рахунок сил зчеплення частинок з різними поверхнями. Тому наукове обґрунтування і застосування нового способу очищення зерна від бур'янів і прицепника широколистоного, найбільш технологічно ефективно і здійснюватиметься з меншими витратами енергії в більш простих і надійних машинах, є на сьогоднішній день актуальною задачею.

Ключові слова: ЕФЕКТИВІСТЬ, ПШЕНИЦЯ, ПРИЦЕПНИК ШИРОКОЛИСТИЙ, СЕПАНУВАННЯ, ОЧИЩЕННЯ, ПАРАМЕТРИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА ВІД ВАЖКОВІДОКРЕМЛЮВАНИХ ДОМІШОК	10
1.1 Загальна характеристика прицепника широколистоного	10
1.2 Огляд робіт із дослідження фізико-механічних властивостей частинок компонентів зернової суміші для виявлення ознак поділу	12
1.3 Класифікація методів сепарування	19
1.4 Існуючі способи і пристрої для очищення зерна від важковідокремлюваних домішок	22
Висновки до розділу	40
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ВІД ПРИЦЕПНИКА ШИРОКОЛИСТОГО	41
2.1 Обґрунтування способу поділу і конструктивно технологічної схеми машини віброударного сепарування при відокремленні прицепника широколистоного	41
2.2 Експериментальна установка для поділу зернової суміші	44
2.3 Методики для визначення оптимальних режимів і параметрів процесу очищення зерна від прицепника широколистоного	49
Висновки до розділу	52
3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	53
3.1 Результати експериментальних досліджень	53
Висновки до розділу	59
4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	60
Висновки до розділу	63
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
5.1 Аналіз небезпек при очищенні зерна пшениці на ТОВ «Далекс»	64
5.2 Ризики виникнення надзвичайних ситуацій при очищенні зерна пшениці	70

5.3 Розробка схеми систему управління та контролю за охороною праці в ТОВ «ДАлекс»	72
Висновки до розділу	75
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	76
6.1 Організація досліджень	76
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	80
6.3 Розрахунок ціни дослідження	82
Висновки до розділу	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	86
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Удосконалення процесу очищення зерна – найважливіше завдання для зернопереробної промисловості, що обумовлено вимогами, які висуваються до якості зернопродуктів.

Найскладнішим етапом очищення пшениці є виділення важковідокремлюваних домішок, що незначно відрізняються від зерен основної культури за геометричними розмірами, щільністю, аеродинамічними параметрами і іншими ознаками [73].

Наявність прицепника широколистоного в зерновій масі призводить до самозігрівання, знижуючи збереження зерна при його зберіганні, оскільки смітні домішки в силу своїх біологічних особливостей містять більшу кількість вологи, ніж зерна основної культури. Крім того, він є джерелом мікроорганізмів у зерновій масі і при переробці в муку погіршує її якість, надаючи гіркоту готової продукції [54]. Тому зерно необхідно очищати від прицепника широколистоного з максимальною повнотою виділення при обробці зерна.

Існуюча техніка сепарування по чіткості поділу зернових сумішей від подібних важковідокремлюваних домішок не завжди ефективна. Очищення зернової маси пшениці від прицепника широколистоного в повітряно-ситових сепараторах (по товщині, ширині і швидкості витання), трієрах (по довжині зернівок) і каменевідбірних машинах (по щільності) не дозволяє досягти бажаного ефекту, так як за вказаними ознаками зерна пшениці і прицепника широколистоного незначно відрізняються один від одного.

В даний час існує два підходи до вирішення цієї проблеми: перший – багаторазове проходження зернової суміші через зерноочисні машини, що порушує безперервність технологічного процесу, знижує ефективність роботи обладнання при наступних стадіях обробки і призводить до збільшення подрібнених зерен; другий – створення нових високоефективних технологічних схем, що дозволяють отримати задані параметри якості матеріалів, що сепаруються.

При виборі способу очищення зерна пшениці від таких важковідокремлюваних домішок, які зовні схожі на пшеницю і їх вага майже однакова, необхідно найбільш повно використовувати відмінності у фізико-механічні властивості компонентів суміші. Успіх сепарування залежить, перш за все, від ступеня відповідності ознакам поділу, обумовлених потребами виробництва. В першу чергу необхідно враховувати ті ознаки, які забезпечують найбільш повне розділення вихідної зернової суміші. Від правильно обраної ознаки поділу залежить ефективність поділу компонентів зернової суміші [6].

Особливу увагу необхідно приділити способам поділу пшениці і прицепникашироколистого по відмінності щільності, коефіцієнтах тертя, властивостям поверхні і аеродинамічним параметрам.

Таким чином, особливого значення набуває проблема інтенсифікації процесів очищення зернової суміші за рахунок використання нових робочих органів, в яких технологічний процес протікає під дією інерційних полів, що перевершують силу тяжіння зерен основної культури або за рахунок сил зчеплення частинок з різними поверхнями. Тому наукове обґрунтування і застосування нового способу очищення зерна від бур'янів і прицепника широколистого, найбільш технологічно ефективно і здійснюватиметься з меншими витратами енергії в більш простих і надійних машинах, є на сьогоднішній день актуальною задачею.

Отже, метою роботи є підвищення ефективності процесу виділення прицепника широколистого із зернової суміші зерна пшениці, з урахуванням їх фізико-механічних властивостей при віброударному сепаруванні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі досліджень:

- узагальнити і вивчити дані про стан технічного парку зерноочисних машин переробних підприємств щодо виділення важковідокремлюваних домішок;
- розробити раціональний спосіб очищення зернової маси від прицепника широколистого;

- визначити параметри робочих органів машини для виділення важковідокремлюваних домішок;
- встановити закономірності процесу відділення домішок із зернової суміші на запропонованій схемі машини.
- визначити основні небезпечні фактори під час очистки зерна в ТОВ «Далекс»;
- провести розрахунок витрат на проведення досліджень.

Об'єктом дослідження є насіння прицепника широколистоного, фізико-механічні властивості і аеродинамічні параметри зернової суміші.

Предметом дослідження є процес відділення прицепника широколистоного із зернової суміші, закономірність цього процесу і його експериментальне обґрунтування.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА ВІД ВАЖКОВІДОКРЕМЛЮВАНИХ ДОМІШОК

1.1 Загальна характеристика прицепника широколистоного

Насіння прицепника широколистоного – зернівки видовжено-викривленої форми, що нагадують за формою і розмірами зернівки пшениці, покриті по всій поверхні голчастими шипами висотою приблизно 0,1 – 0,9 мм (рис. 1.1). Але слід мати на увазі, що при обробці зернової маси частина голчастих шипів обламується. Найбільше розповсюджена ця рослина в центральних регіонах України. Доросла рослина досягає у висоту 15 – 50 см, має листя розгалуженої форми і відноситься до роду парасолькових.

Згідно з дослідженнями [3] хімічний склад насіння прицепника включає: жиру 18,4 %, протеїну 7,2 %, клітковини 27,9 % (для порівняння можна привести склад вівса: жир – 5,3 %, протеїн – 10, 2 %, клітковина – 10 %). Вміст жиру, що перетравлюється в прицепнику становить 16 %, а вівса наприклад 4,4 %. Це дозволяє вважати, що насіння прицепника може бути використане як добавка в корми для тварин.

Для того щоб вибрати спосіб або комплекс способів очищення зернової суміші від прицепника широколистоного, необхідно визначити їх фізико-механічні властивості, такі як: вологість, щільність матеріалу, геометричні розміри, характер (стан) поверхні, коефіцієнти внутрішнього та зовнішнього тертя, аеродинамічні параметри [13].

При очищенні насіння використовують відмінності у фізико-механічних – властивостях компонентів зернової суміші як ознаки їх ділимості. При сепарації зерна необхідно вивчити кореляційний зв'язок між технологічними властивостями, як ознаками подільності [26].

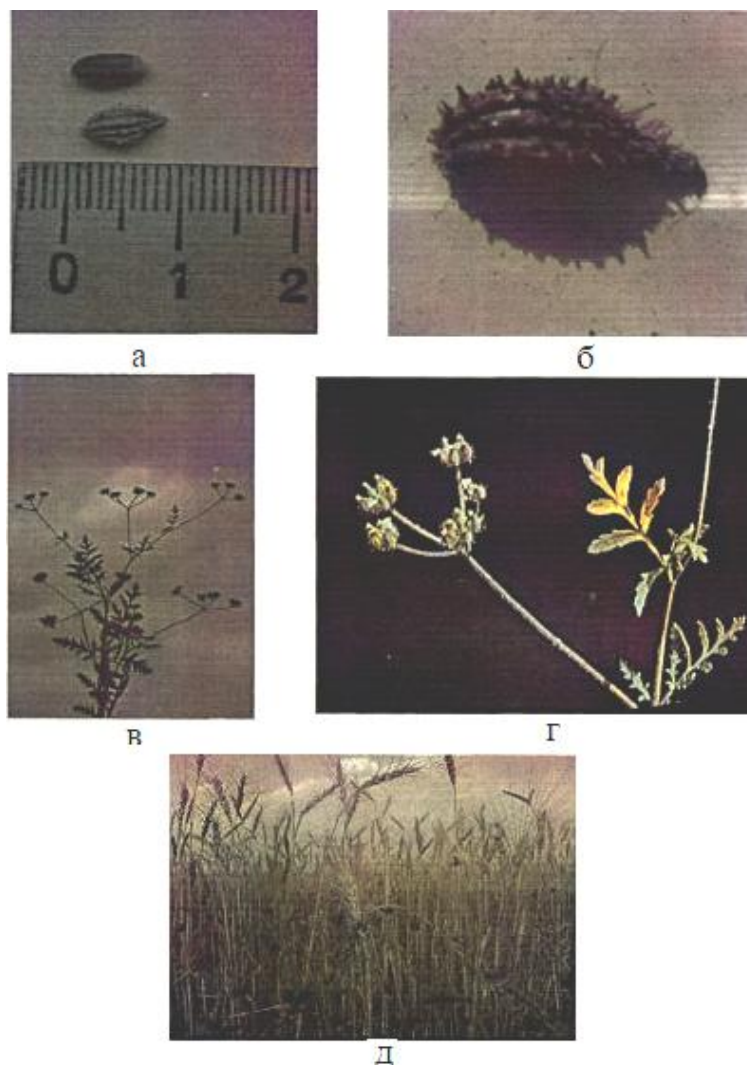


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд зернівки пшениці і прицепника широколистого:

а, б – зернівка прицепника широколистого (збільшена); в, г, д – умови проростання на полях.

Це дозволить встановити величину обраної ознаки ділимості, що відповідає тому чи іншому класу насіння і домішок, а в результаті виділити із зернової суміші насіння різних домішок, у тому числі і важковідокремлених.

Великий інтерес представляє визначення фізико-механічних властивостей компонентів сумішей, які неможливо повністю розділити на найбільш поширених повітряно-ситових та трієрних зерноочисних машинах і які вдається повністю або частково розділити в сепараторах, що використовують такі ознаки подільності, як

стан поверхні, пружність, форма та граничний кут підйому частинки по похилій коливається плоскості [7].

1.2 Огляд робіт із дослідження фізико-механічних властивостей частинок компонентів зернової суміші для виявлення ознак поділу

«Л.І. Мачихіна запропонувала і обґрунтувала нову ознаку подільності частинок у полі відцентрових сил – податливість при одновісному стисканні, обумовлену особливостями структури зерен.

Для використання відмінності за цими ознаками частинок суміші при її сепаруванні на дві і більше фракцій застосовують різні способи механічного впливу» [22].

Вивчаючи роботу [16] можна навести таку класифікацію властивостей:

- вимірювання лінійних розмірів, площ, обсягів;
- вимір маси;
- швидкість осідання (використовуючи закон Стокса, швидкість може бути пов'язана з розміром);
- інтерференційні методи, такі як електроінтерференція, світлове та лазерне розсіювання або дифракція.

Оскільки частинки можуть відрізнятися як за розмірами, так і за формою, різні методи вимірювання можуть давати не збігаються результати, не тільки тому, що вони можуть бути засновані на різних фізичних принципах, але і оскільки розмір і форма частинок є пов'язаними характеристиками. Також важливо звертати увагу на статистичну репрезентативність вимірювань, що проводяться. Наприклад, часто застосовують метод поділу на чотири частини, коли з сипучого або гранульованого матеріалу формується плоский «млинець», які потім поділяються на чотири частини радіальними лініями і для подальшого вивчення беруться дві протилежні частини.

Незалежно від використовуваного методу необхідно прагнути провести вимірювання для якомога більшої кількості частинок для того, щоб точніше

відновити розподіл частинок за розміром. Наприклад, для оптичної мікроскопії зазвичай рекомендують [18] провести, принаймні, 200 вимірювань. Найбільш наочний метод представлення результатів вимірювання розміру частинок – це частотна крива (або гістограма) або кумулятивний емпіричний розподіл (ТСЮО). Кумулятивний розподіл може виражати відсоток частинок, що перевищують за розмірами це значення чи відсоток частинок з меншим розміром. Останнє є найуживанішим. Залежно від методу вимірювання результати можуть бути представлені у вигляді числа частинок (при прямому підрахунку) або, наприклад, як маси (наприклад, при просіюванні).

М.М. Летошнєв досліджував вплив розмірів зерна на ймовірність його попадання в отвори сита при горизонтальних та вертикальних вібраціях.

М.Н. Богомолів і В.В. Гортинський вивчали можливість проходження частки через отвір сита після удару об кромки і вказали на істотний вплив напряму її швидкості після удару на подальший рух.

В.М. Цеціновський та І.Г. Шапіро досліджували вплив геометрії «важких» зерен на ймовірність проходження їх через отвори. Вплив форми зерна на умови його проходження через сито оцінили кількісно за допомогою показника впливу форми зерна, який залежить від розташування елементів симетрії та центру перерізу зерна, а також від можливих поєднань взаємних розташування осей перерізу зерна та отвору сита.

Н.Є. Авдєєв визначив, що на частинки, що володіють різними фрикційними властивостями необхідно забезпечити такий селективний вплив розділяючої поверхні, в результаті якого відношення їх сил тертя було б більше відношення відповідних коефіцієнтів тертя.

Огляд літературних джерел та патентної інформації показує, що з питань сепарування та сепаруючих машин для зерна та продуктів його переробки прийнято пов'язувати способи сепарування, сепаруючі машини та ознаки відмінності частинок. Умовність такого взаємозв'язку очевидна, але для попереднього вибору способу сепарування та типу машини за заданими ознаками відмінності вона є корисною. У ряді випадків, коли кілька ознак відмінності

надають сумірний вплив на результати сепарування, властивості частки характеризують опосередковано через параметр механічного впливу, що визначає напрямок руху частки при сепаруванні. Такою непрямую характеристикою служить, наприклад, швидкість витання частинки у висхідному повітряному потоці, що залежить від щільності, розмірів, форми та стану поверхні частинки.

Помічено, що домішки, відносна щільність яких істотно менша, ніж у зерна основної культури, що характеризуються малою об'ємною масою, при вібраційному впливі на зернову суміш виявляють тенденцію до спливу. Цей процес зазвичай називають самосортуванням або розшаруванням суміші; з ним пов'язане утворення шарів зернистого матеріалу, що відрізняються властивостями складових їх компонентів.

Розшарування зернової суміші можна посилити зовнішніми впливами, які можуть призвести до віброзрідженого стану. При цьому зв'язку між зернами слабшають і низьконатурні компоненти в такому середовищі можуть швидше переміщатися до верхніх шарів і стійкіше утримуватися там; нижні шари збагачуються повноцінними зернами основної культури з найбільшою натурною масою та індивідуальною масою; у верхніх шарах і на поверхні зернової суміші концентруються низьконатурні домішки і малоцінні зернівки основної культури. У цьому випадку для завершення процесу очищення залишається лише відокремити верхні шари від нижніх.

К.В. Дрогалін, Б.В. Жигалков, М.В. Карпов дійшли висновку, що методів концентрації у верхніх шарах компонентів в основному два: вібраційний та вібропневматичний.

Вібраційний метод полягає у підборі відповідних кінематичних параметрів сита, що сприяють розпушенню зернової суміші, яке супроводжується зниженням фрикційних зв'язків її компонентів і в певних режимах розпушування розшаруванням суміші. Однак досягаємо при цьому методі розшарування протікає все ж таки повільно, не завжди стійко і легко порушується.

Вібропневматичний метод полягає в частковому використанні вібраційного методу з додатковим впливом на зернову суміш, що рухається по ситі, висхідного

поток повітря [6]. При цьому комплексно використовуються постійні в часі аеродинамічні та гравітаційні сили та змінна інерційна дія на зернову суміш. Як показали лабораторні дослідження та виробнича практика, вібропневматичний метод може забезпечувати ефективно стійке розшарування зернової суміші при порівняно простому регулюванні процесу, залежно від культури та дисперсного складу зерна, виду та складу важковідокремлюваної домішки; розшарування суміші, що досягається за допомогою цього методу, допускає наступне відділення концентрату.

Для правильного вибору способів сепарування і оптимізації параметрів процесу необхідні відомості про чисельні значення параметрів, що характеризують властивості частинок компонентів суміші, що розділяються, але в переважній більшості випадків не вдається назвати точного значення цих величин. Для зерен основних культур, зернових і сміттєвих домішок це зумовлено залежністю від сорту та кліматичних умов, а в межах одного сорту та однакових кліматичних умов – від часу та способу збирання, від положення зерна в колосі, вологості тощо [16].

Властивості багатьох домішок залежать також від способів збирання, попередньої обробки зернової маси, способу та умов транспортування [7].

Крім того, чисельні значення характеристик властивостей залежать від методики визначення та пристроїв або приладів, які застосовуються для цього. Тому дані, наведені в літературі [2] розглядалися нами як орієнтовні, що вимагають уточнення при практичному вирішенні задачі сепарування в конкретному випадку з широколистим прицепником.

При виборі способу очищення зерна пшениці від таких сміттєвих домішок, що важко відокремити, як прицепник широколистий, необхідно правильно використовувати відмінності в ознаках фізичних властивостей компонентів зернової суміші. В першу чергу необхідно враховувати ті ознаки, які забезпечують найповніший поділ вихідної зернової суміші. Дослідженнями М.С. Журавльової, що вивчила фізико-механічні властивості насіння пшениці та прицепника, встановлено, що насіння прицепника являє собою найбільш важковідокремлену

домішку, яку можна відокремити від зерен пшениці за геометричними ознаками лише частково (за товщиною на 10 %, по ширині – 23 % та за довжиною 42 %). Найбільш високого ступеня очищення (72 %) можна досягти при використанні способу сепарування, принцип якого ґрунтується на ділимості компонентів за щільністю. За цими даними важко судити про можливу чіткість поділу компонентів суміші навіть за ідеальної ефективності процесу. Як відомо найбільш повний прояв відмінності компонентів за щільністю досягається при тривалому самосортуванні зерноsumіші на віброуючій опорній поверхні. Тому пошук нового способу очищення зерна від важковідокремлюваних домішок за щільністю методом самосортування стає перспективним і становить великий науковий інтерес.

Таким чином, результат роздільного ефекту процесу очищення зерна від важковідокремлюваних домішок, що здійснюється в сепаруючих органах, що здійснюють зворотно-поступальні та кругові коливання, визначається інтенсивністю процесів самосортування, заснованих на різному віброударному впливі на частки зерноsumіші, що мають різні щільності і тертя. В результаті аналізу досліджень фізико-механічних властивостей компонентів зернової суміші, пошуку нових ефективних способів очищення зерна від важковідокремлюваних домішок запропонований спосіб з сепарування зерноsumіші на поверхні, що здійснює зворотно-поступальні коливання, що дозволяє значно збільшити інтенсивність сепарування зерноsumіші

1.3 Класифікація методів сепарування

Сепарування сумішей виконують по розмірам та за формою зерен, щільністю, шорсткістю, парусністю, електропровідністю, кольором та іншими ознаками, з врахуванням яких розроблені принципи роботи різноманітних сепараторів.

Сепаратором для відокремлення сипких сумішей прийнято рахувати машину, пристрій робочими органами якого є сита з різноманітними отворами,

коміркова поверхня, пневмосепарувальні камери, магніти, електростатичні елементи, вібростоли, та інше.

Між іншим кожен з перерахованих органів можна розглядати окремо, самостійний працюючий сортувальний пристрій, який, в свою чергу, може бути розподілений на ряд аналогічних мікропристроїв.

У відповідності з цим існуючі сепаратори можна умовно розділити на три групи: елементарні, прості та складні [11].

Прості сепаратори представляють собою поєднання елементарних сепараторів, що також розділяють суміш на дві фракції за однією ознакою. До них відносяться ситову поверхню з однаковими за розмірами та формою отворами, трієрну поверхню з однаковими за розмірами та формою комірок, пневмосепарувальний канал (прямокутного та кільцевого перетину) одноразової дії, магнітний сепаратор одноразової дії, дека пневматичного сортувального столу та інше.

Складні сепаратори – декілька простих сепараторів, об'єднаних в одній машині (пристрій, установка). В них сепарують суміші на три та більше фракцій за декілька ми ознаками.

Таблиця 1.1 – Класифікація способів сепарування зернових сумішей (по В. В. Гортинському)

Ознаки різниці частин	Спосіб сепарування	Назва машини	Характерні способи застосування
1	2	3	4
Довжина	Трієрування	Трієри	Очистка зерна від вівсюга, куколю, видалення ядра вівса з риса та продуктів лущення

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Ширина	Просіювання на ситах з круглими та квадратними отворами	Ситові зерноочисні сепаратори	Очистка зерна від домішок, поділ зерна на фракції
Товщина	Просіювання на ситах з прямокутними отворами	Ситові зерноочисні сепаратори	Очистка зерна від домішок
Щільність, коефіцієнт тертя	Поділ в псевдорозрідженому стані	Вібропневматичні каменевідбірники, пневмосортувальні столи	Очистка зерна, крупи від мінеральних домішок, поділ зерна та ядра в продуктах лушення
Швидкість вітання	Пневматичне сепарування	Аспіратори, пневмоканали	Очистка зерна від легких домішок, видалення щуплого зерна
Швидкість вітання, щільність, коефіцієнт тертя	Поділ за зниженням щільності ендосперму та оболонки	Ситовійні машини	Сепарування продуктів подрібнення по добротності (збагаченні)
Розміри	Просіювання на горизонтальних ситах	Розсівні млинні та круп'яні	Сортування продуктів подрібнення
Пружність, коефіцієнт тертя, щільність	Віброударне сепарування	Падді-машини, інші круповідокремлювачі	Видалення ядра з продуктів лушення, контроль круповідокремлення

1.4 Існуючі способи і пристрої для очищення зерна від важковідокремлюваних домішок

Зерновий матеріал, що надходить на переробку, в більшості випадків є неоднорідною сумішшю, що складається з насіння основної культури, насіння сторонніх рослин (культурних і бур'янистих) і, нарешті, з домішки різнорідного сміття мінерального і органічного походження, що потрапляють в суміш при збиранні [13].

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості насіння смітних рослин

Домішки	Розміри, мм			Щільність, г/см ³	Маса 1000 зерен, г
	довжина	ширина	товщина		
1	2	3	4	5	6
Вівсюг	8,0 – 20,0	1,75 – 3,0	1,25 – 3,0	0,90 – 1,10	15,0 – 25,0
Татарська гречка	4,0 – 5,6	2,2 – 3,6	2,2 – 3,6	1,0 – 1,3	2,0 – 6,0
Кукіль	2,8 – 4,4	2,0 – 3,8	1,6 – 3,0	1,1 – 1,3	7,0 – 10,0
Споринья	2,0 – 8,5	1,0 – 3,0	0,8 – 1,8	1,0 – 1,3	2,0 – 6,0
Дика редька	3,0 – 8,1	2,0 – 5,8	1,7 – 5,0	0,9 – 1,14	8,0 – 10,0
Гречка в'юнкова	2,0 – 3,6	1,6 – 2,8	1,6 – 2,6	0,85 – 1,0	2,0 – 6,0
Польовий в'юнок	2,04 – 4,3	1,4 – 3,4	1,1 – 2,8	1,0 – 1,3	10,0 – 11,0
Костьор	7,0 – 10,0	1,75 – 2,0	1,5 – 1,45	0,97	6,0 – 8,0
Головки осоту	2,5 – 3,5	2,8 – 1,5	0,4 – 0,9	0,3 – 0,4	0,37
Куряче просо	2,4 – 5,0	1,2 – 2,6	0,7 – 2,0	0,74	1,5 – 2,0
Рисове просо	3,0 – 3,5	2,0 – 2,5	1,2 – 2,0	0,8 – 1,25	2,0 – 4,0
Курмак	4,0 – 5,0	1,7 – 3,5	1,2 – 2,8	0,8 – 1,25	6,0 – 7,0
Курай	5,0 – 8,5	1,7 – 2,5	1,6 – 4,5	0,9 – 1,1	2,0 – 2,5

Ступінь очищення основної зернової культури в подальшому впливає як на якість посівного матеріалу, так і на стабільність якості зерна, зумовлює навантаження і ефективність роботи технологічних машин, що в кінцевому результаті впливає на продуктивність і техніко-економічні показники.

Аналіз способів очищення [8, 9, 11, 17, 29, 41] показав, що зернову суміш розділяють, як правило, за такими показниками: на геометричні розміри; за формою насіння; за аеродинамічними властивостями; за властивостями поверхні; за магнітними властивостями; за щільністю; за коефіцієнтом тертя; за пружністю та ін.

Доведення зерна до необхідних кондицій при найменших витратах праці і з мінімальними втратами залежить від правильно обраних способів і схем технологічного процесу очищення і сепарації. Машини для очищення зернових культур повинні задовольняти ряд вимог: забезпечувати високу ефективність технологічного процесу, компактність і простоту конструкції, універсальність технологічної схеми очистки і робочих органів, можливість використання в гнучких виробничих процесах, низьке споживання електроенергії і зручність в обслуговуванні.

В результаті вивчення патентних і науково-технічних матеріалів з'ясовано, що в даний час для очищення зернових культур від бур'янів і домішок на зернопереробних підприємствах застосовують різні види і конструкції зерноочисних машин.

Запропонована вище класифікація зерноочисних машин, як і будь-яка інша, умовна і не претендує на абсолютну істину. Всі запропоновані види машин мають свої переваги і недоліки.

Будь-яка зернова суміш може бути механічно розділена на складові частини за умови, якщо ці частини відрізняються один від одного за своїми фізико-механічними властивостями [3].

Найбільш важливими фізико-механічними властивостями при очищенні і сортуванні зерна, є: геометричні, аеродинамічні, густина (насіпна і справжня), коефіцієнти тертя, щільність і ін.

Найпоширенішим технологічним процесом поділу зернових матеріалів є сепарування компонентів зерноsumіші на геометричні розміри. До цих процесів особливо слід віднести очищення зерна від смітної та зернової домішок, що мають менші лінійні розміри, ніж основне зерно [16].

У зерноочисних машинах, які поділяють початкову зерноsumіш по ширині і товщині, основним робочим органом є плоске сито. Технологічний процес полягає в тому, що при переміщенні зерноsumіші по ситі проходять частки просіваються через отвори, а великі транспортуються по поверхні сита і сходять з нього. Огляд конструкцій ситових сепараторів зернопереробної галузі показав, що вони характеризуються недостатньою технологічною ефективністю і не забезпечують повного виділення важковідокремлюваних смітних домішок із зернової суміші. [5]

Недоліком даного способу поділу є те, що смітні зернівки по ширині і товщині незначно відрізняються від зерен пшениці, тому поділ на ситах можливий тільки частково: по товщині – 10 %, по ширині – 23 % [5].

Відомо, що для поділу сипучих продуктів на фракції, що відрізняються по довжині частинок, застосовуються трієри (рис. 1.2): циліндричні – з розташуванням комірок на внутрішній поверхні циліндра і дискові – з комірками розташованими на бічних поверхнях [8].

На рис. 1.2 показана схема роботи трієрних циліндрів. Коли циліндр 1 обертається, в комірки потрапляють окремі зерна, які при повороті разом з циліндром на деякий кут випадають. Короткі зерна укладаються в комірки глибше, ніж довгі зерна. Тому при обертанні циліндра 1 перші випадають з нього пізніше, потрапляють в жолоб 2 і видаляються з машини шнеком 3. Довгі зерна ковзають по внутрішній поверхні циліндра 1 уздовж його довжини, внаслідок підпору зерна, що надходить в машину. Ступінь поділу зернової суміші на фракції по довжині залежить від рівня, на якому встановлена верхня межа жолоба 2.

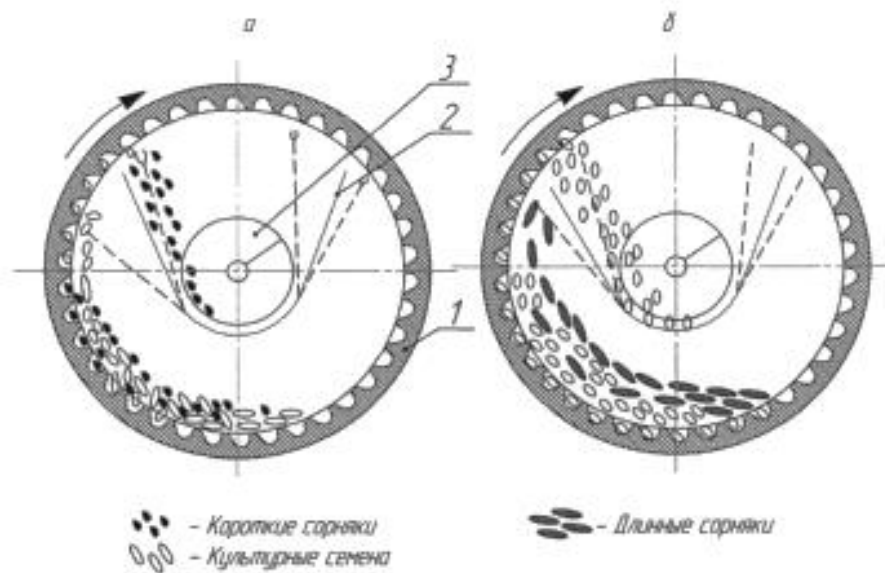


Рисунок 1.2 – Схема роботи трієрних циліндрів

а – кукульного; б – вівсюжного; 1 – комірковий циліндр; 2 – лоток; 3 – шнек.

Недоліком трієрів є складність виготовлення робочих органів, а також низька ефективність виділення важковідокремлюваних домішок з зерноsumіші – 42 % [45], так як по довжині насіння домішки і пшениці розрізняються незначно. **Переміщуючись в повітряному середовищі, будь-яке тіло долає опір повітря, залежний від його розмірів, форми, маси і розташування в повітряному потоці. Чим більше опір повітря, тим повільніше рухається вільно падаюче тіло. На цьому принципі заснований процес виділення домішок і поділу зерна повітряним потоком [4]. Початкове зерно I в повітряному сепараторі РЗ-БАБ (рис.1.3) надходить в приймальну камеру 1 і потім на вібролоток 2, на ньому шар зерна рівномірно розподіляється по всій довжині пневмосепаруючого каналу і в результаті самосортування під дією вібрації, відбувається спливання легких домішок в верхній шар.**

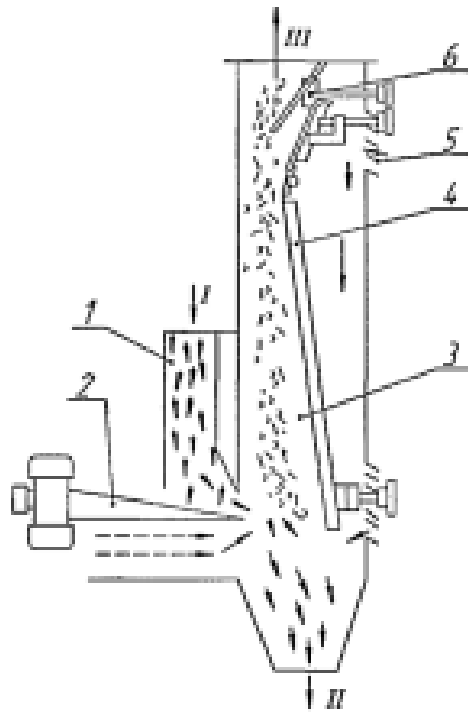


Рисунок 1.3 – Схема повітряного сепаратора РЗ-БАБ

І – початкова зернова суміш; ІІ – легкі домішки; ІІІ – зерна основної культури; 1 – приймальна камера; 2 – вібрлоток; 3 – канал аспірації; 4 – рухома стінка; 5 – жалюзі; 6 – заслінка.

Зернова суміш надходить в пневмосепаріруючу камеру 3 і легкі частинки ІІІ захоплюються вертикальним повітряним потоком, а очищене зерно ІІ виводиться через патрубок. Недоліком сепарування за аеродинамічними параметрами є те, що швидкість повітря в аспіраційних каналах і камерах неоднакова по перетину, що суттєво знижує ефективність очистки, а при збільшенні товщини зернового потоку, що подається в пневмосепаруючу камеру ефективність різко падає, через збільшення щільності зернового потоку.

Суміш зерна та домішок не вдається розділити в повітряних каналах і камерах, а також на решетах і тріерах, так як різниця в аеродинамічних властивостях і розмірах частинок виявляється незначною. Для поділу використовують властивості поверхонь часток, їх форму та інші ознаки.

Поділ зернових сумішей за властивостями поверхонь роблять на фракційних сепараторах [12], в тому числі на стрічкових полотняних гірках з

поздовжнім і поперечним рухом полотна, циліндричних гірках з внутрішньої робочою поверхнею і вальцевих гірках з зовнішньої робочою поверхнею [14]. Принцип дії стрічкової гірки з поздовжнім рухом полотна (рис. 1.4, а) полягає в наступному. Якщо насипати на похилу поверхню з полотна суміш з двох видів, що відрізняються один від одного коефіцієнтом тертя об полотно, то можна підібрати такий кут нахилу полотна до горизонту, при якому шорсткі зерна будуть підніматися полотном вгору і переноситися в ящик, а гладкі зерна будуть сповзати по полотну вниз.

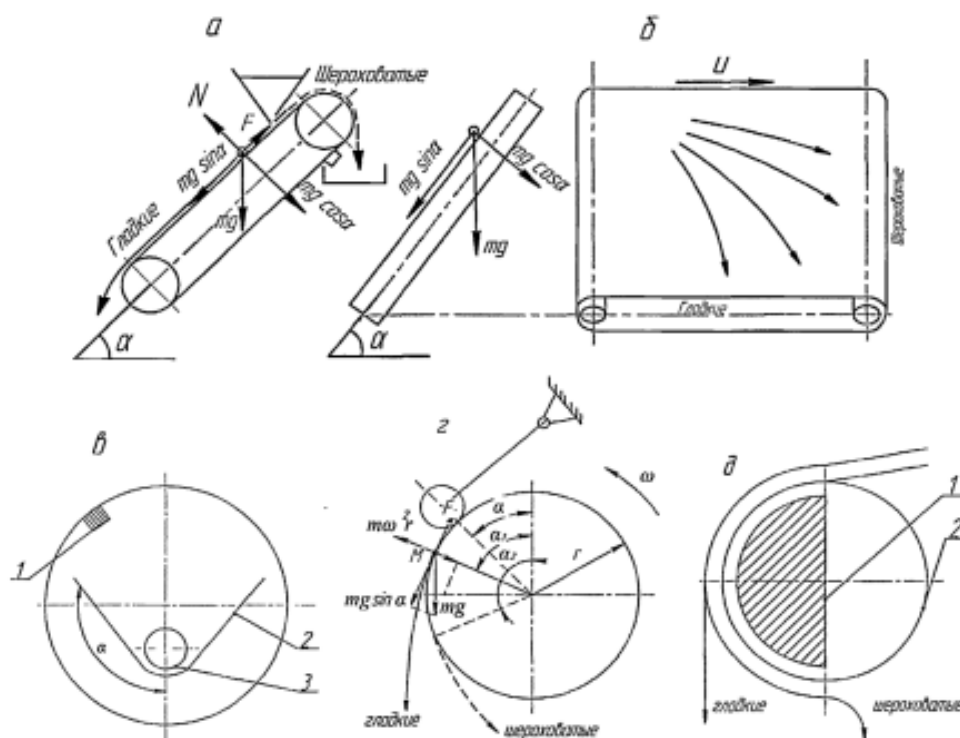


Рисунок 1.4 – Пристрої для сепарування за станом поверхні

а – стрічкова полотняна гірка з поздовжнім рухом полотна; б – стрічкова полотняна гірка з поперечним рухом полотна; в – циліндрична гірка; г – вальцева гірка; д – електромагнітні прилади для очистки насіння з шорсткою поверхнею.

У гірок з поперечним рухом полотна валик розташовується похило під кутом до горизонту (рис. 1.4, б). Рух частинок, що поміщені в верхню частину такого полотна, складається з поздовжнього руху вниз під впливом складової від сили тяжіння з прискоренням $g \sin \alpha$ й поперечного – під дією сили тертя з прискоренням $g \cos \alpha$. Так як коефіцієнти тертя зернівок основної культури і

насіння домішок неоднакові, то сили тертя і їх траєкторії руху будуть різними. Спочатку скочуються з полотна вниз гладкі і округлі насіння; шороховаті насіння і домішки з великим коефіцієнтом тертя захоплюються полотном і несуться в бік, а проміжні фракції насіння спадають з полотна вниз на всій його довжині (по довжині полотна).

Циліндрична гірка являє собою циліндр, обклеєний всередині волохатим полотном. Усередині циліндра є жолоб 2 (рис. 1.4, в) зі шнеком 3 для прийому і відведення, що потрапили в нього шорсткуватих домішок. При обертанні циліндра насіння, що знаходяться на його поверхні, будуть підніматись на кут: $\alpha = \varphi + \arcsin\left(\frac{\omega^2 r}{g} \sin \varphi\right)$, а чіпкі насіння з ворсистою поверхнею будуть переміщатися на кут, більший кута α . Встановлюючи край жолоба вище кута затягування і ставлячи всередині циліндра щітку 1 можна зібрати чіпкі насіння в жолоб і потім вивести їх з циліндра шнеком. Гладкі насіння йтимуть сходом з циліндра.

Вальцева гірка відноситься до типу циліндричних гірок з зовнішньою робочою поверхнею. На рис. 1.4, г показана схема її робочого органу. Натискний ролик притискає насіння до поверхні робочого вальця, підсилює зчеплення шорсткуватих і чіпких насінин з поверхнею полотна і тим самим збільшує кут переміщення. На шорсткі частинки діє ще сила зчеплення з ворсом полотна, а тому вони відірвуться від вальця пізніше ($\alpha_2 > \alpha_1$).

Основним недоліком полотняних «гірок» є те, що вони в основному пристосовані для сепарування культур, зернівки яких мають сферичну форму. Крім того, дані пристрої відрізняються тим, що деякі частки, що прицепилися до ворсу практично неможливо відчепити, що призводить до забивання робочої поверхні і частой періодичної заміні робочого матеріалу «гірок».

Електромагнітні пристрої для очищення насіння конюшини, люцерни, льону та інших культур від важковідокремлюваного насіння бур'янів (берізки, смілки, кукіль, волошки і ін.) з шорсткою поверхнею (рисунок 1.4, д) [14]. Принцип роботи таких машин оснований на здатності шорсткуватих насіння

бур'янів обволікає спеціальним магнітним порошком, після чого вони набувають феромагнітних властивостей і притягуються електромагнітом. Якщо отриману суміш пустити потоком на обертовий латунний циліндр 2, частина якого знаходиться під дією магнітного поля, то шорсткі насіння з приставшим магнітним порошком втримаються на циліндрі довше, ніж гладкі; цим і забезпечується поділ.

Відомий спосіб поділу частинок зернової суміші [14], що відрізняються один від одного формою своєї поверхні, на гвинтових сепараторах – змійках (рис. 1.5).

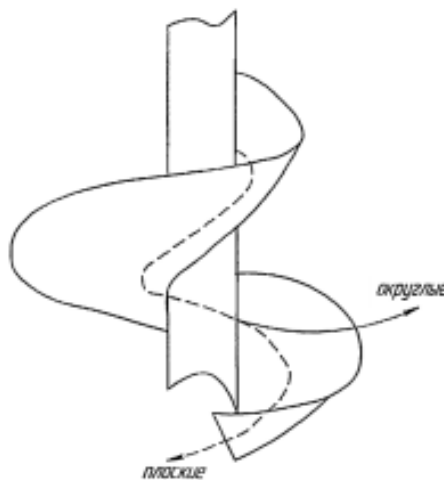


Рисунок 1.5 – Схема гвинтового сепаратора

Якщо на поверхню змійки направити суміш округлої і неправильної форми насіння, то насіння неправильної форми будуть сповзати вниз по цій поверхні, як плоске тіло з меншою швидкістю, а насіння округлої форми, перекачуючись по цій поверхні, набудуть великої швидкості і велику відцентрову силу, внаслідок чого будуть зіскакувати з гвинтової поверхні в сторону.

Показником, що характеризує здатність частинок суміші розділитися, в даному випадку є коефіцієнт тертя. Для насіння округлого, кулеподібного має місце тертя кочення, а для насіння плоского і неправильної форми – тертя ковзання. Так як коефіцієнт тертя кочення значно менше коефіцієнта тертя ковзання, то суміш в даному випадку розділяється ефективніше, ніж за станом поверхні.

Недоліком гвинтових сепараторів при очищенні пшениці від важковідокремлюваних є низька ефективність при невеликій продуктивності.

Відомі пневматичні сортувальні столи (рис. 1.6), що містять похилу деку з сітчастим дном, що піддаються поздовжнім колибанням і продувається повітряним потоком, що нагнітається вентилятором [6]. Спосіб поділу заснований на розшаруванні (самосортування) частинок зернової суміші по щільності і розведенні їх в протилежні напрямки при спільному впливі віброуючої плетеної або тканної поверхні решета і висхідного через неї повітряного потоку.

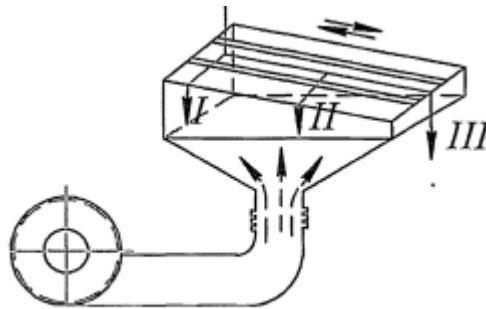


Рисунок 1.6 – Схема пневмосортувального столу

Загальним основним недоліком пневмосортувальних столів є низька питома продуктивність на одиницю встановленої потужності. Крім того, при обробці зернових культур з різним ступенем засміченості виникає необхідність варіювання численними параметрами: кутами поздовжнього і поперечного нахилу деки, частотою і амплітудою її коливань, кількістю повітря, що подається під деку.

Відома конструкція падді-машини фірми «Maketa» (рис. 1.7), складається з приймального пристрою, штурвала, станини і приводного механізму, випускних патрубків, сортувального столу, перпендикулярно до поверхні якого прикріплені зигзагоподібні відбійно-напрямні перегородки, що складаються з стінок із листового матеріалу, а між зигзагоподібними відбійно-напрямними перегородками утворені канали [17]. Привід машини знаходиться під металевим кузовом і забезпечує його зворотно-поступальний рух. Падді-машини отримали широке застосування в круп'яній промисловості, так як відрізняються високою

технологічною ефективністю сепарування продуктів лущення рису. Разом з тим, необхідно відзначити, що нами були зроблені спроби поділу пшениці на падді-машині, але ефективність очищення склала 65 – 70 %. Низька ефективність очистки пшениці на падді-машині пояснюється незначно відрізняючимися пружними властивостями пшениці і домішок.

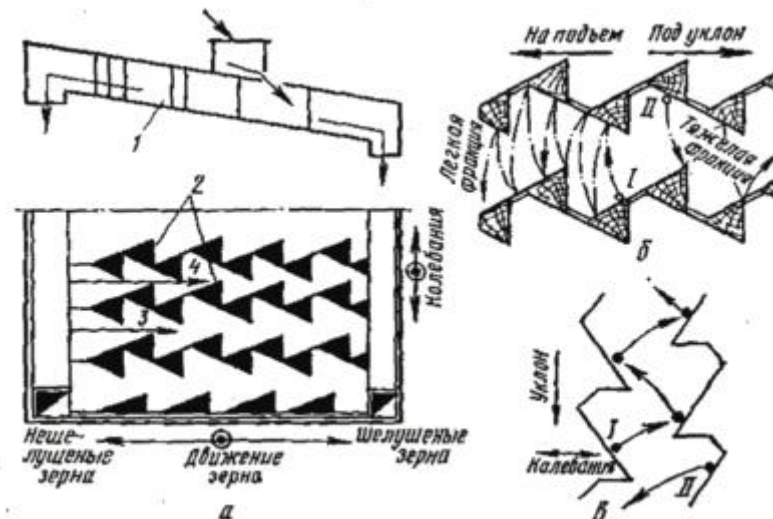


Рисунок 1.7 – Схема падді-машини

а – схема сортувального столу; б – фракційна схема руху зерна; в – ударна схема руху зерна; 1 – сортувальний стіл; 2 – стінки; 3, 4 – канали.

Відомий спосіб сепарування зернопродуктів, що полягає в сортуванні зерноsumіші в кільцеподібному каналі (рис. 1.8) при його гвинтових коливаннях, розроблений В. А. Буцко і Р. Н. Касимова [30].

Кільцеподібний робочий орган складається з горизонтальної А і гвинтової Б ділянок, кожна з яких займає по половині площі кільця. Вихідна зерноsumіш, що містить зерно пшениці та мінеральні домішки, подається на середній радіус кільцевої поверхні в місце переходу горизонтальної А на гвинтову Б ділянку.

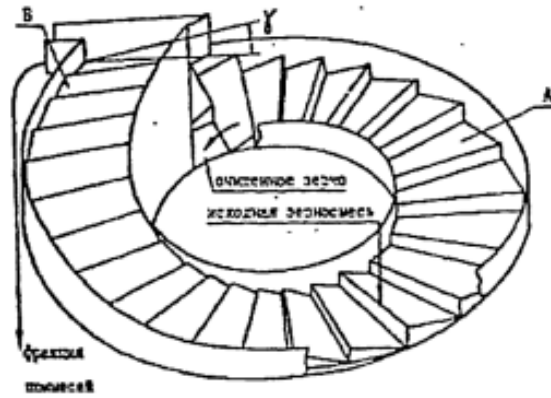


Рисунок 1.8 – Схема сепарувального органу – каменевідбірника:

А – горизонтальна ділянка кільцеподібного робочого органу; *Б* – гвинтова ділянка кільцеподібного робочого органу

При впливі гвинтових коливань і рифленої поверхні, зерноsumіш самосортується і заповнює горизонтальну ділянку каналу. Мінеральні домішки як більш щільні частинки, занурилися в нижні шари зерноsumіші, під дією відцентрової сили інерції ковзають до зовнішньої кільцевої стінки і потім, під дією рифлів, транспортуються по гвинтовій ділянці до патрубку для виведення домішок. Основне зерно, під дією підпору від якого надходить продукт, рухається верхнім шаром по горизонтальній ділянці і виводиться патрубком для фракції очищеного зерна.

Однак, даний спосіб сепарування виявляється нераціональним при високих концентраціях більш щільних частинок у вихідній зерноsumіші, що має місце в процесах очищення зерна від важковідокремлюваних домішок. Ця обставина пояснюється тим, що при великій кількості більш щільних частинок у вихідній зерноsumіші не виключається ймовірність їх потрапляння в патрубок для фракції очищеного зерна. Внаслідок цього наші дослідження були спрямовані на пошуки більш ефективних способів сепарування зерноsumіші на робочих органах, що дозволяють забезпечити інтенсивне самосортування і чітке розведення розділених фракцій.

Н. Е. Авдеев розробив відцентровий інерційний сепаратор, в якому для поділу суміші, що сепарується за формою і властивостями поверхні складових її

частинок застосовані криволінійні розділові направляючі перегородки 2 (рис. 1.9, а), що сприяло попередженню змішування фракцій як при русі по конічному ротору, так і при виведенні їх з машини. Таким чином, частки суміші діляться за властивостями поверхні на дві фракції: більш гладкі рухаються із зовнішнього боку розділових перегородок і потрапляють в патрубки 1, які направляють їх в нерухомий конічний збірник 4; більш шорсткі частки рухаються з внутрішньої сторони розділових перегородок і за допомогою патрубку 5 виводяться з ротора і направляються в конічний збірник 3.

Недоліком даного пристрою є те, що шорсткі і гладкі частки рухаються в одному напрямку і їх траєкторії можуть перетинатися – це знижує ефективність розділення компонентів зерноsumіші [10].

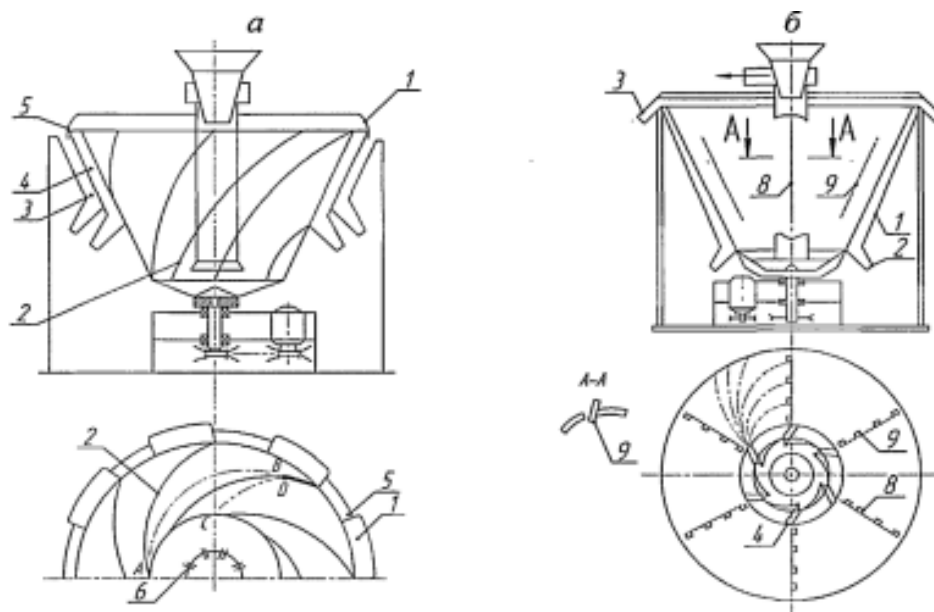


Рисунок 1.9 – Відцентрові інерційні сепаратори для поділу суміші, що сепарується за формою і властивостями поверхні

Зазначений недолік усунутий у відцентровому фрикційному сепараторі з нормалізованою подачею продукту на конічний ротор [2]. Переміщуючись по розподільному пристрою, сепарована суміш надходить в живильні канали 4, завдяки чому на розділяючий ротор вони потрапляють з однаковими початковими умовами (рис. 1.9, б). Рухаючись по більш зігнутим траєкторіям, гладкі або сфероподібні частки зустрічають на своєму шляху щілиновидні отвори 8 і

відбивачами 9 направляються в конічний збірник 1, звідки виводяться через патрубку 2. Шорсткуваті або плоскі частинки менше відхиляються від утворюючих ротора і внаслідок цього, минаючи отвори 8, йдуть сходом з поверхні ротора, потрапляючи в патрубки 3.

Разом з тим необхідно відзначити, що при очищенні пшениці даний спосіб може мати низьку ефективність, так як форми частинок пшениці і домішок дуже схожі, але певний інтерес викликає використання розділових перегородок, що безсумнівно, буде враховано нами в процесі пошуку найбільш ефективного способу очищення.

В. В. Гортинський, А. М. Васильєв, Л. І. Мачихина, А. Ф. Лондарский, А. Б. Оспанов, Д. Є. Воронов розробили сепаруючий пристрій [3] (рис. 1.10, а), який представляє собою горизонтальний шорсткий кільцевий канал 1, обмежений зовнішнім 2 та внутрішнім 3 концентричними порогами. Шорсткість кільцевої опорної поверхні утворена з радіальних прямокутних рифлів 4. Зернова суміш, наприклад, що містить зерна пшениці та важковідокремлюваних домішок, безперервно подається на середній радіус кільцевого каналу, що здійснював обертальні коливання навколо вертикальної осі (рис. 1.10, б).

Кільцеві пороги 2 і 3 мають висоту, більшу висоти радіальних рифлів 4. При обертальних коливаннях робочого органу внаслідок совокупного впливу гравітаційних сил, тангенціальної і нормальної сил інерції зерноsumіш в кільцевому каналі займає обсяг, верхня вільна поверхня якого подібна конічній з твірною, що піднімається в міру віддалення від осі коливань.

Вплив обертальних коливань каналу і рифлів на зерноsumіш забезпечує її розшарування і самосортування, в результаті чого зерна пшениці, як більш щільні і дрібні занурюються в нижні шари і транспортуються радіальними рифлями до зовнішнього кільцевого порогу 2 і переливаються через нього, а насіння домішок, як менш щільні і великі спливають у верхні шари під дією підпору зерен основної культури і сил гравітації скочуються по похилій вільній поверхні зерноsumіші до внутрішнього кільцевого порогу 3, і потім переливаються через його верхню кромку.

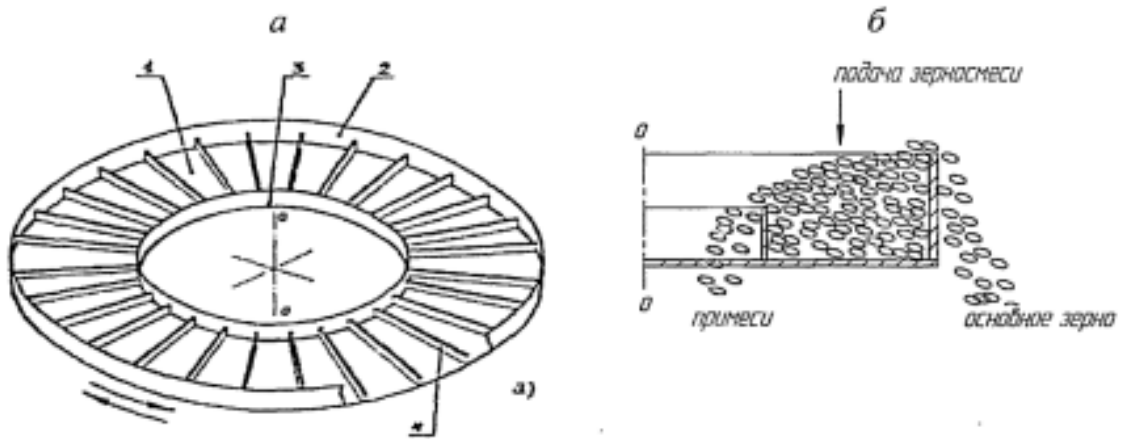


Рисунок 1.10 – Робочий орган сепарувального пристрою

а – схема робочого органу; б – процес розділення; 1 – шороховатий кільцевий канал; 2 – зовнішній концентричний поріг; 3 – внутрішній концентричний поріг; 4 – радіальні прямокутні рифлі.

Разом з тим, цей сепаруючий пристрій має недоліки, а саме: простір між суміжними радіальними рифлями у зовнішнього кільцевого порога заповнюється дрібними домішками в процесі тривалої експлуатації пристрою, що перешкоджає руху зерен основної культури до зовнішнього кільцевого порогу; насіння домішок, що лежать в верхньому шарі у зовнішнього порога потрапляють у фракцію основного зерна, через підпір вихідної зерноsumіші, що надходить знову.

Відомий вібросепаратор [34], що складається з приводного механізму 1 (рис. 1.11), сепаруючого робочого органу 2, що складається з горизонтальної і кільцевої опорної поверхні з радіальними рифлями 7, зовнішнього 15 і внутрішнього 16 кільцевих порогів, кільцевих збірок розділених фракцій 5 і 6, за допомогою рухомої платформи 17 жорстко закріплених на вихідному валу приводного механізму 1 таким чином, що його вісь збігається з віссю обертання вихідного валу, приймально-розподільного пристрою 3 і бункера-накопичувача 4.

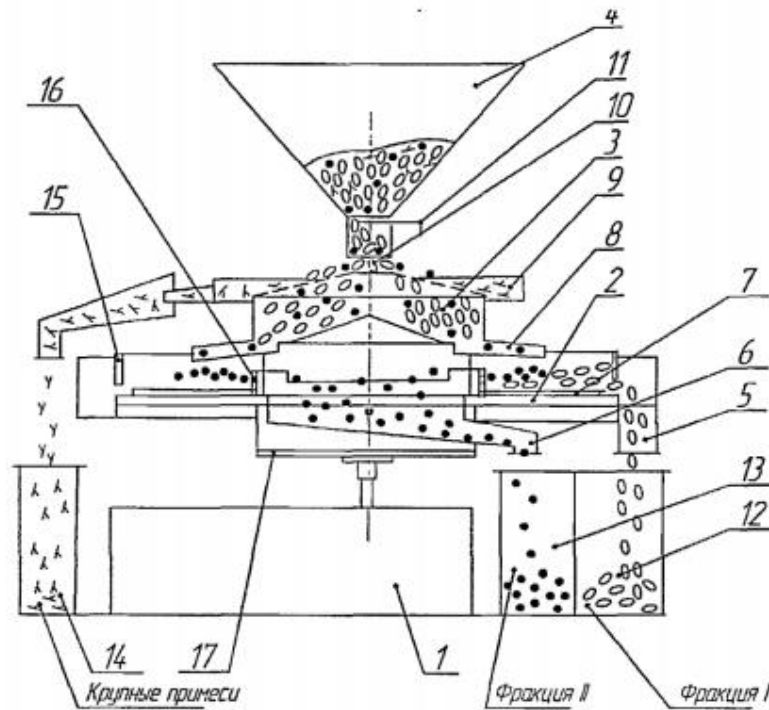


Рисунок 1.11 – Принципова технологічна схема вібросепаратора

1 – привідний механізм; 2 – сепаруючий робочий орган; 3 – приймально-розподільний пристрій; 4 – бункер-накопичувач; 5,6 – кільцеві збірники розділених фракцій; 7 – горизонтальна кільцева опорна поверхня з радіальними рифлями; 8 – живильники; 9 – кільцевий збірник; 10 – сито; 11 – шиберна заслінка; 12, 13, 14 – збірники для розділених фракцій; 15, 16 – рухома платформа

Вібросепаратор забезпечений збірниками 12, 13 і 14 для розділених фракцій. Вібросепаратор працює наступним чином. Сепаруючий робочий орган 2 і приймально-розподільний пристрій 3 приводяться в обертальний коливальний рух за допомогою приводного механізму 1. Вихідна зерноsumіш з бункера-накопичувача 4 подається на приймально-розподільний пристрій 3, де сід з сита 10 за допомогою кільцевого збірника 9, забезпеченого гонками, направляється в збірник великих і грубих домішок 14, а прохід – за допомогою живильників 8 подається на робочий орган 2. При обертальних коливаннях робочого органу 2 і радіальних рифлів, зерноsumіш рівномірно розподіляючись в кільцевому каналі, самосортується. В результаті самосортування насіння основного зерна, як найбільш щільні і дрібні, занурюються в нижні шари зерноsumіші і

транспортуються радіальними рифлями до випускних отворів зовнішнього кільцевого порога 15, а сміттєві органічні домішки, що відрізняються від основного зерна меншою щільністю і значущістю за розмірами, спливають на похилу вільну поверхню зерноsumіші і перемішуються до внутрішнього кільцевого порогу 16.

Насіння основного зерна виводиться через випускні отвори зовнішнього порога 15 і за допомогою кільцевого збірника 5 направляються в збірник 1-ої фракції 12, а сміттєві органічні домішки, перелиті через внутрішній поріг 16, направляються за допомогою збірника 6 до збірника фракції 13.

Однак, необхідно відзначити, що в даній машині процес транспортування частинок верхнього шару до внутрішнього кільцевого порогу кілька ускладнений, так як зернівки домішок спливаючи на верхню вільну поверхню сипучого тіла рухаються окремими частинками, не утворюючи суцільного шару уздовж кільцевого каналу. Отже, вплив верхніх шарів на частинки домішок значний, що в кінцевому підсумку може призвести до руху частинок домішки разом з зерном основної культури.

Останнім часом одним з перспективних способів сепарування зернопродуктов є сортування компонентів зерноsumіші за кольором. Даний спосіб реалізований в так званому фотосепараторі [37], що складається з рами 1, завантажувального бункера 2, віброживильника 3, похилого лотка 4, фотоелектронного блоку 5, панелі управління 6, пневмоелектронного блоку 7, системи підготовки повітря 8 і приймального лотка 9 (рис. 1.12).

Зерновий ворох надходить у трубу 2, звідки надходить на віброживильники 3 (рис. 1.13). Віброживильники 3 рівномірно і з заданою продуктивністю подає зерновий ворох на похилий лоток 4. Розгоняючись по похилому лотку 4 і вирівнюючись в одношаровий потік зернова маса надходить в оглядовий відсік, що складається з фотоелектронного блоку 5 і пневмоелектронного блоку 7. Для сканування одношарового потоку зернової маси, що надходить з похилого лотка 4, з двох сторін встановлюються дві відеокамери. Дані з камер надходять на обчислювальний блок аналізу зображень насіння. За результатами аналізу

зображень формуються сигнали, що надходять на електронний блок управління клапанами. Клапан з обраною адресою відкривається в момент проходження некондиційного зерна в зоні дії повітряного імпульсу. Повітряний імпульс стисненого під тиском повітря (0,4 – 0,6 МПа) протягом декількох мілісекунд вибиває некондиційне зерно в відповідний приймальний відсік. Траєкторія польоту кондиційного зерна відповідає його потраплянню по прийомному лотку 9 в відсік очищеного продукту.

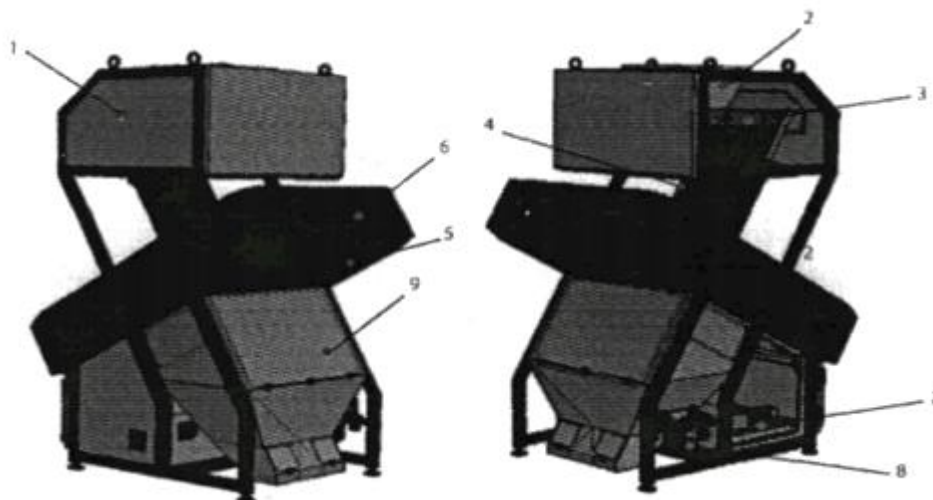


Рисунок 1.12 – Загальний вид фотосепаратора

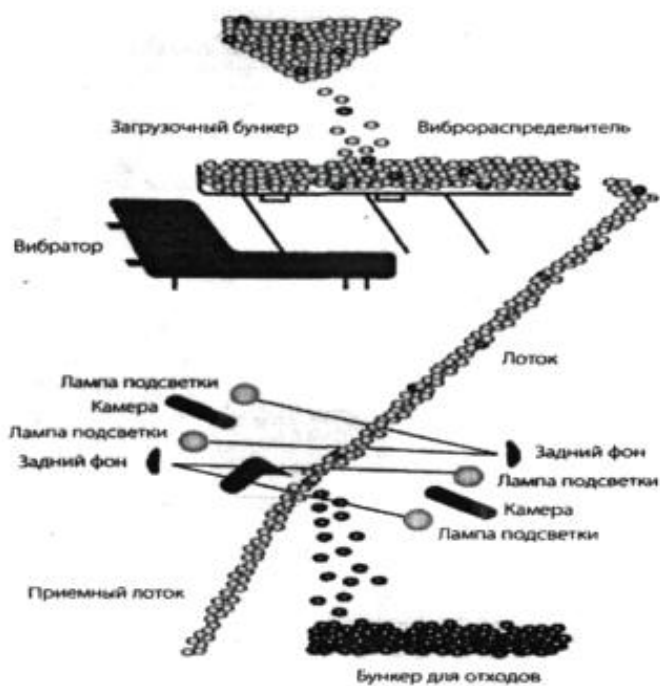


Рисунок 1.13 – Принцип роботи фотосепаратора

Однак, спосіб сепарування за кольором має деякі істотні недоліки. По-перше, фотосепаратори в силу конструктивних особливостей, дуже дорогі за вартістю, що не сприяє масовому впровадженню у виробництво. По-друге, експлуатація фотосепараторів можлива в строго регламентованих умовах: відсутність впливу прямого сонячного випромінювання, відсутність або істотне зменшення впливу розсіяного сонячного випромінювання, конденсації і вологи, при цьому температура навколишнього середовища повинна складати $+1 - +40$ °C і неприпустима присутність пилу, піску в навколишньому повітряному просторі. По-третє, відбракована за кольором фракція може містити до 80 % придатного зерна [42].

Незважаючи на застосування великої кількості конструкцій різних зерноочисних машин технологічна ефективність їх використання на операції очищення зерна від важковідокремлюваних домішок – низька. До того ж деякі з них на лінії обробки зерна використовуються неоднократно, а багаторазове проходження зерна через низько ефективні зерноочисні машини призводить до збільшення подрібнених зерен, швидкого зносу сепаруючих поверхонь робочих органів і підвищенню експлуатаційних витрат, а також втрат зерна у відходи.

У зв'язку з цим, для інтенсифікації процесу очищення зерна від важковідокремлюваних домішок необхідні нові досконалі конструкції робочих органів зерноочисних машин, що дозволяють підвищити ефективність зерна пшениці.

Внаслідок цього, розробка нових способів очищення зерна і створення на їх основі високоефективних зерноочисних машин, орієнтованих до умов зернопереробних підприємств, повинно бути предметом поглибленого дослідження.

Створення нової конструкції зерноочисної машини ставить метою підвищення ефективності очищення, універсальності, зниження матеріалоемності і енергоємності, зручність в обслуговуванні, при якому повинно бути забезпечено необхідну якість кінцевого продукту за одноразовий пропуск. У зв'язку з цим розробка зерноочисної машини для виділення важковідокремлюваних домішок та

визначення оптимальних параметрів і режимів її роботи становить значний інтерес. Темпи впровадження та подальше удосконалення цього обладнання в великій мірі залежать від розуміння закономірностей процесів сепарування.

Висновки до розділу

1. Встановлено, що існуюча техніка для очищення зернових культур характеризується недостатньою ефективністю виділення з зернової маси пшениці прицепника широколистоного. Наявність прицепника широколистоного в очищеному зерні призводить до зниження якості готової продукції.

2. Встановлено, що процес самосортування зернової суміші вивчений недостатньо і тому до теперішнього часу виділення прицепника широколистоного із зернової маси є актуальним завданням. З вище сказаного можна відзначити про необхідність вдосконалення процесу зерноочистки.

3. Встановлено, що процес самосортування зернової суміші на опорній шорсткій поверхні вивчений недостатньо і тому існують великі можливості для вдосконалення конструкцій зерноочисних пристроїв з метою інтенсифікації процесу та підвищення ефективності очищення зерна від прицепника широколистоного.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ВІД ПРИЦЕПНИКА ШИРОКОЛИСТОГО

Останнім часом в зв'язку з погодними умовами, під час збирання врожаю, збільшився вміст насіння бур'янів в зібраній зерновій масі, що надходить на переробку. Також це ще пояснюється тим, що в більшості випадків не витримуються агротехнічні вимоги по обробітку зернових культур, а також при закладці їх насінневого матеріалу, що цілком природно при обмежених фінансових можливостях селянських і фермерських господарств.

Особливо в зерновій масі пшениці, що надходить на переробку на борошномельні підприємства містяться зерна рослин, що представляють собою важковідокремлювану смітну домішку таку як прицепник широколистий. Їх зміст в зерновій масі іноді досягає 80 % від загальної маси домішок.

При промисловій переробці застосування відомих, широко розповсюджених, способів сепарування зерна, не дають бажаного ефекту в разі їх використання для відділення прицепника широколистого. Це пов'язано в першу чергу з особливостями фізико-механічних властивостей таких домішок, що на сьогоднішній день недостатньо вивчені.

2.1 Обґрунтування способу поділу і конструктивно технологічної схеми машини віброударного сепарування при відокремленні прицепника широколистого

В процесі очищення зерна необхідно розділяти зернову суміш на дві фракції, одна з яких містила б головним чином зерна основної культури, а інша – домішки. Як видно з матеріалів першого розділу всі існуючі машини розраховані тільки для певних способів сепарування зернопродуктів, враховуючи при цьому необхідні властивості цих культур.

Як видно з проведеного нами аналізу, процес сепарування досить складний, оскільки на нього впливає одночасно сукупність фізико-механічних властивостей

компонентів суміші. Однак, більшість авторів пов'язує ефект сортування з явищем удару. Відповідно до цієї гіпотези, прийнято вважати, що насіння, зустрічаючи перегородку, вдаряється об неї, потім відскакує. Основи теорії віброударного сепарування сипучих матеріалів в сортувальних столах розроблені В. В. Гортинський [44].

Відповідно до прийнятої ним моделі процесу віброударного сепарування, продукт, потрапляючи в робочий орган столу, піддається ударних впливів відбивних стінок, жорстко прикріплених до похилої гладкої поверхні. Попередньо проведені випробування з очищення зерна від важковідокремлюваних домішок на падді-машині показали, що зигзагоподібні відбивачі недостатньо ефективні.

Це пояснюється тим, що ширина каналу постійна і частки з різною щільністю, пружністю, коефіцієнтами тертя, перебуваючи в різних шарах зернової суміші, однаково контактують зі стінками зигзагоподібних відбивачів сортувального столу.

З огляду на відмінності властивостей насіння домішок від зерна пшениці, ми можемо змінити форму і матеріал сортувального столу, геометричне розташування стінок відбивачів, закріплених на сортувальному столі, і запропонуємо удосконалений пристрій для виділення насіння домішок із зернової маси пшениці.

Запропонований пристрій схематично представлено на рис. 2.1, де зображено загальний вигляд машини для поділу зернової суміші, а на рис. 2.2 – канал сепарування, утворений зигзагоподібними стінками-відбивачами.

Пристрій для розподілу зернової суміші складається з приймально-розподільного пристрою 1, сортувального столу 2, до поверхні якого перпендикулярно прикріплені зигзагоподібні відбивачі 3, а між зигзагоподібними відбивачами 3 утворені канали 4, по яких рухається сипучий продукт, штурвала 5 для фіксації кута нахилу сортувального столу 2, станини (на кресленні не показано) і приводного механізму (на кресленні не показано). З двох кінців сортувального столу 2 розташовані випускні патрубки 6 і 7.

Пристрій для розподілу зернової суміші працює наступним чином. При надходженні сипучого матеріалу в приймальний пристрій 1, сортувальний стіл 2 отримує прямолінійний зворотно-поступальний рух в напрямку стрілки «напрямок коливань» (рис. 2.1), при цьому кут нахилу сортувального столу 2 зафіксовано штурвалом 5. Сипуча зернова суміш в приймальному пристрої 1 рівномірно розподіляється по каналах 4, утвореним зигзагоподібними відбивачами 3. частинки зернової суміші під впливом коливань сортувального столу 2 і зигзагоподібних відбивачів 3 самосортуються: частинки з меншою щільністю спливають у верхні шари, а частинки з більшою щільністю занурюються в нижні шари.

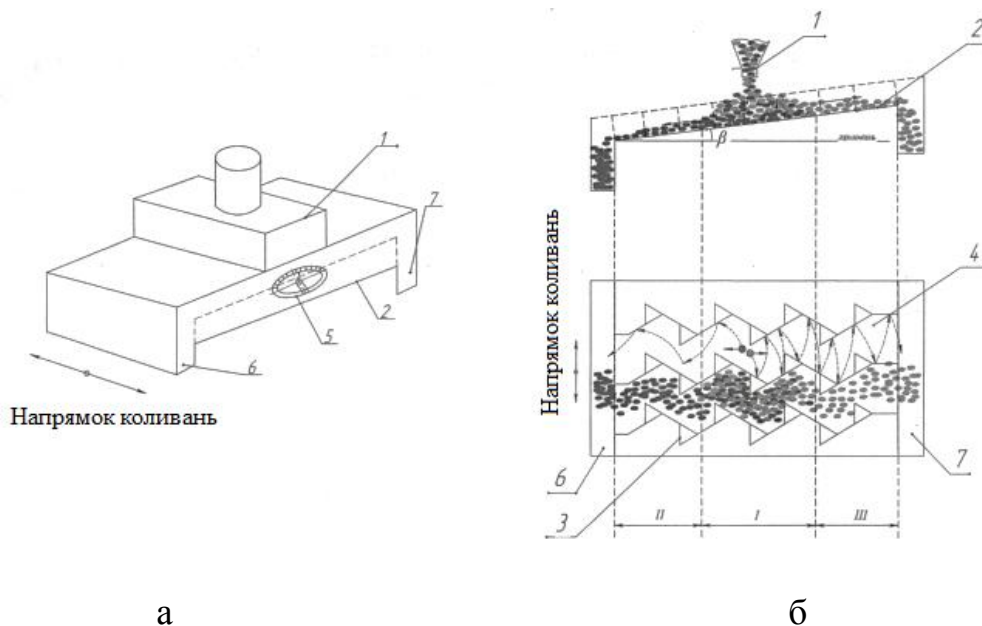


Рисунок 2.1 – Пристрій для розподілу зернової суміші

а – загальний вигляд пристрою для виділення важковідокремлюваних домішок; б – сортувальний стіл з жорстко прикріпленими зигзагоподібними відбивачами, що утворюють канал сепарування; 1 – приймально-розподільний пристрій; 2 – сортувальний стіл; 3 – зигзагоподібні відбивачі; 4 – канал сепарування; 5 – штурвал; 6, 7 – випускні патрубки

Так як ширина каналу 4 по висоті зменшується, то при постійній амплітуді коливання сортувального столу 2, менш щільні частинки, що знаходяться в верхніх шарах зернової суміші частіше контактують в каналі 4 зі стінками

зигзагоподібних відбивачів 3 і направляються вгору по поверхні сортувального столу 2 до випускного патрубку 7, а більш щільні частинки, які знаходяться в нижніх шарах зернової суміші і практично не схильні до дії стінок зигзагоподібних відбивачів 3 направляються вниз по поверхні сортувального столу 2. При безперервній подачі зернової суміші менш щільні частки переміщуються по каналу вгору виводяться з машини через випускний патрубок 7, а більш щільні частки переміщуються вниз і виводяться з машини через патрубок 6.

2.2 Експериментальна установка для поділу зернової суміші

Очищення зернової суміші від прицепника широколистою способом віброударного сепарування сипучих матеріалів на сортувальних столах з прикріпленими до поверхні зигзагоподібними відбивачами, що здійснюють зворотно-поступальні коливання, дозволить підвищити ефективність очищення зерна з максимальною повнотою виділення важковідокремлюваної домішки.

Програмою експериментальних досліджень передбачається:

- створення дослідно-експериментального зразка сепаратора для поділу пшениці і прицепника широколистою;
- визначення оптимальних режимів і параметрів процесу очищення зерна від прицепника широколистою на експериментальній установці;
- визначення технологічної ефективності процесу очищення зернового матеріалу на експериментальній установці.

На підставі результатів попередніх експериментів спроектований, створений і випробуваний дослідно-експериментальний зразок сепаратора для поділу пшениці і прицепника широколистою.

Визначення раціональних режимів і параметрів процесу очищення зерна від прицепника широколистою та технологічної ефективності експериментальної установки необхідні для подальшої практичної реалізації результатів експериментальних досліджень.

Ефективність процесу очищення насіння пшениці від важковідокремлюваних домішок, таких як прицепник широколистий, що відрізняються між собою сукупністю різних властивостей (коефіцієнтом тертя, щільністю, станом поверхні), в значній мірі залежить від кінематичних параметрів (амплітуди коливань і кута нахилу сортувального столу), від питомого навантаження зернового потоку (товщини зернового шару, що подається), від ширини каналу, по якому рухається продукт, а також від форми розташування відбивачів, розташованих на сортувальному столі.

Для вивчення і визначення ступеня впливу цих факторів нами запропонована для досліджень експериментальна установка.

Досліджуваний пристрій схематично представлено на рис. 2.2, де зображено загальний вигляд експериментальної установки, а на рис. 2.3 – канал сепарування, утворений зигзагоподібними відбивачами.

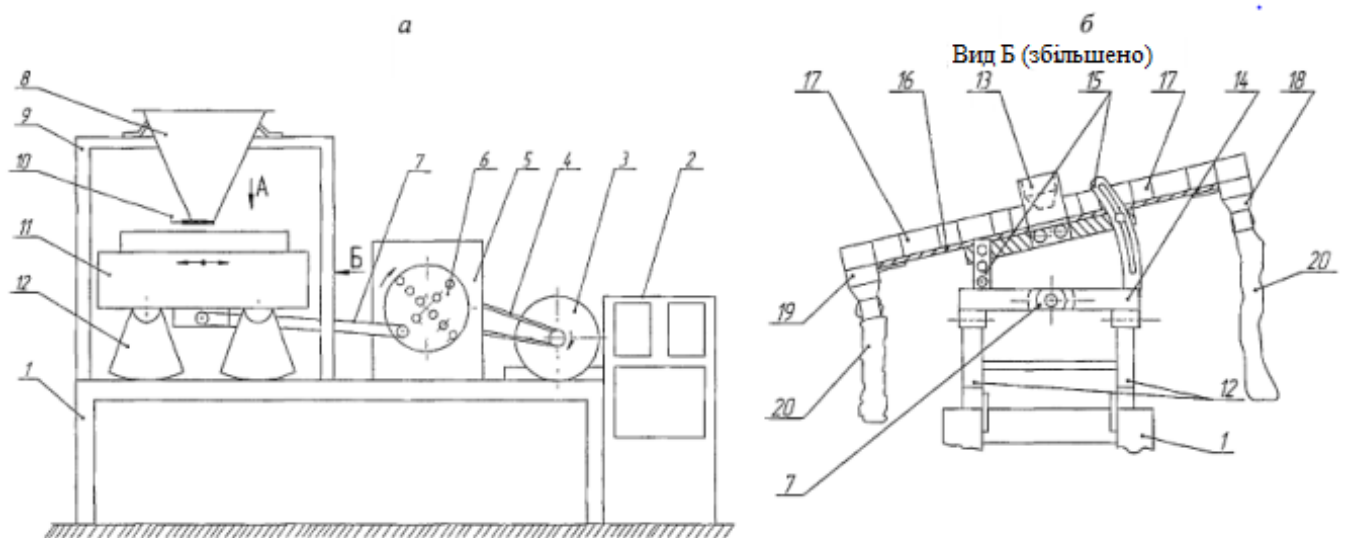


Рисунок 2.2 – Експериментальна установка для розділення зерноsumіші
 а – загальний вид дослідно-експериментальної установки; б – сортувальний стіл в зборі (вид Б збільшено); 1- станина; 2 – пульт управління; 3 – електродвигун постійного току; 4 – ремінь; 5 – редуктор; 6 – кривошип; 7 – тяга; 8 – бункер; 9 – платформа; 10 – ругуюча заслінка; 11 – корпус; 12 – ніжки; 13 – приймальний пристрій для насіння; 14 – рама; 15 – направляючі; 16 – сортувальний стіл; 17 – зигзагоподібні відбивачі; 18, 19 – випускні патрубки; 20 – матерчаті рукава.

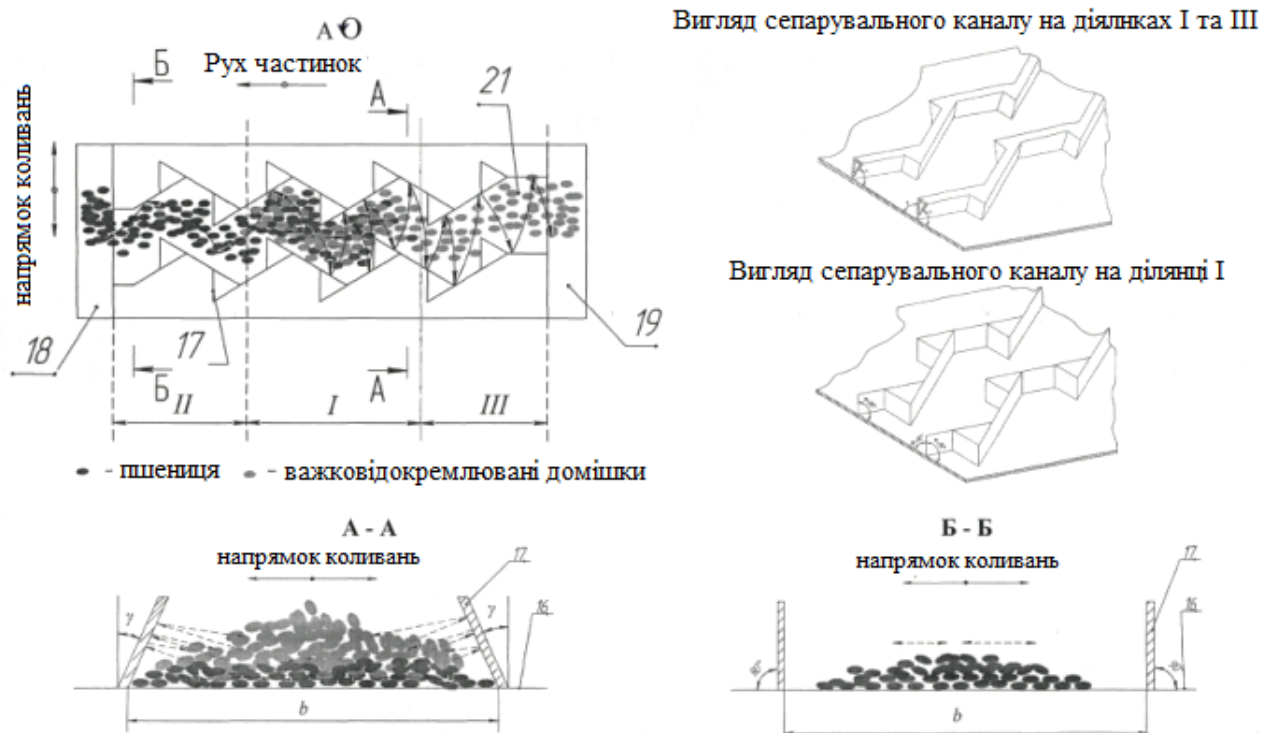


Рисунок 2.3 – Сепарувальний канал, утворений зигзагоподібними відбивачами

17 – зигзагоподібні відбивні стінки 18 – випускний патрубок для пшениці;
19 – випускний патрубок для домішки; 21 – канал сепарування.



Рисунок 2.4 – Загальний вид досліджуваної установки для розділення зерноsumіші

Досліджувана установка складається з станини 1, пульта управління 2, електродвигуна постійного струму 3, редуктора 5 з кривошипом 6, тяги 7, рами 11, з прийомним пристроєм 13, бункера 8 з регулюючої заслінкою 10.

Бункер 8 розташований на спеціальній платформі 9, закріпленої на станині 1. У нижній частині бункера 8 змонтована регулююча заслінка 10, для контролю товщини шару суміші, що визначає продуктивність установки.

Під бункером 8 встановлена рама 11, що представляє собою прямокутник, по бічних сторонах якого приварені направляючі 15. Рама 11 шарнірно-рухомо встановлена на ніжках 12. Конструкція ніжок 12 дозволяє приводити в зворотно-поступальний рух раму 11 і сортувальний стіл 16. На напрямних 15 рами 11 закріплені сортувальний стіл 16 з можливістю регулювання кута нахилу.

Над сортувальним столом розташований приймальний пристрій 13 прямокутної форми для подачі насіння на сортувальний стіл 16.

Сортувальний стіл 16 являє собою площину, до поверхні якого щільно прикріплені зигзагоподібні відбивачі 17, а між зигзагоподібними відбивачами 17 утворені канали сепарування 21, по яких рухається сипучий продукт. По двох кінцях сортувального столу 16 розташовані випускні патрубки 18 і 19. Конструкції зигзагоподібних відбивачів показані на рис. 2.3. Приймальний пристрій 13 і сортувальний стіл 16 з прикріпленими зигзагоподібними відбивачами 17, що утворюють канал сепарування 21, встановлені на рамі 14.

Метою дослідження цієї конструкції (рис. 2.4) є підвищення ефективності виділення із зернової маси пшениці насіння прицепника широколистоного. Технічний результат досягається тим, що досліджувана конструкція сортувального столу 16 з зигзагоподібними відбивачами 17, що дозволяє інтенсифікувати процес поділу частинок [7]. Сортувальний стіл 16 складається умовно з трьох ділянок:

1. Ділянка руху домішки, яка знаходиться у верхній частині;
2. Ділянка самосортування зернової суміші, знаходиться в середній частині;
3. Ділянка руху зерна пшениці, знаходиться в нижній частині сортувального столу.

Причому стінки відбивачів 17 прикріплені перпендикулярно до поверхні столу на нижній ділянці. На другому і першому ділянках стінки відбивачів прикріплені під кутом до сортувального столу. При цьому сортувальний стіл має з двох сторін випускні патрубки.

Приводний механізм складається з електродвигуна постійного струму 3 до якого через клинопасову передачу під'єднаний редуктор 5. Для зміни частоти обертання електродвигуна використовується спеціальний універсальний автотрансформатор для регулювання напруги, що подається електродвигуном постійного струму 3. На вихідному валу редуктора 5 закріплений кривошип 6. Кривошип 6 являє собою диск, на якому на різних радіусах просвердлені отвори для кріплення тяги 7. Різні радіуси обертання кривошипа 7 дозволяють змінювати амплітуду коливання сортувального столу 16. Тяга 7 шарнірно рухомо з'єднує кривошип 6 і раму 14 сортувального столу 16.

Досліджувана установка для поділу зернової суміші працює наступним чином. При надходженні сипучого матеріалу з бункера 8 в приймальний пристрій 13, сортувальний стіл 16 з приймальним пристроєм 13 отримують зворотно-поступальний рух в напрямку стрілки «напрямки коливань» (рис. 2.2), при цьому кут нахилу сортувального столу 16 зафіксовано. Сипуча зернова суміш в приймальному пристрої 13 рівномірно розподіляється по каналу 21, дослідний зигзагоподібними відбивачами 17. Частинки зернової суміші під впливом коливань сортувального столу 16 та звивистих відбивачів 17 самосортуються: частинки з меншою щільністю спливають у верхні шари, а частинки з більшою щільністю занурюються в нижні шари. Зернівки домішки, розташовуючись у верхньому шарі, вільно переміщуються, а рух зерна пшениці ускладнено. Так як ширина каналу 21 по висоті у верхніх шарах менше, ніж в нижніх, то при постійній амплітуді коливання сортувального столу 16, менш щільні частинки, що знаходяться в верхніх шарах зернової суміші частіше контактують в каналі 21 зі стінками зигзагоподібних відбивачів 11, піддаються спрямованому удару стінок відбивачів і направляються вгору по поверхні сортувального столу 16 до випускного патрубка 19. Більш щільні частинки, які знаходяться в нижніх шарах

зернової суміші і практично не схильні до дії стінок зигзагоподібних відбивачів 17, скочуються вниз по поверхні сортувального столу 16 до випускного патрубку 18. На випускні патрубки 18 і 19 надіті матерчаті рукава 20 для спуску зернівок в нерухомі збірники. При безперервній подачі зернової суміші менш щільні частинки з великим коефіцієнтом тертя переміщуються по каналу вгору і виводяться з машини через випускний патрубок 19, а більш щільні частки переміщуються вниз і виводяться з машини через патрубок 18.

2.3 Методики для визначення оптимальних режимів і параметрів процесу очищення зерна від прицепника широколистоного

Перед кожним експериментом завантажувальний бункер наповнювали зерновим матеріалом, а регулювальну заслінку встановлювали в відповідне положення, що забезпечує заданий режим завантаження (продуктивності) робочого органу машини.

При сталому режимі технологічного процесу проводили відбір проб з випускних патрубків машини. В ході експериментів якість розділених фракцій визначали методом ручного розбирання 100 грамової наважки, виділеної з зразка стандартним методом [69].

Останнім часом керівники фермерських і селянських господарств прагнуть при первинній обробці зерна доводити його показники до борошномельних кондицій, так як зерно оцінюють і купують в основному виробники борошна (млини). Тому за технологічними показниками машини ми намагалися відповідно правилами ведення технологічного процесу на борошномельних підприємствах [25] забезпечити високі показники ступеня очищення зерна пшениці від бур'янистих домішок, при цьому винесення зерна основної культури в відходи повинен бути не більше 2 % від вихідного вмісту основного зерна.

Таким чином, технологічна ефективність процесу очищення зернового матеріалу на досліджуваній установці оцінювалася показниками, що характеризують їх якісну і кількісну сторони.

При очищенні зернового матеріалу якісний показник процесу визначався показником ефективності $E(\%)$, виділення прицепника широколистоного.

$$E = 100 \cdot \frac{C_1 - C_2}{C_1} (100 - X), \quad (2.1)$$

де C_1 – кількість домішки в зерновій суміші до очищення, м

C_2 – кількість домішки в зерновій суміші після очищення, м

X – кількість пшениці в відходах, %.

Перебіг процесу сепарування зернових матеріалів залежить від дуже великої кількості факторів. До них відносяться: амплітуда і частота коливань, напрямок коливань, величина подачі матеріалу на робочий орган (продуктивність), кут нахилу робочого органу, тип і сорт оброблюваного матеріалу, розміри і форма зерен, коефіцієнт внутрішнього і зовнішнього тертя, вологість, вміст домішок в зерновій масі і інші.

Врахувати всі ці фактори не представляється можливим. Тому в даній роботі розглядаємо основні фактори, що на процес сепарування мають найбільший вплив [9]. Досліди проводилися таким чином, що зміні піддавався лише один основний фактор, а все інші фактори, що впливають на процес сепарування, залишалися незмінними і мали оптимальне значення. Повторність кожного дослідження була п'ятикратною.

Частота коливань є одним з основних факторів, що впливають на процес поділу компонентів зернової суміші на сортувальному столі, що здійснює горизонтальні зворотно-поступальні коливання. Тому в досліджуваній конструкції для частоти коливання робочого органу регулювали частоту обертання валу електродвигуна постійного струму за допомогою спеціального універсального перетворювача частоти. Зменшення або збільшення частоти обертання валу електродвигуна призводило до зменшення або збільшення частоти коливання сортувального столу. Чисельні значення частоти обертання фіксували

за допомогою то ж частотного перетворювача, межі вимірювання від 15 до 200 кол/хв.

Регулювання амплітуди коливання проводили шляхом зменшення або збільшення радіусу кривошипа. Кривошип являє собою диск встановлений на вихідному валу редуктора. Диск має кілька отворів для кріплення тяги сортувального столу. Кожний отвір просвердлений на певній відстані від центру обертання диска (рис. 2.2, поз 6) Якщо збільшити або зменшити радіус обертання кривошипа, то відповідно прямопропорційно збільшиться чи зменшиться амплітуда до значення рівного значенню двох радіусів обертання кривошипа.

Використовуючи методику, описану в роботі [6], для визначення амплітуди коливання, по чотирьох кутах корпусу досліджуваної установки консольно закріпили авторучки. Зафіксувавши радіус обертання кривошипа, включали установку. Після закінчення 30 секунд після пуску установки, при сталому русі, наближали пластину з наклеєним на її поверхні щільним папером. Стержень авторучки наносив на поверхню паперу прямий відрізок. Довжина відрізка дорівнює амплітуді коливання робочого органу.

Змінюючи і фіксуючи радіус обертання кривошипа, і проводячи операції, зазначені вище, встановлені значення амплітуди коливання машини.

Установка дозволяє варіювати амплітудою коливання від 30 мм до 150 мм. Встановлено попередніми дослідниками [6], що при амплітуді коливання понад 100 мм, ефективність різко знижується, при подальшому збільшенні амплітуди рух зернового шару стає некерованим.

Зміна кута нахилу сортувального столу проводили наступним чином. На напрямних 15 рами 14 послаблювали болтові з'єднання, що приводило до вільного пересування сортувального столу 16 по напрямних 15 рами 14, змінювали кут нахилу і фіксували болтовими з'єднаннями. Кут нахилу контролювався транспортиром з відвісом, закріпленим на боковині сортувального столу 16.

Для зміни кута нахилу стінок зигзагоподібних відбивачів, що утворюють канал сепарування були виготовлені з металевих пластин, товщиною 2 мм, 6

варіантів відбивачів по 2 примірники з кутом нахилу 5° , 10° , 15° , 20° , 25° . При проведенні досліджень спочатку на сортувальний стіл встановлювали пару зигзагоподібних відбивачів з кутом нахилу 5° . Потім встановлювали з кутом нахилу 10° і т.д.

Для регулювання ширини каналу сепарування зсовували (розсовували) паралельно зигзагоподібні відбивачі в напрямку перпендикулярному поздовжній лінії каналу сепарування, встановлювали на певну ширину і фіксували болтовим з'єднанням до площини сортувального столу.

Експериментальна установка дозволяє варіювати товщиною шару суміші, що подається, кутом нахилу сортувального столу, частотою і амплітудою коливання робочого органу, кутом нахилу стінок відбивачів, а також шириною каналу сепарування.

Висновки до розділу

1. Запропоновано і реалізовано спосіб віброударного сепарування сипучих матеріалів, заснованому на принципі самосортування компонентів зерноsumіші по відмінності їх щільності, коефіцієнту тертя і стану поверхні.

2. Досліджено експериментальний зразок машини віброударного сепарування для виділення прицепника широколистоного із зернової суміші.

3. Визначено основні чинники, що впливають на ефективність очищення насіння пшениці від прицепника широколистоного за умови віброударного сепарування в каналах з відбивними стінками.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати експериментальних досліджень

Технологічний процес в досліджуваній установці для виділення прицепника широколистоного здійснюється в наступній послідовності: подача зернової суміші в канал між зигзагоподібними відбивачами; розподіл і самосортування частинок; транспортування частинок до випускного патрубку [9].

На рис. 3.1 представлені залежності ефективності сепарування E зернової суміші від ширини каналу b сортувального столу при різних кутах нахилу β . При цьому: частота коливань $n = 100 \text{ хв}^{-1}$; вологість домішки $W_{mp} = 13,9\%$, пшениці $W_{mu} = 10,7\%$; вміст прицепника широколистоного в суміші $k = 2\%$.

Аналіз графіків свідчить про те, що залежності носять екстремальний характер, тобто максимальна ефективність виділення домішки при одній і тій же амплітуді коливання відповідає певній ширині каналу і певним кутом нахилу сортувального столу. Зменшення або збільшення значень кута нахилу сортувального столу відповідно в будь-яку сторону від оптимуму призводить до зниження ефективності. Високий ступінь очищення ($E = 94 - 95\%$) досягається при $b = 60 \div 70 \text{ мм}$, $\beta = 4^\circ$

Це пояснюється тим, що виштовхувальна сила удару відбивачів діє більш ефективно, оскільки при ширині каналу $60 \div 70 \text{ мм}$ відбувається найбільш оптимальне зіткнення частинок домішки об стінку відбивачів, при цьому зернівка в результаті рухається по поверхні сортувального столу вгору.

При зменшенні значень кута нахилу сортувального столу разом з зернівками домішки несуться зерна пшениці, а при збільшенні – прицепник широколистий переміщається вниз з зерном пшениці [27].

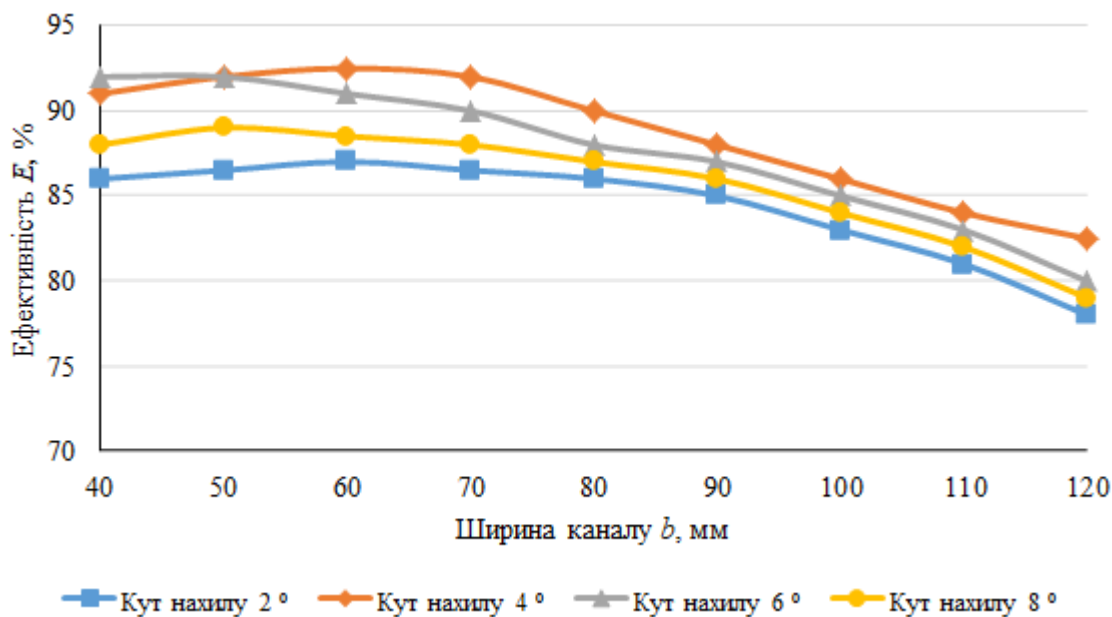


Рисунок 3.1 – Залежність ефективності сепарування E від ширини каналу b сортувального столу при різних кутах нахилу β при цьому $n=100 \text{ хв}^{-1}$ $W_\delta = 13,9\%$, $W_{nu} = 10,7$; $k = 2\%$

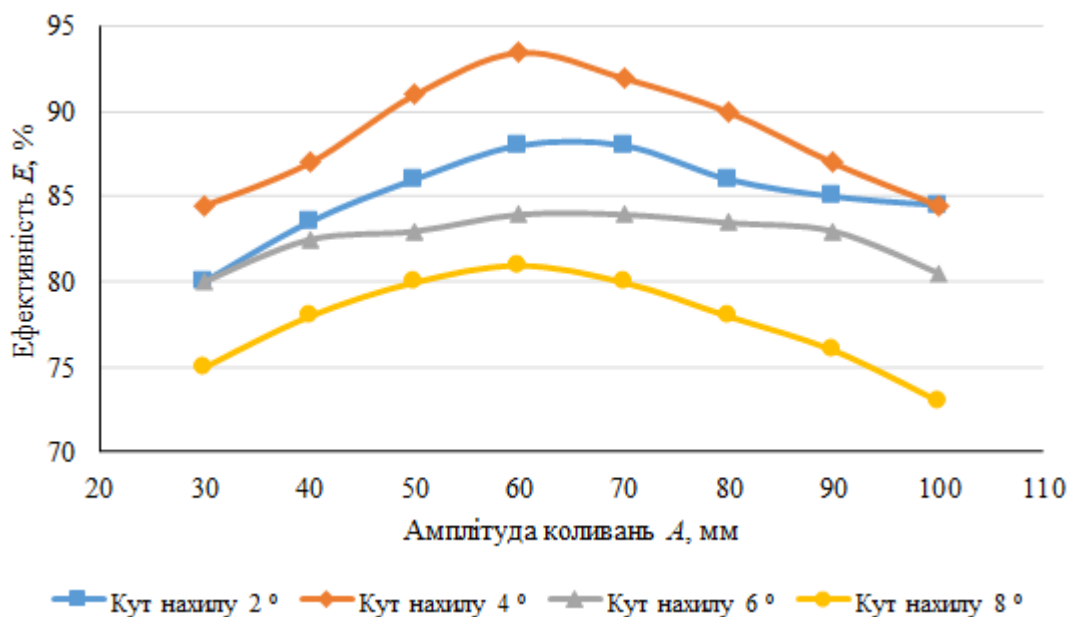


Рисунок 3.2 – Залежність ефективності сепарування E , від амплітуди коливань при різних кутах нахилу сортувального столу β , при: $b = 60 \text{ мм}$; $n = 100 \text{ хв}^{-1}$; $W_{np} = 13,9\%$, $W_{nu} = 10,7$; $k = 2\%$

На рис. 3.2 наведені залежності ефективності сепарування E , від амплітуди коливань при різних кутах нахилу β сортувального столу. При цьому:

- ширина каналу 60 мм;
- частота коливань $n = 100 \text{ хв}^{-1}$;
- вологість домішки $W_o = 13,9\%$, пшениці $W_{ми} = 10,7\%$;
- вміст домішки в суміші $k = 2\%$

З графіка видно, що залежність носить екстремальний характер, тобто максимальна ефективність виділення прицепника широколистоного при постійній ширині каналу відповідає певній амплітуді коливання і певного куту нахилу сортувального столу. Зменшення або збільшення значень кута нахилу сортувального столу і амплітуди коливань відповідно в будь-яку сторону від оптимуму призводить до зниження ефективності. Високий ступінь очищення ($E = 93 - 95\%$) досягається при амплітуді коливання $A = 65 - 75$ мм, при цьому кут нахилу сортувального столу $\beta = 4^\circ$

На рис. 3.3 наведені залежності ефективності сепарування зернової суміші від продуктивності Q при різних концентраціях прицепника широколистоного k у вихідній зерновій масі, при наступних постійних параметрах:

- ширина каналу $b = 60$ мм;
- частота коливань $n = 100 \text{ хв}^{-1}$;
- кут нахилу сортувального столу $\beta = 4^\circ$;
- вологість прицепника широколистоного $W_o = 13,9\%$, пшениці $W_{ми} = 10,7\%$;

З графіка видно, що при збільшенні концентрації прицепника широколистоного в зерновій масі ефективність виділення не знижується, а найкращі результати сепарування ($E = 93 - 95\%$) досягаються при продуктивності Q від 150 до 200 кг/год і концентрації домішки $k = 4\%$.

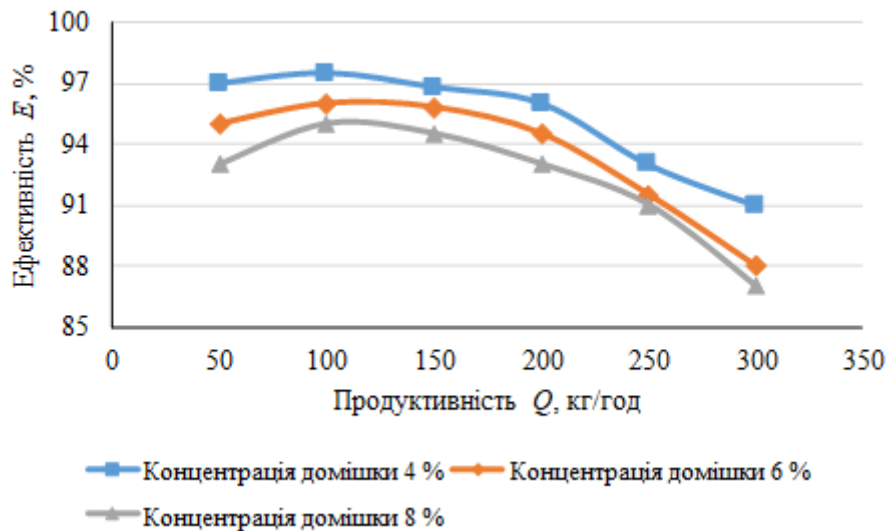
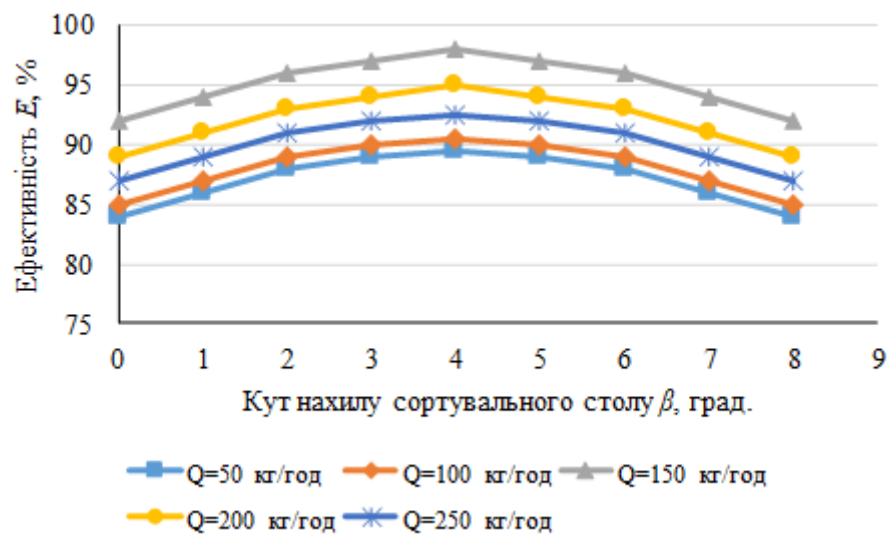


Рисунок 3.3 – Залежність ефективності E сепарування від продуктивності Q при різних концентраціях k прицепника широколистоного, при $b = 60$ мм; $n = 100 \text{ хв}^{-1}$; $W_o = 13,9\%$, $W_{ни} = 10,7$; $k = 2\%$



Залежність ефективності сепарування E від кута нахилу β сортувального стола при різній продуктивності Q , при $b = 60$ мм; $n = 100 \text{ хв}^{-1}$; $W_o = 13,9\%$, $W_{ни} = 10,7$; $k = 2\%$

Також можна говорити про те, що залежність ефективності сепарування зернової суміші від продуктивності понад $Q = 200$ кг/год носить регресивний характер, тобто зі збільшенням продуктивності більше даного значення – ефективність виділення прицепника широколистоного знижується.

На рис. 3.4 зображена залежність ефективності сепарування E зернової суміші від кута нахилу β сортувального столу при різній продуктивності Q з наступними незмінними показниками:

- ширина каналу $b = 60$ мм;
- частота коливань $n = 100$ хв⁻¹;
- вологість прицепника широколистоного $W_{\delta} = 13,9\%$, пшениці $W_{ми} = 10,7\%$
- вміст прицепника широколистоного в суміші $k = 2\%$.

Згідно графіка можна зробити висновок, що при продуктивності від 150 до 200 кг/год і кутах нахилу сортувального столу від 3° до 5° можна відзначити високу ефективність сепарування $E = 92 - 95\%$.

На рис. 3.5 показано вплив частоти коливань n сортувального столу на ефективність виділення E прицепника широколистоного із зернової суміші при різній ширині каналу b і наступних постійних параметрах:

- кут нахилу сортувального столу $\beta = 4^{\circ}$;
- продуктивність $Q = 150$ кг/год;
- вологість прицепника широколистоного $W_{\delta} = 13,9\%$, пшениці $W_{ми} = 10,7\%$;
- вміст прицепника широколистоного в суміші $k = 2\%$.

Аналіз графіків свідчить, максимальна ефективність виділення домішки при одній і тій же частоті коливання відповідає певній ширині каналу сепарування сортувального столу. Високий ступінь очищення ($E = 93 - 95\%$) досягається при $b = 60 - 70$ мм, $\beta = 4^{\circ}$, $n = 95 - 105$ хв⁻¹.

Результати дослідження залежності ефективності виділення прицепника широколистоного із зернової суміші від кута нахилу стінок відбивачів до площини сортувального столу при різній амплітуді A і наступних постійних параметрах:

- кут нахилу сортувального столу $\beta = 4^{\circ}$;
- продуктивність $Q = 150$ кг/год;
- вологість прицепника широколистоного $W_{\delta} = 13,9\%$; пшениці $W_{ми} = 10,7\%$;
- вміст прицепника широколистоного в суміші $k = 4\%$.

Графічні залежності представлені на рис. 3.6.

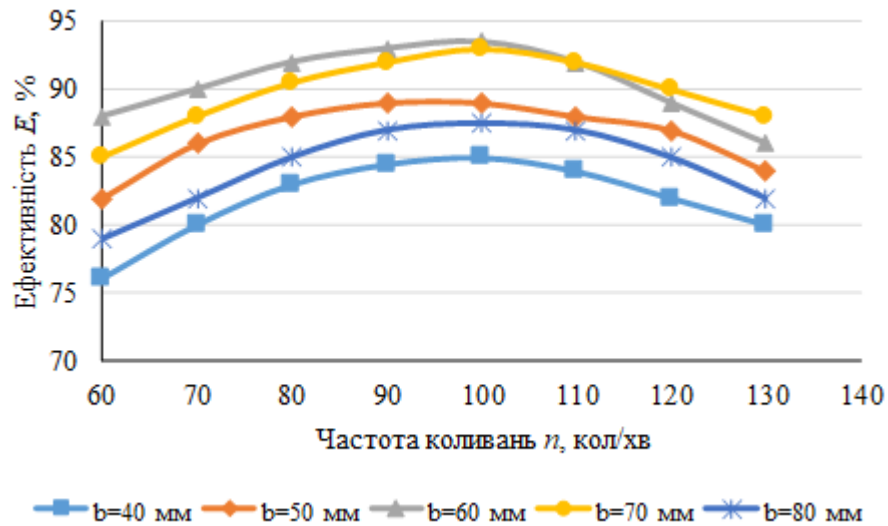


Рисунок 3.5 – Залежність ефективності сепарування E від частоти коливання сортувального столу n , при різній ширині каналу b : $\beta = 4^\circ$; $Q = 150$ кг/год; $W_\delta = 13,9\%$, $W_{ни} = 10,7\%$; $k = 2\%$

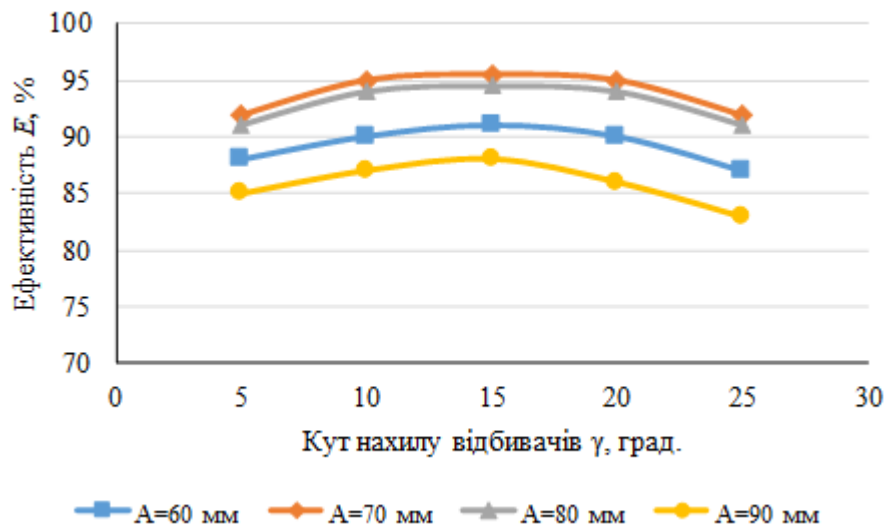


Рисунок 3.6 – Залежність ефективності сепарування E зернової суміші від кута нахилу відбивачів γ до площини сортувального столу при різній амплітуді A : $\beta = 4^\circ$; $Q = 150$ кг/год; $W_\delta = 13,9\%$; $W_{ни} = 10,7\%$; $k = 4\%$.

При значеннях кута нахилу стінок відбивачів $\gamma = 13-17^\circ$ спостерігається висока ефективність сепарування (до 95 %). Це пояснюється тим, що в даному випадку частка домішок внаслідок удару об стінку рухається по контрольованій траєкторії.

Таким чином, в результаті експериментальних досліджень процесу очищення зерна пшениці від прицепника широколистоного на дослідній установці встановлені раціональні параметри і режими роботи, що дозволяють високоефективно проводити очищення зернової маси пшениці ($E = 93 - 95\%$) від найбільш прицепника широколистоного.

Висновки до розділу

1. Визначено основні чинники, що впливають на ефективність очищення насіння пшениці від прицепника широколистоного.

2. Встановлено раціональні режими очищення зерна. Найбільш висока ефективність процесу очищення забезпечується при значенні кута нахилу сортувального столу $\beta = 4^\circ$, амплітуді коливання $A = 65 \div 75$ мм, частоті коливання $n = 95 \div 105$ кол/хв, ширині каналу, утвореного відбивачами $b = 60$ мм.

4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

На підставі результатів теоретичного і експериментального дослідження процесу сепарування можливо надати рекомендації виробництву для розробки і виготовлення промисловий зразок сепаратора для очищення зерна від прицепника широколистоного.

Відмінною особливістю сепаратора для очищення зерна від домішок є конструкція сортувального столу з шорсткою поверхнею, з прикріпленими до неї зигзагоподібними відбивачами, вдосконаленої конструкції, що дозволяє домогтися високого ступеню точності поділу частинок з різною щільністю і коефіцієнтами тертя, за рахунок віброударного самосортування зернової суміші в каналах сортувального столу, утвореного зигзагоподібними відбивачами.

Для регулювання товщини шару суміші, що подається в нижній частині бункера передбачена шиберна заслінка. Також при необхідності можна регулювати кут нахилу сортувального столу по напрямних, змонтованих на рамі.

Крім цього, в конструкції передбачено застосування електродвигуна постійного струму з автотрансформатором для плавного регулювання частоти коливання сортувального столу, що дозволяє забезпечити гнучку систему налаштування сепаратора для очищення зернової маси з різною засміченістю, а також з різною вологістю компонентів суміші.

Основні параметри і розміри сепаратора для очищення зерна від домішок прийняті за результатами проведених досліджень. Найбільш висока ефективність процесу очищення забезпечується при значенні кута нахилу сортувального столу $\beta = 4$, амплітуді коливання $A = 65 - 75$ мм, частоті коливання $n = 95 - 105$ хв⁻¹, ширини каналу, утвореного відбивачами $b = 60$ мм.

Запропоновану конструкцію модернізованого сепаратора для очищення зерна від прицепника широколистоного рекомендується застосовувати в складі малогабаритної лінії з очищення зерна пшениці (рис. 4.1) товариства з обмеженою відповідальністю «ДАлекс».

Малогабаритна лінія з очищення зерна пшениці ТОВ «Далекс» включає в себе ковшовий елеватор (норія) 1, приймальний бункер 2, повітряно-ситовий сепаратор 3, проміжні бункера (на рисунку не показано), трієра 4 (вівсюговідбірник і куколевідбірник), каменевідбірну машину 5 і сепаратор для виділення насіння важковідокремлюваних домішок 6.

Вихідна зернова суміш надходить в норію 1 і транспортується в приймальний бункер 2. З приймального бункера 2 зернова маса рівномірно подається в повітряно-ситовий сепаратор 3. Повітряно-ситовий сепаратор 3 очищує зерно від великих I, дрібних II і легких III домішок.

Зернова суміш IV з насінням домішки, мінеральними та іншими домішками надходить самопливом в проміжний бункер. З проміжного бункера зернова маса подається в трієра 4.

У трієрі-вівсюговідбірнику короткі зерна і домішки довжиною менше діаметра комірки захоплюються ними і піднімаються вгору. Над лотком зерно під дією сили тяжіння випадає з комірок і направляється в шнек, яким воно виводяться по лотку з циліндра. Довгі зерна, частково потрапляючи в комірки, не утримуються в них і випадають, не доходячи до лотка. Далі вони переміщуються уздовж осі циліндра і йдуть сходом по коміроквій поверхні.

Таким чином, із зернової суміші виділяються зернівки вівсюга. Потім зернова суміш потрапляє в трієр-куколевідбірник. У трієрі-куколевідбірнику зернова суміш проходить очистку від коротких домішок – куколю. Насіння куколю краще заповнюють комірки і вільно випадають з них над лотком тоді, коли циліндр буде обертатися з певною швидкістю, а решта частки переміщуються сходом уздовж осі циліндра.

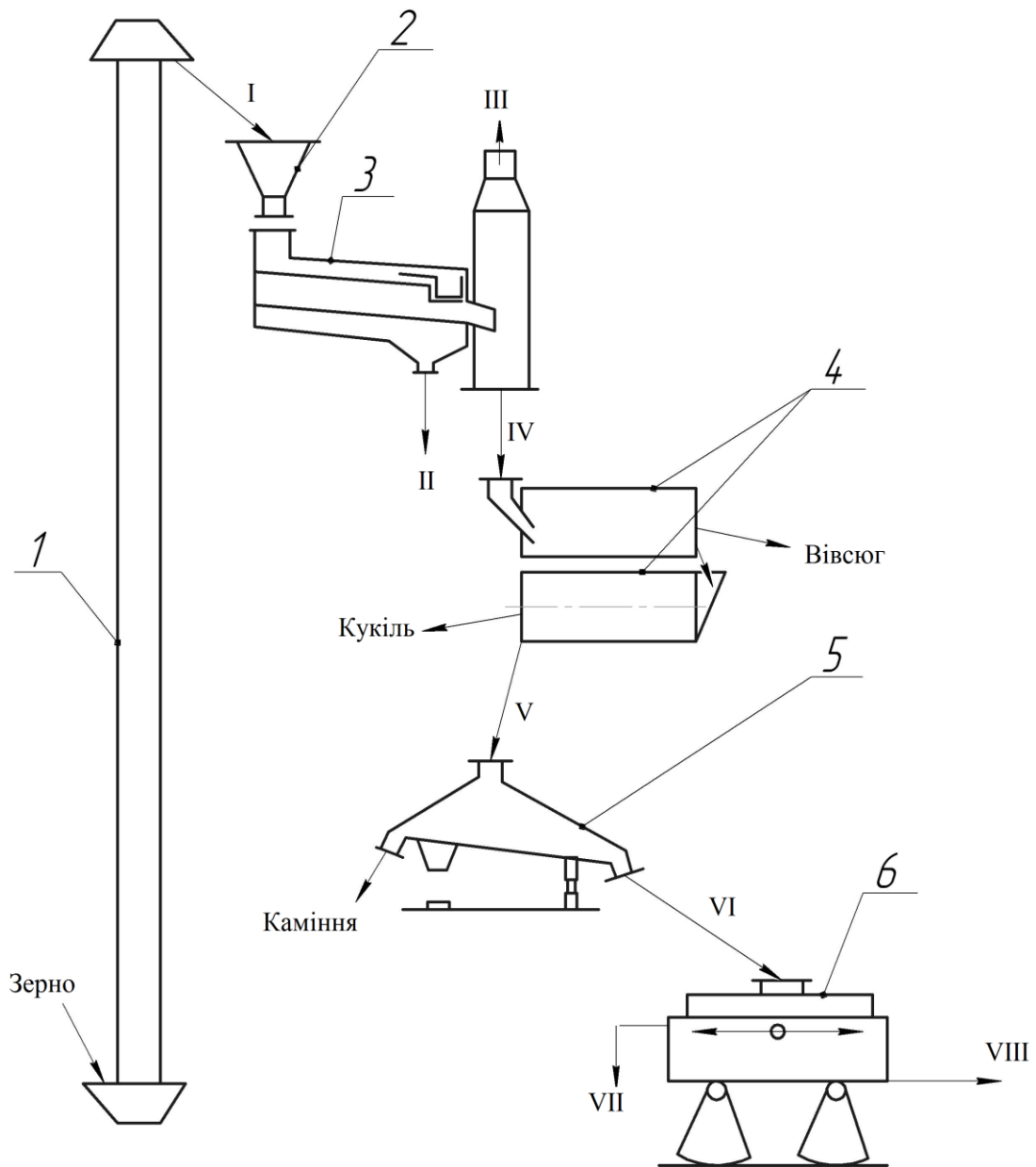


Рисунок 4.1 – Технологічна схема малогабаритної лінії з очистки зерна пшениці ТОВ «ДАлекс»

1 – ковшовий елеватор (норія); 2 – приймальний бункер; 3 – повітряно-ситовий сепаратор; 4 – трієри (вівсюговідбірник та куколевідбірник); 5 – каменевідбірна машина; 6 – сепаратор для видалення насіння прицепника широколистоого.

Далі зернова суміш V, очищена від великих, дрібних, легких, довгих (вівсюг) і коротких (кукіль) домішок надходить в каменевідбірну машину 5.

У каменевідбірній машині 5 відбувається виділення мінеральних часток (каменів) із зернової суміші. Таким чином, після сепарування в каменевідбірній машині 5 зернова суміш VI надходить в проміжний бункер (на схемі не показано). З проміжного бункера зернова суміш VI подається в приймальний пристрій сепаратора для виділення прицепника широколистоного 6. У сепараторі 6, зернова суміш з приймального пристрою потрапляє в канали сепарування, утворені зигзагоподібними відбивачами, закріпленими на сортувальному столі. В каналах сепарування, утворених зигзагоподібними відбивачами в процесі віброударного самосортування поділяються пшениця VIII і насіння прицепника широколистоного VII. Далі пшениця прямує на зберігання.

Висновки до розділу

1. На підставі результатів теоретичного і експериментального дослідження процесу сепарування можливо надати рекомендації виробництву для розробки і виготовлення промисловий зразок сепаратора для очищення зерна від важковідокремлюваних домішок.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпек при очищенні зерна пшениці на ТОВ «Далекс»

Оскільки тема дипломної роботи була присвячена питанням очистки зерна пшениці на елеваторі ТОВ «Далекс» то на нашу думку доцільно було проаналізувати небезпечні фактори які можуть виникнути під час первинної обробки зерна пшениці. Технологічна схема елеватора підприємства ТОВ «Далекс» представлена на рисунку 5.1.

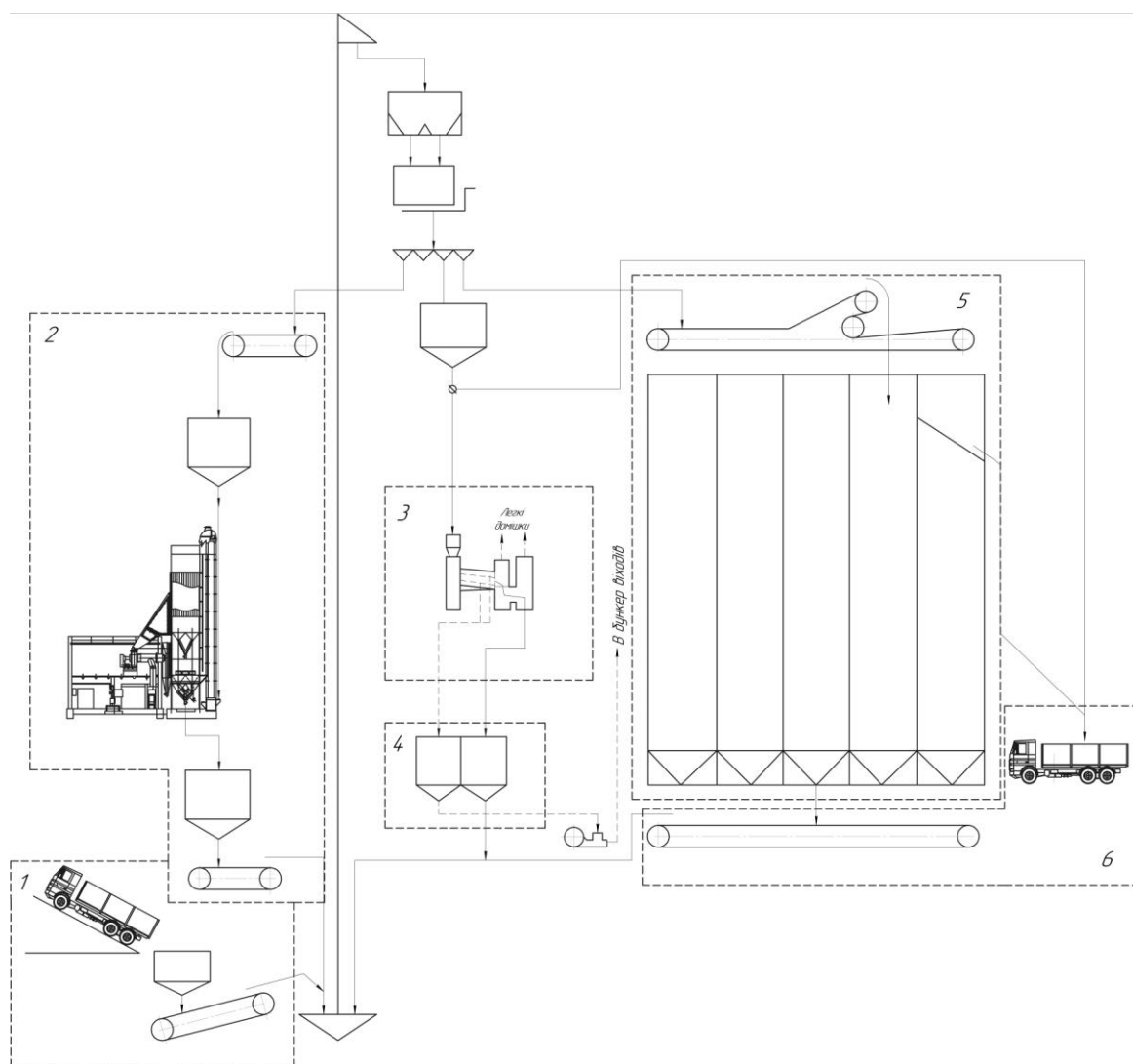


Рисунок 5.1 – Технологічна схема елеватора ТОВ «Далекс»

При проведенні аналізу небезпек даної технологічної схеми її було розділено на наступні ділянки (рис. 5.1):

- приймання зерна;
- сушіння зерна;
- очищення та фракціонування зерна;
- проміжне зберігання зерна та відходів;
- зберігання зерна в силосах;
- відвантаження зерна.

Наступним етапом для кожної дільниці було визначено основні небезпеки, які виникають при недотриманні вимог охорони праці або при несправностях у технологічному обладнанні. Ці небезпеки схематично зображені на рис.5.2.

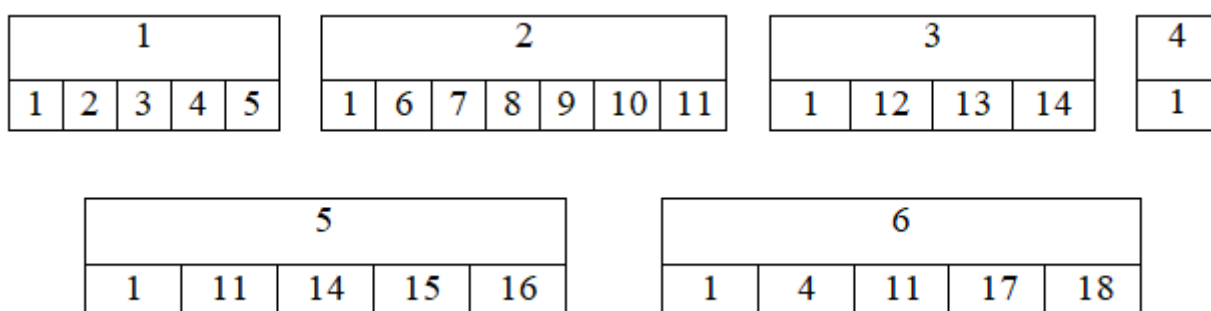


Рисунок 5.2 – Схема розподілу небезпек на дільницях елеватору підприємства ТОВ «Д Алекс»

Тобто, як видно із рис.5.2, найпоширенішою небезпекою на елеваторі ТОВ «ДАлекс» є *небезпека 1* – несправності складових частин та механізмів обладнання, що використовується на підприємстві. Дійсно, навантаження на обладнання на будь-якому зерноприймальному підприємстві досить велике в сезон збору врожаю, часто допустимі норми навантаження свідомо перевищують. Це призводить до порушення технологічного процесу та небезпеки травмування працівників, яких направлено усувати несправності. «Тому під час огляду машин, їх ремонту, при відключенні на тривалий час, несправності машини відключаються від мережі електроживлення. Біля кнопки пуску обладнання вивіщується табличка з написом «Не вмикати – ремонт» або «Устаткування несправне», а у приміщенні розподільного пункту та на пункті диспетчерського керування встановлюються написи «Не вмикати! Працюють люди!»» [22].

Небезпека 2 – зрив машини з авторозвантажувача. Дана небезпека може виникнути з деяких причин, серед яких неуважність персоналу при закріпленні машини або знос кріпильних механізмів. Негативні наслідки можуть бути різними: від руйнування приймальної ями до травмування працівників, які слідкують за процесом вивантаження [22].

Небезпека 3 – порушення цілісності решітки приймальної ями. Так як приймальна яма зазвичай розташована на території без навісу, метал захисної решітки схильний до корозії. При цьому зерно є абразивним матеріалом, який також приймає участь в руйнуванні металеві решітки. Працівник може не звернути увагу на порушення цілісності решітки та провалитись в приймальну яму. Тому до ремонтних робіт допускаються лише ті працівники, що пройшли відповідні інструктажі з охорони праці та мають досвід на даній ділянці [22].

Небезпека 4 – велика запиленість навколишнього простору при розвантаженні машини. Елеватор приймає неочищене зерно, яке прийшло з поля, тому при розвантаженні автотранспорту підіймається велика кількість пилу. Тому працівники, які працюють на даній ділянці мають бути додатково забезпечені засобами індивідуального захисту органів дихання та очей.

Небезпека 5 – вибухонебезпека суміші зернового пилу та повітря при транспортуванні неочищеного зерна норією. При роботі рухомих механізмів норії також підіймається зерновий пил, але в даному випадку в тісному просторі норії. Суміш зернового пилу і повітря в певній концентрації є вибухонебезпечною речовиною. Нижня межа вибухової концентрації пилу зерна в повітрі складає 40 г/м^3 . Тому норія обов'язково підключена до системи аспірації для видалення забрудненого пилом повітря.

Небезпека 6 – вибухонебезпека ємностей з паливом (газом) для сушарки. Насамперед, газ (суміш пропан-бутан), який використовується для роботи зерносушарки володіє властивістю до розширення при нагріванні. Тому підвищення температури в приміщенні, де зберігаються ємності з газом може призвести до вибуху. Зазвичай балони з газом заправляють з невеликим запасом

для регулювання цієї небезпеки, але норми заправки можуть порушуватись, відповідно створюючи небезпеку вибуху [23].

Небезпека 7 – вибухонебезпека при витоку газу із трубопроводу. Газ до безпосередньо камери згоряння сушарки (топки) транспортується за допомогою системи трубопроводів. При цьому виникає небезпека вибуху, якщо цілісність трубопроводу порушена і відбувається витік газу. Для запобігання цього трубопровід не повинен мати пробоїн, щілин, що порушує його герметичність.

Небезпека 8 – порушення роботи вимірювально-контрольного обладнання (датчики температури та тиску). Датчики температури та тиску є основними пристроями контролю та керування процесом сушіння в зерносушарці. За їх справною роботою необхідно постійно слідкувати та вчасно проводити технічне обслуговування пристроїв. Несправність даних пристрої може призвести до небезпеки 9.

Небезпека 9 – ризик вибуху топки. Взагалі будь-які пристрої з камерою внутрішнього згоряння є вибухонебезпечними, тому вимагають підвищеного контролю. Несправність датчиків контролю може призвести до неконтрольованого збільшення температури і тиску всередині камери топки, що в свою чергу призведе до вибуху. Тому необхідно регулярно контролювати датчики та проводити технічне обслуговування обладнання.

Небезпека 10 – ризик отримання опіків при обслуговуванні сушарки. Окрім топки зерносушарка має трубопроводи для відведення продуктів згоряння та повернення відпрацьованого сушильного агенту до нагрівальної камери, які зазвичай мають високу температуру. Працівники, які працюють на даній ділянці мають додатково забезпечуватись засобами індивідуального захисту рук від дії високої температури.

Небезпека 11 – ризик травмування при роботах на висоті при обслуговуванні сушарки. На підприємстві ТОВ «ДАЛЕКС» використовується зерносушарка ДСП-32, висота якої становить 20 м. При цьому часто виникає необхідність висотних робіт при обслуговуванні даної зерносушарки. На верхньому поверсі сушарки повинно бути встановлене загородження від країв для

захисту працівників від падіння. Також працівники за необхідністю повинні використовувати страхувальні троси.

Небезпека 12 – запылення внутрішньої робочої зони обладнання. Дана проблема призводить до порушення технологічного процесу через зупинку обладнання на ремонт, а також створює небезпеку вибуху через високу концентрацію зернового пилу в малому об'ємі повітря. Тому обладнання на дільниці очищення та фракціонування зерна під'єднано до системи аспірації. Це дозволяє знизити концентрацію зернового пилу до допустимих рівнів та підтримувати обладнання в належному робочому стані.

Небезпека 13 – шум та вібрація при роботі обладнання. Шум та вібрація створюють негативний вплив на працівників. Чинною нормативною документацією передбачені гранично допустимі норми вібрації та шуму для виробничих приміщень, які становлять 115 дБ та 90 дБ відповідно. Для запобігання дії цих негативних факторів працівники даної дільниці додатково забезпечуються засобами індивідуального захисту слуху та спеціальним взуттям (з високою гумовою підошвою) [23]. Якщо при розрахунку обладнання створює такий рівень вібрації, що негативно впливає на конструкцію будівлі, то застосовують спеціальні віброізоляційні матеріали для зменшення цієї негативної дії.

Небезпека 14 – небезпека ураження працівників електричним струмом. Технологічне обладнання на дільниці очищення та фракціонування зерна ТОВ «Далекс» працює від електромережі та має заземлення. При обслуговуванні несправного обладнання його необхідно знеструмити. Також може виникнути ситуація з порушенням заземлення, що призведе до ураження електричним струмом при доторканні людини до корпусу обладнання. Задля запобігання негативних наслідків за відповідністю заземлення періодично слідкують, як правило раз на рік, а працівники мають бути додатково забезпечені діелектричними рукавичками.

Небезпека 15 – небезпеки для працівників при ручному зачищенні силосів. При розвантаженні силосів на дні залишається певна кількість зерна, яку не

можна залишати в силосі. За працівниками, які вручну зачищають силос має постійно наглядати керівник робіт, про дані роботи обов'язково сповіщені всі оператори силосного корпусу. Це необхідно для того, щоб випадково не почати процес завантаження силосу, коли працівники знаходяться в ньому.

Небезпека 16 – самозігрівання зерна. Дане явище виникає при закладанні на зберігання некондиційного зерна (засміченого, з високою вологістю і т.д.). Процес самозігрівання характеризується утворенням осередків з підвищеною температурою, які поступово розширюються. Якщо вчасно на це явище не зреагувати, можливе загоряння зернової маси, яке дуже важко загасити. Для недопущення даного явища зерно закладають на зберігання тільки очищене і просушене до норм, які відповідають вимогам стандарту. Також в силосі встановлюють систему термодатчиків, які дозволять слідкувати за температурою зерна на певній товщині шару.

Небезпека 17 – розміщення та переміщення автотранспорту в неналежному місці. На ділянці відвантаження зерна зазвичай наноситься спеціальна розмітка, яка вказує водію автотранспорту, куди саме необхідно поставити автомобіль для завантаження зерна. Але через недосвідченість водія або помилки операторів автомобіль може бути розташований не в тому місці, що призведе до висипу зерна або на підлогу території підприємства, або на працівників, що працюють на даній ділянці [23].

Небезпека 18 – перевантаження автотранспорту. Часто для економії коштів підприємства перевантажують автотранспорт. Дане рішення має багато відкладених негативних наслідків, але при певному нещасному випадку шини автомобіля можуть не витримати навантаження і вибухнути, травмувавши людей, які знаходились в той момент поруч.

5.2 Ризики виникнення надзвичайних ситуацій при очищенні зерна пшениці

На рис.5.3 наведено схему можливих ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) при очищенні зерна пшениці.

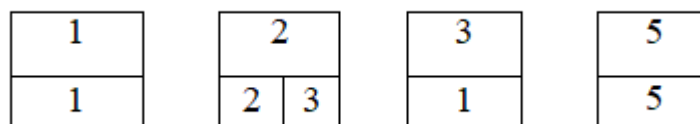


Рисунок 5.3 – Схема можливих ризиків виникнення НС при очищенні зерна пшениці

Перелік можливих ризиків виникнення НС при очищенні зерна пшениці:

- забруднення повітря навколишнього середовища зерновим пилом;
- забрудненні повітря навколишнього середовища продуктами згоряння палива (газу) при роботі зерносушарки;
- можливість вибуху на ділянці сушіння зерна;
- можливість руйнування силосів;
- можливі пожежні випадки внаслідок самозігрівання зерна.

1. Зона приймання, очищення та фракціонування зерна має ризик вибуху внаслідок утворення пилоповітряної суміші під час руху зерна в транспортних трубопроводах та в самому обладнанні при очищенні і фракціонуванні. При цьому зерновий пил, утворюючи суміш з повітрям в певній концентрації, є вибухонебезпечною речовиною. Нижня межа вибухонебезпечної концентрації зернового пилу в повітрі становить 40 г/м^3 . Тому транспортні трубопроводи та обладнання слід під'єднати до системи аспірації для запобігання утворення вибухонебезпечної концентрації пилу в повітрі. При цьому пил, що виділяється в технологічному процесі разом з потоком повітря надходить на циклон, де осідає на фільтрах і утилізується.

2, 3. На етапі сушіння зерна в зерносушарці можливий ризик вибуху внаслідок згоряння палива (газу) при роботі зерносушарки. Несправність датчиків контролю може призвести до неконтрольованого збільшення температури і тиску всередині камери топки, що в свою чергу призведе до вибуху. Окрім топки зерносушарка має трубопроводи для відведення продуктів згоряння та повернення відпрацьованого сушильного агенту до нагрівальної камери, які зазвичай мають високу температуру. Тому необхідно регулярно контролювати

тиск газу по манометру, справність контрольно-вимірювальних приборів, вентиляторів, сигналізації та проводити технічне обслуговування обладнання.

4. При завантаженні зерна в силоси на зберігання може виникнути ситуація з нерівномірним завантаженням зерна. При цьому маса зерна буде накопичуватись біля однієї стінки, утворюючи надлишковий тиск. Дана ситуація може призвести до руйнування силоси, що в свою чергу може призвести до руйнування конструкції будівлі цеху. Для недопущення такої аварійної ситуації слід постійно контролювати процес завантаження зерна в силоса.

5. Під час тривалого зберігання зерна, з надмірною вологістю, на складі або у силосах можливий процес самозігрівання у зв'язку з інтенсивним диханням зернової маси. В результаті накопичення вуглекислого газу може виникнути загоряння зерна. Для запобігання цього необхідно постійно контролювати вологість зерна, яке зберігається тривалий час.

5.3 Розробка схеми систему управління та контролю за охороною праці в ТОВ «ДАлекс»

На рисунку 5.4 приведена схема системи управління охороною праці в ТОВ «ДАлекс.». Так як на підприємстві з первинної обробки зерна працює менше 50 осіб, то функції цієї служби можуть виконувати за сумісництвом особи, які мають відповідний профіль та кваліфікацію. На даному підприємстві відповідальним є директор.



Рисунок 5.4 – Схема СУОП в ТОВ «Далекс»

«Інженер з питань ОП має право:

- давати підлеглим йому співробітникам доручення, завдання з низки питань, що входять у його функціональні обов'язки;
- контролювати виконання планових завдань і роботу, своєчасне виконання окремих доручень і завдань підлеглих йому працівників;
- запитувати й одержувати необхідні матеріали і документи стосовні до питань діяльності відділу охорони праці;
- призупиняти роботу і діяльність цехів і устаткування при грубих порушеннях охорони праці;
- залучати для участі у нарадах з питань охорони праці фахівців, співробітників структурних підрозділів та інших організацій.
- підписувати та візувати документи в межах своєї компетенції» [23].

Приписання фахівця з ОП може скасувати лише керівник підприємства.

На рисунку 5.5 приведена схема форм контролю за охороною праці ТОВ «ДАлекс».



Рисунку 5.5 – Схема форм контролю за охороною праці ТОВ «ДАлекс»

На даному підприємстві відповідальною особою з питань ОП є заступник директора, який пройшов функціональне навчання і проходить його один раз на три роки.

Основними завданнями відповідального з питань охорони праці є:

- створення, організацію, підготовку і дієздатність системи охорони праці на підприємстві;
- забезпечення захисту персоналу під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру;
- організацію і здійснення заходів щодо попередження НС, а у разі їх виникнення – за мінімізацію збитків від них;
- створення і організацію роботи системи оповіщення на об'єкті;
- підготовку і навчання персоналу до дій у НС.

Висновки до розділу

Виконано аналіз небезпек технологічної схеми очищення зерна пшениці на машині віброударної дії. Для цього технологічну схему було розділено на 6 зон. В кожній було визначено основні небезпеки та ризики виникнення надзвичайних ситуацій.

Визначено шляхи запобігання небезпек травмування працівників та ризиків виникнення надзвичайних ситуацій за допомогою дотримання правил техніки безпеки, правил експлуатації та обслуговування обладнання, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, виконання плану цивільного захисту.

Розроблено схему організації охорони праці та цивільного захисту на підприємстві, де обов'язки фахівця з охорони праці виконує інженер з питань охорони праці, а відповідальною особою з питань цивільного захисту є зам. директора підприємства, який пройшов відповідне навчання.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення досліджень

За мету проведення розрахунків по обґрунтуванню процесу ефективності зерна пшениці від прицепника широколистоного є оцінка отриманих дослідних результатів і доцільності пошуку шляхів підвищення ефективності очищення зерна пшениці від прицепника широколистоного на зерноочисній машині віброударної дії.

Для організації проведення науково-дослідної роботи пов'язаної з обґрунтуванням процесу очищення зерна пшениці було взято метод сітьового планування, першою частиною якого є складання плану дослідження. План наукового дослідження наведено в табл.6.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1-2	Вибір теми науково-дослідної роботи	1
2-3	Літературний пошук	10
3-4	Аналіз зібраних даних, написання огляду	5
4-5	Складання плану науково-дослідної роботи	2
5-6	Підготовка дослідних зразків насіння зернової сировини	3
6-7	Підготовка дослідної установки падді-машини	25
7-8	Визначення впливу частоти та амплітуди коливань на ефективність процесу сепарування	5
7-9	Визначення впливу продуктивності установки на ефективність процесу сепарування	1
7-10	Визначення впливу величини кута нахилу сортувального столу на ефективність процесу сепарування	2
7-11	Визначення впливу величини кута нахилу відбивача та ширини робочого каналу сортувального столу падді-машини на ефективність процесу сепарування	3
8-12	Аналіз та обробка отриманих результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Оформлення результатів досліджень	5
13-14	Підготовка матеріалу до публікації	6
14-15	Формування демонстраційного матеріалу	4

Побудований нами сітвовий графік у відповідності до плану проведення досліджень приведений на рисунку 6.1.

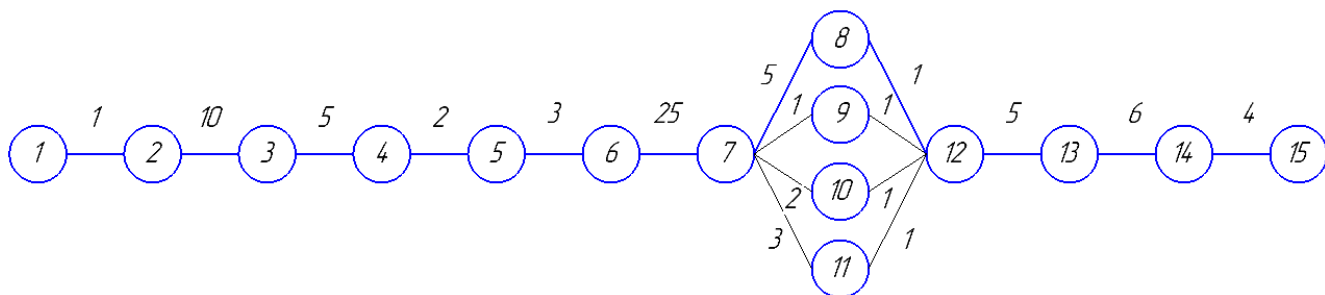


Рисунок 6.1 – Сітвовий графік дослідної роботи

У відповідності до сітвового графіку визначаємо тривалості робіт (t_{ij}):

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14-15}^1 = 1 + 10 + 5 + 2 + 3 + 25 + 5 + 1 + 5 + 6 + 4 = 67;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13-14-15}^2 = 1 + 10 + 5 + 2 + 3 + 25 + 1 + 1 + 5 + 6 + 4 = 63;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13-14-15}^3 = 1 + 10 + 5 + 2 + 3 + 25 + 2 + 1 + 5 + 6 + 4 = 64;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14-15}^4 = 1 + 10 + 5 + 2 + 3 + 25 + 3 + 1 + 5 + 6 + 4 = 65$$

Згідно розрахунків критичними є шлях номер 1, тобто $L_{кр} = L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14-15}^1 = 67$.

Резерв шляху розраховується за формулою (6.1):

$$R_i = T_i^n - T_i^p \quad (6.1)$$

де R_i – резерв шляху;

T_i^n – пізній термін здійснення події;

T_i^p – ранній термін здійснення події.

Отримані дані розрахунку наведені в табл.6.2.

Таблиця 6.2 – Терміни здійснення подій (ранній і пізній) і резерв шляху

Номер події	Ранній термін здійснення події T_i^p , дні	Пізній термін здійснення події T_i^n , дні	Резерв шляху R_i , дні
1	0	0	0
2	1	1	0
3	11	11	0
4	16	16	0
5	18	18	0
6	21	21	0
7	46	46	0
8	51	51	0
9	47	51	4
10	48	51	3
11	49	51	2
12	52	52	0
13	57	57	0
14	63	63	0
15	67	67	0

Далі визначаються повний та вільний резерви часу:

Повний розраховується по формулі (6.2):

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (6.2)$$

де t_{ij} – тривалість роботи.

Вільний розраховується по формулі (6.3):

$$R_{ij}^s = T_j^p - T_i^p - t_{ij}, \quad (6.3)$$

Коефіцієнт напруженості робіт (K_{ij}^H) визначається згідно формули (6.4):

$$K_{ij}^H = \frac{L_{\max ij} - t_{ij}}{L_{кр} - t_{ij}}, \quad (6.4)$$

де $L_{max,ij}$ – довжина максимального шляху, що проходить через дану роботу;
 $L_{кр}$ – критичний шлях.

Проводимо аналогічний розрахунок для всіх робіт, а результати заносимо в табл.6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку вільного, повного резервів

Шифр робіт, $i-j$	Вільний резерв, R_{ij}^e , (дні)	Повний резерв, R_{ij}^n , (дні)	Коефіцієнт напруженості
1-2	0	0	0,00
2-3	0	0	0,02
3-4	0	0	0,18
4-5	0	0	0,25
5-6	0	0	0,28
6-7	0	0	0,50
7-8	0	0	0,74
7-9	0	4	0,70
7-10	0	3	0,71
7-11	0	2	0,72
8-12	0	0	0,77
9-12	0	0	0,71
10-12	0	0	0,73
11-12	0	0	0,74
12-13	0	0	0,84
13-14	0	0	0,93
14-15	0	0	1,00

При аналізі складеного сітьового графіку встановлено, що тривалість критичного шляху складає 67 днів. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням процесу очистки зерна пшениці від прицепника широколистоного на се парувальній машині віброударної дії. Отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним, і він може бути рекомендований до затвердження та виконання.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні матеріали розраховують по формулі (6.5):

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.5)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно пшениці, кг	100	9,3	930,0
Всього			930,0

Результати розрахунку заробітної плати учасників досліджень зводимо в таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	50,00	20	1000,00
Всього				1000,00

Від загальної суми заробітної платні нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{1000 \cdot 22}{100} = 220,00 \text{ грн.}$$

Затрати на електроенергію визначаємо за формулою (6.6):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a , \quad (6.6)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

a – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн/(кВт/год.).

$$E = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 50 \cdot 1,68 = 45,36 \text{ грн}$$

Амортизаційні витрати розраховуємо згідно формули (6.7):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365} , \quad (6.7)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн.

Φ – вартість устаткування, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на даному устаткуванні, (годин);

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено в табл.6.6.

Таблиця 6.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, годин	Витрати на амортизацію, грн
Сепаратор віброударної дії	3500	20	56	107,40
Всього				107,4

Накладні витрати розраховуємо у відповідності до формули:

$$HB = \frac{1000,00 \cdot 80}{100} = 800,00 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку витрат пов'язаних з проведенням наукового дипломного дослідження зводимо в табл.6.7.

Таблиця 6.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	930,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	45,36
Амортизація	107,40
Накладні витрати	800,00
Всього	3102,76

Як видно з табл.6.7, найвищими статтями витрат є витрати на ЗП та витрати на сировину.

6.3 Розрахунок ціни дослідження

Загальну вартість досліджень розраховуємо згідно формули (6.8):

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.8)$$

де $Ц$ – ціна дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

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

Таким чином:

$$Ц = 3102,76 + \frac{30 \cdot 3102,76}{100} = 4033,58 \text{ грн.}$$

Отже, вартість дослідження становить 4033,58 грн.

Висновки до розділу

Розрахункова тривалість критичного шляху складає 67 днів. Найбільшими статтями витрат є витрати на заробітну плату учасників досліджень та витрати на сировину, які складають 33,32 та 30,98 % від загальної суми витрат відповідно, загальна вартість проведення досліджень складає 4033,58 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено фізико-механічні властивості деяких важковідокремлюваних домішок та встановлено, що найбільш повного поділу можна досягти по відмінності в щільності і коефіцієнтах тертя на похилій шорсткій поверхні.

2. Запропоновано і реалізовано спосіб віброударного сепарування сипучих матеріалів на сортувальних столах з прикріпленими до поверхні зигзагоподібними відбивачами, що здійснюють зворотно-поступальні коливання.

4. Визначено основні чинники, що впливають на ефективність розділення зерна пшениці від прицепника широколистоного. Ефективність процесу сепарування частинок, що відрізняються між собою сукупністю різних властивостей (коефіцієнтом тертя, щільністю, станом поверхні), в значній мірі залежить від кінематичних параметрів (амплітуди коливань і кута нахилу сортувального столу), від питомого навантаження зернового потоку (товщини зернового шару, що подається), від ширини каналу, по якому рухається продукт, а також від форми і розташування відбивачів, розташованих на сортувальному столі.

5. Встановлено оптимальні (раціональні) параметри робочих органів машини і режими її роботи. Найбільш висока ефективність процесу очищення забезпечується при куті нахилу сортувального столу $\beta = 4^\circ$, амплітуді коливання $A = 65 - 75$ мм, частоті коливання $n = 95 - 105$ хв⁻¹, ширині каналу $b = 60$ мм, утвореного зигзагоподібними відбивачами.

7. Запропоновану конструкцію модернізованого сепаратора для очищення зерна від домішок рекомендується застосовувати в складі малогабаритної лінії з очищення зерна пшениці ТОВ «ДАлекс».

Виконано аналіз небезпек технологічної схеми очищення зерна пшениці на машині віброударної дії. Визначено шляхи запобігання небезпек травмування працівників та ризиків виникнення надзвичайних ситуацій за допомогою дотримання правил техніки безпеки, правил експлуатації та обслуговування обладнання, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту,

виконання плану цивільного захисту. Розроблено схему організації охорони праці та цивільного захисту на підприємстві.

Розрахункова тривалість критичного шляху складає 67 днів. Найбільшими статтями витрат є витрати на заробітну плату учасників досліджень та витрати на сировину, які складають 33,32 та 30,98 % від загальної суми витрат відповідно, загальна вартість проведення досліджень складає 4033,58 грн.

В цілому дипломна робота є актуальною для зернопереробних підприємств, відповідно отримані результати наукових досліджень можуть бути використані як при модернізації діючих так і при проектуванні нових технологічних ліній з очистки зерна.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Абделієв Д. Д. Науково-практичні основи створення машин для очищення та знепилення зерна при його прийманні та транспортуванні на підприємствах хлібопродуктів [Текст]:. – М., 1994. – 356 с.
2. Абідусєв А. А. Моделювання процесу очищення насіння від важковідокремлених домішок за сукупністю ознак [Текст] / А. А. Абідусєв // Матеріали науково-практичної конференції викладачів, співробітників та аспірантів, присвячений 75-річчю В.Р. Філіппова / Улан-Уде. – С. 17–19.
3. Абідусєв А. А. Підвищення якості очищення насіння пшениці [Текст] / А. А. Абідусєв // Сиб. вісник с.-г. науки. – 2007. – № 10. – С. 73–77.
4. Авдєєв Н. Є. Технологічні можливості гравітаційних трієрів [Текст] / Н. Є. Авдєєв, А. В. Некрасов, Ю. В. Чернухін // Зберігання та переробка сільгоспсировини. – 2005. – № 6. – С. 34 – 38.
5. Авдєєв, Н. Є. Багатофракційне сепарування зернових сумішей [Текст]/ Н. Є. Авдєєв, Г. Странадко, Ю. В. Чернухін, А. Некрасов // Комбікорми. – 2005. – № 5. – С. 27.
6. Авдєєв Н. Є. Порівняльна оцінка відцентрових фрикційних сепараторів [Текст] / Н. Є. Авдєєв // Механізація та електрифікація соціалістичного сільського господарства. – 1977. – № 12. – С. 6 – 9.
7. Авдєєв Н.Є. Основи теорії гравітаційних трієрів [Текст] / Н. Є. Авдєєв, А. В. Некрасов, Ю. В. Чернухін // Зберігання та переробка сільгоспсировини. – 2003. – № 8. – С. 58 – 61.
8. Авдєєв Н. Є. Перспективні типи відцентрових та гравітаційних сепараторів. Теорія та аналіз конструкцій [Текст] / Н. Є. Авдєєв, А.В. Некрасов, С.Б. Резуєв, Ю.В. Чорнухін. – Воронеж: Воронежський державний університет, 2005. – 637 с.
9. Адлер Ю. П. Планування експерименту при пошуку оптимальних умов [Текст] / Ю. П. Адлер, Є. В. Маркова, Ю. В. Грановський – М.: Наука, 1976.–280 с.

10. Астахова Є. Ю. Сучасний сільський млин [Текст] / Є. Ю. Астахова // Випробування та дослідження с.-г. техніки та технологій. – Новокбас , 2001.– С. 114 – 125.
11. Баркан Д. Д. Експериментальне дослідження вібров'язкості ґрунту [Текст] / Д. Д. Баркан // ЖТФ. – 1999. – Вип. 5. – С. 35 – 39.
12. Блехман І. І. Вібраційне переміщення [Текст] / І. І. Блехман, Г. Ю. Джанелідзе – М.: Наука, 1994. – 410 с,
13. Блехман І. І. Рух частки в навколишньому середовищі при наявності опору типу сухого тертя [Текст] / І. І. Блехман, В. В. Гортинський, Г. Є. Птушкіна // Известия АН СРСР: Механіка і машинобудування . – 1993. – №4. – С. 31 – 41.
14. Блехман І. І. Дослідження процесу вібросепарації та вібротранспортування [Текст] / І. І. Блехман // Інженерний збірник. – 1952. – Т. 11.
15. Богомолів М. Н. Вплив удару просіювання частинок кромки від версти сита на ефективність сепарування [Текст] / М. Н. Богомолів, В. В. Гортинський // Праці ВНДІЗ. – 1993. – Вип. 46. – С. 55 – 67.
16. Булеков Т. А. Раціональні способи очищення зерна від трудноотделимих домішок [Текст] / Т. А. Булеков // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2008. – № 2. – С. 32 – 33.
17. Василенко П. М. Теорія руху частинки по шорстких верхах сільськогосподарських машин [Текст] / П. М. Василенко. – Київ: Вид. УАСГН, 1970. – 210 с.
18. Васильєв А. М. Розвиток теорії вібраційного переміщення зернових сумішей [Текст] / А. М. Васильєв, С. А. Мачихін // Зберігання та переробка сільгоспсировини. – 2007. – № 2. – С.75 – 80.
19. Волік Р. Н. Деякі теоретичні питання впливу вертикальних вібрацій на шар зернового матеріалу та експериментальні дослідження [Текст] / Р. Н. Волік // Праці ВНДІЗ. – М., 1992. – Вип. 42. – С. 77 – 90.
20. Галкін В. Д. Лінія для очищення малих партій насіння [Текст] / В. Д. Галкін, А. А. Хавиєв, В. П. Соловйов // Землеробство. – 2003. – № 3. – С. 39.

21. Ганієв Р. Ф. Динаміка частинок при впливі вібрації [Текст] / Р. Ф. Ганієв, Л. Є. Українка. – Київ: Наукова думка, – 1975. – 166 с.
22. Глебов Л. А. Технологічне обладнання та потокові лінії підприємств з переробки зерна [Текст] / Л. А. Глебов, А. Б. Демський, В.Ф. Веденьов, А. Є. Яблуків. – М.: ДеЛі принт, 2010. – 696 с.
23. Гортинський В. В. Пошаровий рух сипких матеріалів на сіті з прямолінійними коливаннями [Текст] / В.В. Гортинський // Повідомлення та реферати ВНИИЗ. – М., 1992. – Вип. 1. – С. 26 – 30.
24. Гортинський В. В. Процеси сепарування на зернопереробних – підприємствах [Текст] / В. В. Гортинський, А. Б. Демський, М. А. Борискін – М.: Колос, 1980. – 304 с.
25. Даргеева С. Пневмоінерційний сепаратор [Текст] / С. Даргеева, Н. Ураханов // Хлібопродукти. – 2002. – № 1. – С. 27 – 28.
26. Дрогалін, К. В. Очищення насіння від важковіддільних домішок [Текст] / Д. В. Дрогалін, Б. В. Жигалков, М. В. Карпов – М.: Колос, 1978. – 215 с.
27. Єркебаєв М. Ж. Особливості фізико-механічних властивостей насіння причіпника широколистоного [Текст] / М. Ж. Єркебаєв, Є. З. Матєєв, А. А. Сурашов // Зберігання та переробка сільгоспсировини. Вид. Харчова промисловість. – 2009. – № 10. – С. 30 – 36.
28. Журавльова М. С. Поживна цінність деяких видів насіння засмічених – рослин [Текст] / М. С. Журавльова // Зернопереробна та харчова промисловість / Збірник статей професорсько-викладацького складу / Казахський політехнічний інститут ім. В.І. Леніна. – Алма-Ата, 1994. – Вип. 4. – С. 87 – 89.
29. Журавльова М. С. Типові засмічувачі пшениці деяких областей Казахської РСР [Текст] / М. С. Журавльова // Зернопереробна та харчова промисловість / Збірник статей професорсько-викладацького складу / Казахський політехнічний інститут ім. В.І. Леніна. – Алма-Ата, 1990. – Вип. 1. – С. 62 – 66.
30. Заїка П. М. Сепарація насіння по комплексу фізико-механічних властивостей [Текст]/ П. М. Заїка, Г. Є. Мазньов. – М.: Колос, 1998. – 287 с.

31. Заявка на інноваційний патент №2008/1080.1 Республіка Казахстан. Пристрій для поділу зернової суміші / Матеев Є. З., Сурашов А. А., Байузаков С. К., Шамбулов Є. Д. (РК). – Заявл. 29.09.2008.
32. Зенков Р. Л. Механіка насипних вантажів [Текст] / Р. Л. Зенков. – М.: Надра, 1964. – 251 с.
33. Злочевський В. Л. До сепарації зернових матеріалів повітряним струменем на криволінійній поверхні [Текст] / В. Л. Злочевський, А. К. Турів, О. О. Угрюмов, О. М. Міщенко // Сучасні проблеми техніки та технології зберігання та переробки зерна. – Барнаул, 2000. – С. 29 – 40.
34. Зюлін А. Н. Дослідження подільності зернових сумішей за комплексом властивостей [Текст] / А. Н. Зюлін // Зб. наук. тр. ВІМ. – М., 1997. – Т. 112. – С. 59 – 79.
35. Іванов А. В. Вплив кінематичних і конструктивних параметрів роботи експериментального вібропневмосепаратора для очищення жита від ріжків на ефективність його роботи [Текст] / А. В. Іванов, В. М. Поздняков, Ж. В. Кошак // Вісник Могилівського державного університету продовольства. – 2008. – № 2. – С.90 – 96.
36. Іванов А. В. Нові підходи до оптимізації роботи зерночисного бладнання, що працює за вібропневматичному принципу дії [Текст] / А. В. Іванов, В. М. Поздняков // Вісник Могилівського державного університету продовольства . – 2008. – № 2. – С. 107 – 112
37. Іванов А. В. Підвищення ефективності очищення жита від ріжків [Текст] / А. В. Іванов, В. М. Поздняков // Зберігання та переробка сільгоспсировини. – 2008. – № 11. – С. 54 – 57.
38. Ілюхін В. В. Фізико-технічні основи поділу харчових продуктів [Текст] / В. В. Ілюхін. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.
39. Казаков Е. Д. Методи оцінки якості зерна [Текст] / Є.Д. Казаков – М.: Агропромиздат. – 1997. – 174 с.
40. Казаков Е. Д. Технологічні переваги зерна пшениці в посушливих районах [Текст] / Є. Д. Казаков//Хлібопродукти. –2001. – №5. – С. 27 – 28.

41. Колесникова Є. Як утилізувати відходи борошномельного і круп'яного – виробництва [Текст] / Є. Колесникова // Хлібопродукти. – 2004. – № 10. – С. 44 – 45.
42. Корн А. М. Про ознаки подільності зернового матеріалу на сепараторах – [Текст] / А. М. Корн, В. Д. Бабченко, Ю. А. Космоновський // Праці ВІМ. – М., 1994. – Т. 65.
43. Корн А. М. Сухий спосіб визначення щільності одиничного насіння [Текст] / А. М. Корн // Вісник російської академії сільськогосподарських наук. – 2006. – № 6. – С. 91 – 92.
44. Косилів. Н. І. Технологія очищення насіння пшениці від вівсюгу [Текст] / Н. І. Косилів, Н. В. Коваленко // Трактори та с.-г. машини. – 2001. – № 8. – С. 9.
45. Кремньов А. Обладнання для післязбиральної обробки зерна та підготовки насіння [Текст] / А. Кремньов // Комбікорми. – 2004. – № 8. – С. 39.
46. Крогельський І. В. Коефіцієнти тертя [Текст] / І. В. Крогельський, П. Е. Виноградов. – М. : Мангіз, 1992. – 150 с.
47. Куді А. Н. Технологія та обладнання для сепарації важкорозділених зернових продуктів / А. Н. Куді, В. Н. Долгунін, А. А. Романов, О. О. Іванов // Модернізація існуючого та розробка нових видів обладнання для харчової промисловості. – 2003. – Вип. 13. – С. 53 – 55.
48. Листопад Г. Є. Вібросепарація зернових сумішей [Текст] / Г. Є. Листопад. – Волгоград: Волгоградське книжкове видавництво, 1993. – 116 с.
49. Матвеев А. С. До визначення важковідокремлюваного насіння культурних і бур'янів у насінні зернових культур [Текст] / А. С. Матвеев // Зб. наук. тр. ВІМ. – М., 1997. – Т. 115. – С. 20 – 43.
50. Матвеев А. С. До визначення складних насіння культурних і бур'янів насіння круп'яних культур, гороху, рису і трав [Текст] / А. С. Матвеев // Зб. наук. тр. ВІМ. – М., 1997. – Т. 115. – С. 43 – 59.
51. Матеев Є. С. Аеродинамічні властивості насіння причіпника широколистового [Текст] / Є. С. Матеев, Ю. Ю. Речкіна, А. А. Сурашов, К. Р.

Репп // Матеріали міжнародної науково–практичної конференції «Продукти харчування та харчова безпека». – Алмати: АТУ, 2006. – С. 147 – 149.

52. Матеев Є. С. Дослідження процесу очищення зерна від важковідокремлених домішок [Текст] / Є. С. Матеев, А. А. Сурашов, С. К. Байузаков // Матеріали міжнародної науково–практичної конференції «Безпека харчових продуктів та товарів народного споживання». – Алмати: АТУ, 2008. – С. 236–239.

53. Матеев Є. С. Новий спосіб очищення зерна пшениці від насіння прицепника широколистоного [Текст] / Є. С. Матеев, Ю. Ю. Речкіна, К. Р. Репп, С. Д. Рашев // Матеріали 2–ї міжнародної науково-практичної конференції «Дні науки–2006». – Дніпропетровськ, 2006. – С. 30 – 31.

54. Матеев Є. С. Дослідно-експериментальна установка для очищення зерна від важковіддільних домішок [Текст] / Є. С. Матеев, А. А. Сурашов, С. К. Байузаков // Харчова технологія та сервіс. Вид. АТУ. – 2008. – № 6. – С. 29 – 33.

55. Матеев Е. С. Результати експериментальних досліджень процесу очищення зерна пшениці від насіння прицепника широколистоного [Текст] / Є. С. Матеев // Харчова технологія та сервіс. Вид. АТУ. – 2008. – № 6. – С. 33 – 38.

56. Матеев Є. С. Процес очищення зернової маси від насіння прицепника широколистоного [Текст] / Є. С. Матеев, М. Ж. Єркебаєв, А. А. Сурашов // Харчова технологія та сервіс, вид. АТУ. – Алмати. – 2008. – № 5. – С. 17 – 21.

57. Матеев Є. С. Фізико-механічні властивості насіння прицепника широколистоного [Текст] / Є. С. Матеев, Ю. Ю. Речкіна, А. А. Сурашов, К. Р. Репп // Харчова та переробна промисловість Казахстану. – Алмати, 2006. – № 3. – С. 10 – 13.

58. Мельников С. В. Планування експерименту в дослідженнях сільськогосподарських процесів [Текст] / С. В. Мельников, В. Р. Алешкін, П. М. Рошин – Л.: Колос, 1990. – 168 с.

59. Непомнящий Е. А. Кінетика сепарування зернових сумішей [Текст] / Є. А. Непомнящий – М.: Колос, 1992. – 175 з.

60. Овчинніков Д. Н. Методика експериментальних досліджень процесу сепарації зернових сумішей з використанням похилої поверхні [Текст] / Д. Н. Овчинніков // Аграрна наука: проблеми та перспективи. – Курган, 2002. – С. 431 – 434.
61. Оспанов, А. Б. Вібросепарування зернових сумішей самосортуванням – [Текст] / А. Б. Оспанов. – Тараз.: ТарГУ, 1999. – 216 с.
62. Остапчук Н. В. Основи математичного моделювання процесів харчових виробництв [Текст] / Н. В. Остапчук. – Київ, 1991. – 397 с.
63. Платонов П. Н. Фізико-механічні властивості зерна як сипкого тіла [Текст]/П. Н. Платонов// Бюлл. «Харчове машинобудування». – 1999. – С. 14 – 15.
64. Польова Т. Важлива стадія обробки зерна [Текст] / Т. Польова// Комбікорми. – 2002. – № 7. – С. 23.
65. Птушкіна Г. Є. Високопродуктивне обладнання борошномельних заводів [Текст] / Г. Є. Птушкіна, Л. І. Товбін. – М: Агропромиздат, 1997. – 288 с.
66. Равдін А. Нове в сепарації зерна та зернопродуктів [Текст] / А. Равдін, А. Дормідонтов, С. Муха, С. Сергєєв // Хлібопродукти. – 2001. – №5. – С. 18 – 20.
67. Сандуляк А. А. Гребінчасті магнітні сепаратори / А. А. Сандуляк, О. Мартинов, В. Єршова, А. В. Сандуляк, М. Пугачова, Д. Єршов // Комбікорми. – 2009. – № 3. – С. 34.
68. 133 Сандуляк, А. А. Гратчасті магнітні сепаратори з плоскими стрижнями [Текст] / А. А. Сандуляк, О. Мартинов, А. В. Сандуляк // Комбікорми. – 2008. – № 6. – С. 60.
69. Чайковський Б. І. Дослідження деяких закономірностей щодо шарового тертя твердих тіл [Текст] / Б. І. Чайковський // Одеський техн. інститут ім. М.В. Ломоносова. – Одеса, 1991. – С. 19 – 22.

ДОДАТКИ