

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. С.З.Гжицького
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені Олександра Семковича

ДИПЛОМНА РОБОТА
Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «Дослідження фізико-механічних властивостей насіння
зернових культур з метою оптимізації процесу їх очистки у повітряному
потоці»

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-51

Спеціальності Н7 «Агроінженерія»

Чубан Володимир Васильович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Гошко Зіновій Орестович
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2025

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. С.З.Гжицького
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу
імені Олександра Семковича

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
«28» лютого 2025 р
Завідувач кафедри _____
к.т.н. доцент Шарибура А.О..

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

_____ Чубану Володимиру Васильовичу

1. Тема роботи: **«Дослідження фізико-механічних властивостей насіння зернових культур з метою оптимізації процесу їх очистки у повітряному потоці»**

Керівник роботи Гошко Зіновій Орестович, к. т. н., доцент.

Затверджено наказом по університету 28.02.2025 року №140/к-с.

2. Термін здачі студентом магістерської роботи до «15» 12. 2025 р.

3. Вихідні дані для магістерської роботи: 1. *Технологічні вимоги до очисних машин.* 2. *Патентний огляд.* 3. *Наукова та довідкова література.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити: (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів):

ВСТУП

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Основні показники розділення зернового матеріалу внесення мінеральних добрив; 1.2. Особливості післязбиральної обробки зернових сумішей;

1.3. Характеристика засобів механізованої очистки зерна

2. ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАШИНИ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

2.1. Процес сортування зерна; 2.2. Сепарація зерна з врахуванням фізико-механічних властивостей; Висновки

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень; 3.2. Методика експериментальних досліджень; 3.3. Очистка зерна повітряним потоком; 3.4.

Дослідження параметрів процесу сепарації зерна на сепараторі

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Дослідження фізико-механічних властивостей компонентів зернової суміші; 4.2. Коефіцієнти миттєвого тертя при ударі зерна; 4.3. Кути граничного підйому компонентів зернової суміші; Висновки

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

5.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори; 5.2. Вимоги безпеки праці до даної машини; 5.3. Проектовані заходи охорони праці; 5.4 Техніка безпеки під час обслуговування вібраційної насінноочисної машини; 5.5. Пожежна безпека вібраційної насінноочисної машини; 5.6. Екологічна безпека

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,6	Гошко З.О., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича		
5	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

6. Дата видачі завдання 28.02.2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Виконання першого розділу	12.09-30.09	
2	Виконання другого розділу	1.10-14.10	
3	Виконання третього розділу	15.10-30.10	
4	Виконання четвертого розділу	31.10-15.11	
5	Написання розділу «Охорона праці»	16.11-22.11	
6	Розрахунок економічної ефективності	23.11-6.12	
7	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів доповіді	7.12-10.12	
8	Завершення проекту в цілому	10.12	

Студент _____ Чубан В.В.

Керівник дипломної роботи _____ Гошко З.О.

Дослідження фізико-механічних властивостей насіння зернових культур з метою оптимізації процесу їх очистки у повітряному потоці. Чубан В.В. Дипломна робота на здобуття ОКР "Магістр". – Дубляни: ЛНУВМБ ім. Гжицького, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича, 2025. –64 стор. текст. част.; 7 таблиць; 17 рисунків; 23 бібліографічних назв.

Робота присвячена вирішенню актуальної проблеми підвищення продуктивності машин зерноочисних машин, шляхом дослідження фізико-механічних властивостей зернових культур і використання їх для проектування очисних механізмів.

Існуючі методи та зерноочисні машини для сепарації насіннєвих сумішей зернових культур, не забезпечують повною мірою необхідної якості насіннєвого матеріалу. Отримання висококондиційного насіння потребує багаторазових пропусків насіннєвої суміші через робочі органи зерноочисних машин, що призводить до збільшення витрат на обробіток, травмування і втратам насіння основної культури у відхід.

Для встановлення можливості очищення та сортування досліджувались аеродинамічні властивості і розмірні характеристики компонентів насіннєвих сумішей. Аналіз значень розподілення варіаційних кривих показує, що за даними ознаками не можливо виділити із насіння вівса важковідокремлюване насіння бур'янів та домішки. У зв'язку з цим, пошук нових ознак розділення та робочих органів для очищення та сортування насіння вівса, а також дослідження технологічного процесу підготовки насіння з високими посівними показниками є актуальною задачею і має важливе значення.

Ключові слова: обґрунтування, технологічний параметр, очистка зерна, фізико-механічні властивості.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Основні показники розділення зернового матеріалу внесення мінеральних добрив.....	9
1.2. Особливості післязбиральної обробки зернових сумішей	11
1.3. Характеристика засобів механізованої очистки зерна.....	12
2. ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАШИНИ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ..	16
2.1. Процес сортування зерна.....	16
2.2. Сепарація зерна з врахуванням фізико-механічних властивостей.....	18
Висновки.....	21
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ....	22
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	22
3.2. Методика експериментальних досліджень	22
3.3. Очистка зерна повітряним потоком.....	23
3.4. Дослідження параметрів процесу сепарації зерна на сепараторі.....	25
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	28
4.1 Дослідження фізико-механічних властивостей компонентів зернової суміші.....	28
4.2. Коефіцієнти миттєвого тертя при ударі зерна.....	33
4.3. Кути граничного підйому компонентів зернової суміші	34
Висновки.....	40
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ	41
5.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	41
5.2. Вимоги безпеки праці до даної машини	41
5.3. Проектовані заходи охорони праці.....	42
5.4 Техніка безпеки під час обслуговування вібраційної насіннеочисної машини	
5.5. Пожежна безпека вібраційної насіннеочисної машини.....	50
5.6. Екологічна безпека.....	51
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНОІСТЬ.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	62

ВСТУП

Основною задачею сільськогосподарського виробництва є забезпечення населення високоякісними екологічно безпечними продуктами харчування, а харчові і переробні підприємства сировиною. Україна завдяки природнокліматичним умовам була і є потужним виробником практично всіх зернових культур. Подальше зростання їх виробництва пов'язане з проблемою підвищення урожайності сільськогосподарських культур. Одним із шляхів її розв'язання є використання вирівняного посівного матеріалу з високими врожайними властивостями, адже варіювання урожайності одного і того ж сорту в першу чергу пов'язане з різною якістю насіння і рослин що з нього вирости (схожість, сила росту, енергія кущення та інші). Другим напрямком є виключення з практики використання посівного матеріалу з домішками насіння бур'янів. Це призводить до забур'яненості посівів і, в кінцевому підсумку, полів (більшість бур'янів мають дуже великий коефіцієнт розмноження), затрудняє можливість повної механізації польових робіт, потребує збільшення затрат при догляді за посівами і збиранні врожаю, ускладнює післязбиральну обробку і зберігання врожаю (особливо зернової частини), знижує урожайність сільськогосподарських культур і якість продукції, збільшує втрати врожаю. Крім того з плином часу ускладнюється розділення зернових сумішей із-за своєрідного пристосування насіння бур'янів, які поступово втрачають ті ознаки розділення, за якими раніше відрізнялись від зерна основної культури.

Ще складнішою задачею, що ставиться перед сільгоспвиробниками, є збільшення об'єму виробництва зерна з підвищеними показниками які характеризують харчову цінність (натура зерна, масова частка білка і сирої клейковини та інші). Одним із шляхів її розв'язання є включення до технології післязбиральної обробки продовольчого зерна додаткового сортування за ознаками розділення які забезпечують відокремлення в окремі фракції зерна з підвищеними показниками що характеризують харчову цінність.

Зв'язок з науковими проблемами, планами, темами. Тема дипломної роботи пов'язана з тематичним планом науково-дослідної роботи кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича.

Мета досліджень: розглянути існуючі конструкції машин для очистки зернових матеріалів, на основі дослідження фізико-механічних властивостей зернових, запропонувати напрямки їх вдосконалення.

Задачі досліджень:

- провести огляд патентно-інформаційних джерел з питань розробки сучасних конструкцій зерноочисних машин;
- на основі теоретичних досліджень, дослідити процес очистки зерна на вібраційних машинах;
- дослідити вплив повітряного потоку на розділення зерна на фракції;
- обґрунтувати раціональні параметри та режими роботи зерноочисної машини.

Об'єкти досліджень: технологічний процес очистки зернової суміші.

Предмет досліджень: вплив конструкційних параметрів та режимів роботи зерноочисної машини з вібруючим робочим органом на її техніко-експлуатаційні показники.

Методи досліджень: при вирішенні поставлених задач досліджень використовувалися класичні методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання. Вивчення механіко-технологічних властивостей зернових сумішей проводилося з використанням методів математичної статистики та регресійного аналізу на ПЕОМ. Експериментальні дослідження проводились на спеціально виготовленій установці з використанням теорії планування експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що на основі системного аналізу конструкцій розроблено гіпотезу щодо забезпечення працездатності вібраційного сепаратора зерна у повітряному потоці. Проведено експериментально-теоретичні дослідження основних етапів технологічного

процесу очистки зернових сумішей, за допомогою яких отримане обґрунтування конструктивних та робочих параметрів вдосконаленої зерноочисної машини.

Практичне значення полягає в тому, що запропонована конструкція модернізованої зерноочисної машини, дозволить підвищити продуктивність очистки зерна на 6..8%, зменшити енергоємність технологічного процесу, а також скоротити затрати праці і матеріальних засобів.

У роботі отримано результати досліджень показників зернових сумішей та аналітичні вирази для розрахунків та проектування зерноочисних машин.

Особистий внесок здобувача: основні положення та результати дипломної роботи отримано самостійно, а саме:

- патентно-інформаційний пошук існуючих способів очистки зерна та існуючих конструкцій зерноочисних машин;
- досліджені основні кінематичні, динамічні та геометричні параметри нової зерноочисної машини вібраційного типу;
- проведена обробка і аналіз результатів, експериментальних досліджень з обґрунтування геометричних параметрів зерноочисної машини вібраційного типу;
- проведена економічна оцінка зерноочисної машини вібраційного типу з новим повітроочисним пристроєм.

Публікація результатів. За результатами досліджень опублікована 1 стаття у фаховому збірнику.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Основні показники розділення зернового матеріалу

Процес очистки та сортування насіння культур сільськогосподарського призначення здійснюється на основі відмінності їхніх фізико-механічних властивостей різних праметрів: аеродинамічних властивостей, розмірно-масових показників, щільності, шорсткості поверхні, форми, кольору, тощо.

Розмірно-масові та технологічні показники насіннєвого матеріалу коливаються в широких межах і залежать від таких умов: клімату, сортових особливостей культури, типу ґрунтів, регіону вирощування, вологості, та інших факторів.



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд насіння різних культур

Для зернових культур має місце відмінність між насіннєвим матеріалом, зокрема для аеродинамічних властивостей, розмірів, форми, щільності, ваги, шорсткості поверхні.

Розмірні показники зерна (довжина, товщина та ширина), визначають на решітних класифікатори. Для зернових культур, довжина зерна коливається в межах: 8,0-18,6 мм; ширина – 2,0-5,0 мм; товщина 1,0-4,0мм.

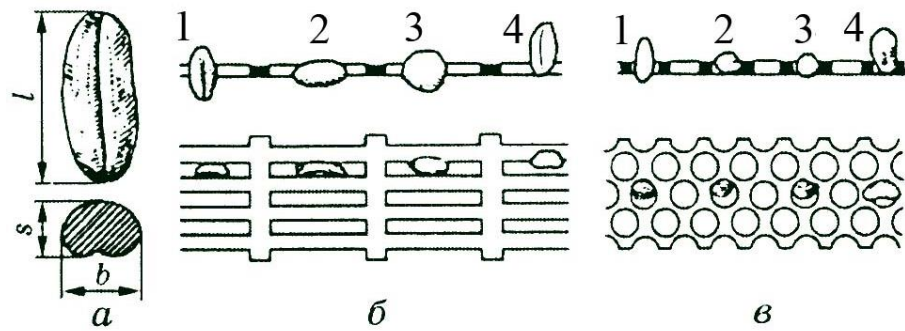


Рисунок 1.2 – Розподіл зерна за товщиною і шириною на решетах

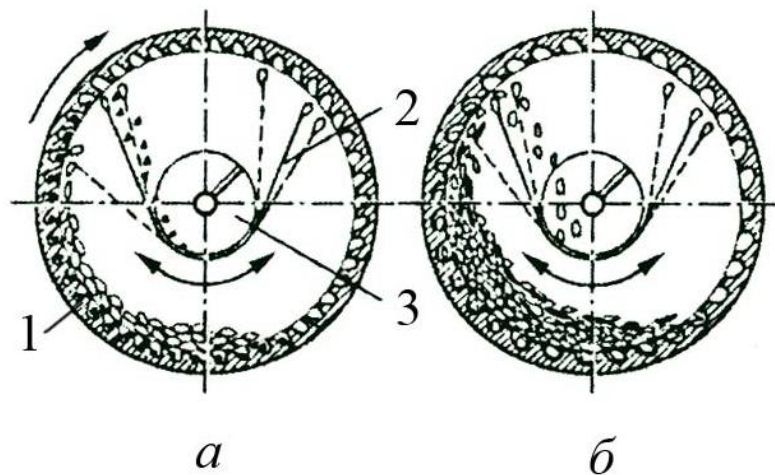


Рисунок 1.3 – Розподіл зерна за довжиною

Насіння зернових культур також серйозно відрізняється за масовим показником, він коливається у широких межах: маса 1000 насінин – 31-51г; питома маса–1,2-1,4 т/м³; щільність–0,40-0,71 т/м³.

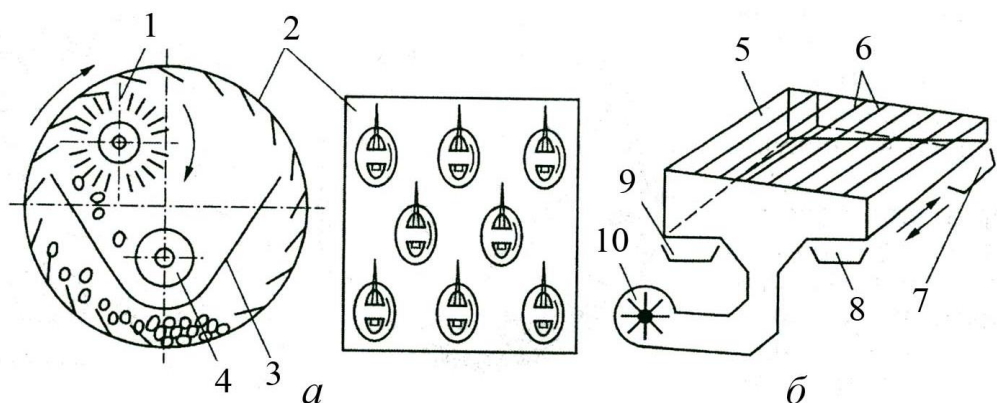


Рисунок 1.4 - Розділення зернової суміші за щільністю і питомою вагою

Дані показники свідчать про якість зернового матеріалу (повноцінне визріле зерно має вищі показники).

Шорскість поверхні насіннєвого матеріалу також відрізняється, залежно від його стану, можна розділяти зернові суміші.

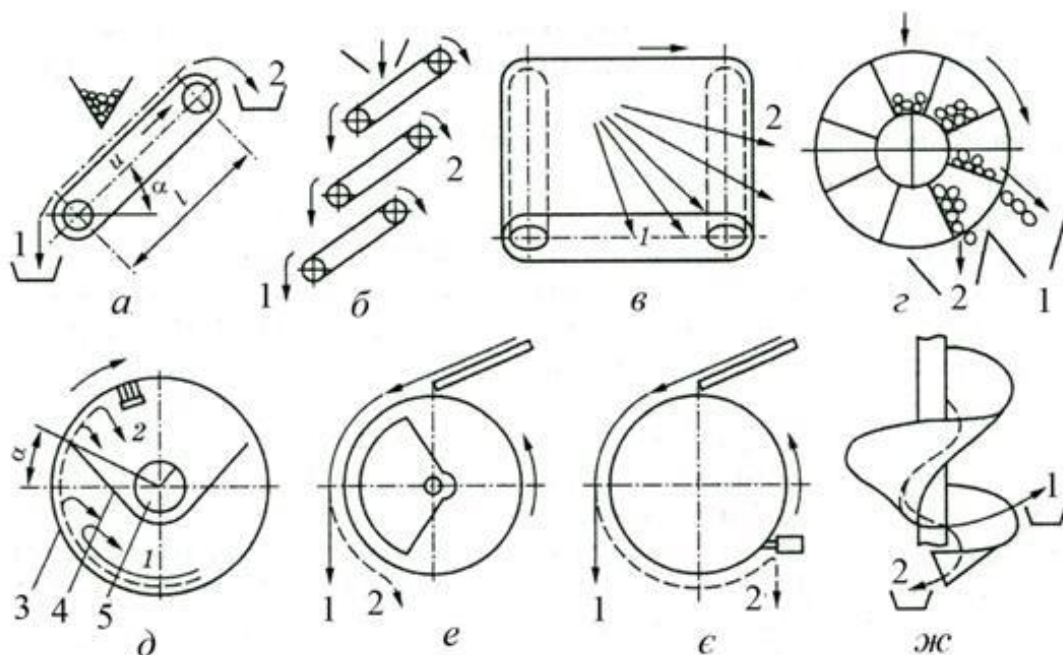


Рисунок 1.5 – Розділення зернового матеріалу за формою та станом поверхні

Поверхня насіння має різну шорсткість. Дана властивість дозволяє сортувати зерно за цим показником.

Найдешевший і швидкий метод відділення домішок з зернової суміші з допомогою повітряного потоку. В цьому випадку враховують аеродинамічні властивості матеріалу, який обробляється.

Необхідно відмітити, що для зернового матеріалу є мало дослідженими такі властивості, як коефіцієнт миттєвого тертя при ударі, та інші властивості.

Отже для більш якісного розділення зернових матеріалів слід більш ґрунтовно дослідити відмічені показники.

1.2. Особливості післязбиральної обробки зернових сумішей

Щоб підвищити ефективність очистки насіннєвих сумішей зернових культур слід прийняти до уваги особливості зернового матеріалу, що очищається. Для більшості з них є характерні наступні ознаки: сипучість

насіння; засміченість домішками бур'янів (12-15%) в процесі комбайнового збирання; невисока теплопровідність зерна під час його зберігання сприяє збільшенню інтенсивності дихання зерна, що в свою чергу сприяє підвищенню температури, а це сприяє розвитку гнильних бактерій, грибків; необхідна очистка волого зернового вороху; а це вимагає у зерноочисній техніці значного діапазону регулювань та універсальності робочих вузлів; несуттєві відмінності у властивостях зернової маси та домішок бур'янів, стають причиною підвищених вимоги до очистки зернових сумішей [5,6].

1.3. Характеристика засобів механізованої очистки зерна

Очистка зернового матеріалу, що поступає після комбайнового збирання, передбачає його доведення до визначених агротехнічними нормами кондицій, що відповідають посівному матеріалу.

З цією метою, сучасні агропромислові підприємства забезпечують зерноочисними комплексами типу ЗАВ-300 та зерноочисно-сушильними комплексами КЗС-500.

Зерновий ворох на першій стадії очистки ділять на дві фракції, що складаються з обробленого зерна і відходів. Згідно агротехнічних вимог з зернового вороху необхідно відділити не менш 50%, домішок, а саме насіння бур'янів та органічних решток. Вміст зерна основної культури у відходах не повинен становити більше 0,05% від загальної маси матеріалу.

Попередньо очищене зерно необхідно направити на просушку. Щоб забезпечити належне зберігання перезволоженого зерна, його необхідно розстелити на площадках, оснащених системою активного вентилявання підігрітим повітрям.

Доведення зерна до необхідної кондиції сухості – найскладніша і відповідальна операція, що забезпечує його довготривале зберігання. Правильно висушене зерно, може довготривало зберігатись не втрачаючи своїх смакових та посівних властивостей.

Для доведення зернового матеріалу до відповідної кондиції за вологістю, використовують два типи зерносушильних комплексів: шахтного типу безперервної дії СЗШ-8, СЗШ-16 та барабанного типу СЗСБ-4, СЗСБ-8.

В процесі очистки зернового матеріалу отримують чисте зерно, домішки (насіння бур'янів), аспіраційні відходи (полова) і крупні домішки (уламки стебел та колосків). За необхідності для повторної очистки зерна, використовують зерноочисні машини СВУ-5, СВУ-10 та інші.

Щоб з загальної маси зерна виділити короткі домішки насіння бур'янів, застосовують кукільний трієрний барабан, а для очистки від довгих домішок-вівсюжний трієрний барабан. В процесі такої очистки необхідно, щоб з загальної зернової маси виділялось не менш 80% домішок.

В разі очищення, коли зернова суміш не відповідає вимогам державного госту, для її очистки використовують зерноочисні машини спеціального типу, які розділяють зернову суміш за іншими фізичними властивостями ССП-1,5; СПС-5 та інші.

Щоб підготувати зерновий матеріал до вимог першої репродукції, необхідно здійснити очистку за наступною технологією. Вона передбачає



очистку за фрикційними властивостями після роботи повітряно-решітного обладнання, зерновий матеріал сортують на фракції за крупністю зерна, кожна з яких обробляється індивідуально. [9].

Дана технологія містить такі технологічні операції. Очистку за розмірними показниками, з подальшим сортуванням за щільністю та аеродинамічними властивостями.

Рисунок 1.6 – Зерноочисний стіл машини ССП-1,5

Спочатку зерновий матеріал очищають від крупних, легких домішок і пилу.

Наступним етапом є тимчасова консервація зерна. Нагромадження однорідного зерна за якістю, з активним вентиляванням повітряним потоком, дає можливість ефективніше застосовувати зерноочисні машини.

Внаслідок початкової очстки на повітряно-решітному обладнанні з зернового вороху зерна прибирають крупні, легкі, дрібні домішки.

Додаткова сепарація зернового матеріалу створює умови для остаточного відділення від зерна великих і дрібних домішок з високою аеродинамічністю.

Проводять сортування на фракції, з метою отримати зерно різної крупності. Переважно такий зерновий матеріал ділять на дві фракції.

З цих фракцій стараються виділити довгі і короткі домішок на трієрних барабанах.



Рисунок 1.7 - Трієрні барабани машини СМ-4

Остаточно зерновий матеріал очищають від важковідділюваного сміття та насіння бур'янів на спеціальному зерноочисному обладнанні.



Рисунок 1.8 – Зерноочисна сашина COM-300

Перед затарюванням зерна у мішки, посівний матеріал необхідно обробити на протруювальних машинах.

На основі перерахованих етапів очистки та сортування зернового матеріалу, відповідно з стандартною методикою, запропонована прогресивна технологія очистки посівного зернового матеріалу.

Він ґрунтується на формуванні партій зерна у сховищах активного вентилявання, та просушування.

Далі зерно очищають, за аеродинамічними властивостями на повітряно-решітному обладнанні, з розділенням його на розмірні фракції.

Розділене зерно на фракції очищають на трієрних барабанах, з подальшим його сортуванням на спеціальних машинах.

Четвертий етап включає протруювання насіння і пакування його у тару, для зберігання.

Зерновий матеріал очищають на повітряно-решітно-трієрних, робочих органах зерноочисного обладнання загального призначення, та на спец машинах. Хоча неодноразова очистка не завжди сприяє високоякісній очистці.

Врахувавши вищесказане для більш якісної і швидкої очистки зернового

матеріалу, слід використати зерноочисну машину, очистка на якій здійснюється за допомогою вібросепарації та повітряного потоку, що забезпечить високу пропускну здатність і якість очистки.

Отже проектування та розробка віброфрикційних сепараторів, що розділяють зерновий матеріал не тільки за розмірними показниками, є актуальним. Для їх проектування і забезпечення високоякісної роботи, слід враховувати фізико-механічні властивості зернового матеріалу, що на них очищаються, а також властивості насіння бур'янів та домішок.

Вивчення та дослідження основних механіко-технологічних властивостей зерна та насіння бур'янів є актуальним для подальшого проектування та розвитку цих машин.

2. ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАШИНИ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

2.1. Процес сортування зерна

Сортуванням називають процес розділення зернового матеріалу на фракції за фізико-механічними властивостями (формою, розмірами, шорсткістю поверхні, масовими показниками, кольором та аеродинамікою).

Згідно ДСТУ насіннєвий матеріал зернових, повинен відповідати певним вимогам, що характеризують його чистоу і стан [9]. До цих показників відносяться: процентне засмічення насінням бур'янів та рослинних решток, схожість зерна, його енергія проростання, маса 1000 зернин, та інші показники.

Одним із найважливіших показників є схожість зерна. Від цього показника залежить норма вісіву, густота стояння посівів, врожайність. Лабораторно доказано, зменшення проростання зерна в лабаортторних умовах буде напряду впливати на польову схожість, а отже знизиться врожайність культури [7].

До головних показників якості зерна також відносять енергію росту. Зерновий матеріал може мати всі ознаки кондиційного зерна, але з малою енергію проростання, таке зерно вважається неповноцінним. Оптимальною умова для зернового матеріалу, є ситуація коли показники лабораторної схожості максимально наближені до показників проростання зерна у польових умовах. В цьому випадку запланована врожайність буде максимально наближена до реальної.

Показник енергії росту на пряму зв'язаний з врожайністю. Сила проростання зерна дає можливість молодим пагонам подолати опір ґрунту на шляху проростання, на поверхню.

Важливим завданням, є досягнути максимального значення даного показника, адже на його результат впливає багато факторів, зокрема, під час очистки зерна зерноочисними машинами, певний його відсоток травмується, а

отже у фракції міститься суттєва кількість дробленого, пошкодженого, щуплого зерна, що негативно впливає на якість посівного зерна і знижує його врожайність.

Додаткові процеси очистки зерна здійснюють за такими ознаками:

- за аеродинамічним показником (у трубках Піто);
- за розмірними показниками (товщина, ширина на решетах з різної форми отворами; довжина – трієрні циліндри);
- за щільністю (сортувальних столах і водяних розчинах);
- за шорсткістю поверхні зерна і його формою (полотняні гірки, сепаратори на ворсистій основі СОМ-300);
- за електромагнітними властивостями (діелектричні сепаратори);
- за кольором (сепаратори СОРТ-2000).

Всі наведені ознаки, за якими розділяють зерновий ворох, мають свої переваги та недоліки, але одним з найвагоміших, що впливає на вибір зерноочисної машини, є її пропускна здатність (продуктивність), час що затрачається на очистку та сортування.

У сучасних машинах все більше приділяють уваги комплексному підходу для вирішення даної проблеми. Сортувальні машини все частіше оснащують сепараторами з вібраційними коливними поверхнями, що піддаються впливу повітряного потоку, який розділяє компоненти суміші за комплексом фізико-механічних властивостей [11,12,13], можна сумістити високу продуктивність і якісну очистку зерна.

Вібрація сприяє переміщенню зерна на коливних поверхнях з відривом, а також забезпечує високу швидкість переміщення, а повітряний потік видуває з загальної маси легкі домішки та сприяє самосотруванню зерна на фракції (важча знизу, легша зверху).

Лабораторні випробування підтвердили, що очищаючи зерно на таких зерноочисних машинах, за один пропуск можна отримати до 90-93% (від

загальної маси зернового матеріалу) високоякісного посівного матеріалу зерна, що відповідає вимогам ДСТУ [10].

2.2. Сепарація зерна з врахуванням фізико-механічних властивостей

Очистка зерна на фрикційних площинах ґрунтується на розділенні сполук зернових сумішей за основними фізико-механічними властивостями, що враховують очистку за шорсткістю поверхні та формою на похилих площинах, де зерновий матеріал переміщається під дією сил земного тяжіння. Правильно вибраний кут дозволяє розділити компоненти з різною шорсткістю та формою, а також у режимі динамічного тертя під час співударяння з поверхнею, у відривному режимі [8].

Процес очистки зерна на похилих полотняних віброуючих поверхнях сепаратора полягає в тому, що зерно з круглою формою, гладкою поверхнею, переміщається вниз робочої поверхні сепаратора, а овальне та гладке насіння з шорсткою поверхнею, буде рухатись у гору.

Такого типу сепаратори широко використовується не тільки в аграрному секторі, із-за їхньої дешевизни, та конструктивної надійності та простоти, а також і в інших виробничих сферах.

В даного типу сепараторів зерна, є особливістю те, що рух полотняної гірки завершує просторовий або поступальний рух [9]. Віброфрикційні зерноочисні сепаратори з просторовим коливним рухом робочих органів не знайшли широкого використання (складна конструкція, низька надійність).

На використовуваних в аграрному секторі, зернових вібраційних сепараторах використовують плоскі, ступеневі, криволінійні робочі поверхні [9].

В даній роботі пропонується модернізувати, та обґрунтувати основні режими роботи зерноочисної машини оснащеної віброфрикційним сепаратор з плоским робочим органом, що піддається впливу повітряного потоку. Щоб дослідити ефективність роботи запропонованого сепаратора з різними

зерновими матеріалами, пропонується для облицювання робочої поверхні використати наступні фрикційні матеріали: гуму, прогумоване полотно, брезент, абразивне, полімерне покриття, та інші матеріали.

Збільшення пропускної здатності зерноочисного сепаратора, можливе за використання віброфрикційного сепаратора, робоча поверхня якого, розміщена у поздовжньо-поперечній площині під певним кутом до горизонту (аналогічно сортувальній машині ССП-1,5). Конструктивною відмінністю запропонованого сепаратора, є наявність двох гвинтових механізмів, що дають змогу здійснювати зміну положення сортувальної площини у поздовжній і поперечній горизонталях. Дане конструктивне рішення спричиняє суттєві зміни в процесі очистки та сортування зернового матеріалу. На робочій площині сортувальної машини, оснащеної механізмами регулювання кутів, зерно, що відрізняється від загальної маси своїми фізико-механічними властивостями, буде переміщатись по робочій поверхні сепаратора за відмінною траєкторією, завдяки чому зменшується кількість зіткнень зернин, та покращується їх розділення на різні фракції. Наслідком є підвищення продуктивності зерноочисної машини та якості очистки зерна, та його розподілу на фракції.

Висновки

1. Кожен вид зернового матеріалу має свої характерні особливості, що будуть впливати на вибір, регулювання та режими роботи робочих органів сортувального та зерноочисного обладнання, з метою отримання найвищих результатів під час очистки зерна.
2. Використання додаткового обладнання для очистки і сортування зерна, дозволяє отримати посівний матеріал з вищими показниками схожості, за рахунок виділення фракції з найбільш повноцінним зерном.
3. Прості зерноочисні машини, що забезпечує розділення зернової суміші за розмірними показниками, з повітряно-решітно-трієрними робочими органами, не дозволяють одержати посівний матеріал з високими якість схожості.
4. Багаторазова очистка зерна, підвищує його травмування та збільшує втрати зерна основної культури у відхід.
5. Щоб підвищити якість очистки зерна та розподіл його на фракції, необхідно додатково дослідити фізико-механічні властивості зернових культур, для вибору оптимальних режимів роботи зерноочисних машин, оснащених віброфрикційним сепараторами з повітряним потоком.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Щоб оптимізувати робочі процеси запропонованої зерноочисної машини та покращення очищення та сортування зерна, нами була запропонована наступна програма досліджень:

- дослідити фізико-механічні властивості складових компонентів зернових сумішей, оброблених на повітряно-решітно-трієрних робочих органах;
- дослідити вплив проведених вдосконалень зерноочисної машини на якість посівного матеріалу та його схожість;
- дослідити якість очистки і сортування зерна на сепараторах віброфрикційного типу під впливом повітряного потоку;
- встановити оптимальні конструктивні параметри та режими роботи сепаратора віброфрикційного типу для очистки і сортуванні зерна;
- дослідити в лабораторних умовах процес очистки зерна на сепараторі віброфрикційного типу.

3.2. Методика експериментальних досліджень

Дослідження проведемо з врахуванням наступних значень: амплітуди та частоти коливань робочої поверхні решіт, кутів їх поздовжнього та поперечного нахилу до твірної, швидкості подачі зернового матеріалу, швидкості руху зерна по поверхні решета.

Частоти коливань робочої поверхні решіт, змінювали положенням реостата і заміряли частотою обертання привідного вала вібраційного механізму.

Амплітуду коливань робочої поверхні решіт заміряли вібрографом.

Кути нахилу коливань робочої поверхні решіт заміряли транспортимом.

Для визначення пропускної здатності очисних решіт, очищувану порцію зернового матеріалу, попередньо зважували на електронних вагах.

Швидкість руху зерна по решетах визначали, як час його руху по робочій поверхні.

3.3. Очистка зерна повітряним потоком

Щоб вибрати оптимальний кут нахилу очисного повітряного каналу, було розроблену наступну програму досліджень:

1. Вибір діапазону досліджень за певною методикою математичних критеріїв.

2. Вибір параметрів очистки: критичну швидкість повітряного потоку для очищуваного зерна для певної маси, що проходить очистку та сортування.

3. Визначення умов очистки та сортування на фракції.

Щоб визначити критерії якості очистки зерна, дослідимо кількість домішок у кожній з камер.

Для визначення кількості зерна у кожній з камер, використаємо формулу:

$$\mu_{к,i} = \frac{m_{к,i}}{m_{к,0}}, \quad (3.1)$$

де $m_{к,i}$ – вага зерна у i -тій камері;

$m_{к,0}$ – вага зерна у вихідній масі.

За аналогією, визначаємо кількість домішок:

$$\mu_{\partial,i} = \frac{m_{\partial,i}}{m_{\partial,0}}, \quad (3.2)$$

де $m_{\partial,i}$, $m_{\partial,0}$ – відповідно вага домішок у кожній з камер.

Викорстовуючи дані рівняння, можемо розрахувати загальну масу зернової суміші, що потрапляє до i -тої камери:

$$\eta_i = \mu_{\kappa,i} \eta_{\kappa,o} + \mu_{\partial,i} \eta_{\partial,o}, \quad (3.3)$$

де $\eta_{\kappa,o}$, $\eta_{\partial,o}$ – відповідно чистота та засміченість зернового матеріалу.

Їх визначали за наступними формулами:

$$\eta_{\kappa,o} = \frac{m_{\kappa,o}}{m_{\kappa,o} + m_{\partial,o}}, \quad (3.4)$$

$$\eta_{\partial,o} = \frac{m_{\partial,o}}{m_{\kappa,o} + m_{\partial,o}}. \quad (3.5)$$

Відповідні величини для i -тої камери є наступними:

$$\eta_{\kappa,i} = \frac{m_{\kappa,i}}{m_{\kappa,i} + m_{\partial,i}}, \quad (3.6)$$

$$\eta_{\partial,i} = \frac{m_{\partial,i}}{m_{\kappa,i} + m_{\partial,i}}. \quad (3.7)$$

Виконуючи лабораторні дослідження, масу експериментальної наважки приймали 10 кг. Вагу суміші в кожній розподільній камері визначали з точністю до 0,001 кг.

Повну масу досліджуваної зернової суміші записували формулою:

$$y(x_1, \dots, x_{\kappa}) = a_0 + \sum_{i=1}^{\kappa} a_i x_i + \sum_{i=1}^{\kappa} \sum_{j=1}^{\kappa} a_{ij} x_i x_j, \quad (3.8)$$

де y – функція досліджуваних критеріїв;

a_0 - показник рівняння регресії;

$x_1, \dots, x_{\kappa}$ - кодовані змінні рівнів факторів;

κ – число змінних;

$a_i, \dots, a_{ij}$ – коефіцієнти рівняння регресії.

Для експериментальних досліджень, була прийнята наступна кількість факторів $\kappa = 5$: x_1 – швидкість повітря в каналі; x_2 – кути нахилу повітряного каналу; x_3 – кількість подаваної суміші; x_4 , x_5 – кути встановлення

розділяючих засувов, між камерами I–II, II–III.

3.4. Дослідження параметрів процесу сепарації зерна на сепараторі

Попередньо проведені дослідження показали, що на якість очищення і сортування зерна суттєво впливають: амплітуда та частота коливань, поздовжні та поперечні кути встановлення коливних решіт до горизонтальної площини. Дослідження проводились для наступних режимів: амплітуди $A=1,2\text{мм}$, кутової швидкості $\omega=1750\text{с}^{-1}$, кутів відповідно $\varepsilon=30^\circ$, $\alpha=8,1^\circ$, $\beta=3,6^\circ$.

Межі варіації досліджуваних факторів, приймалися наступними: амплітуда - $0,2\text{мм}$, частота - 25с^{-1} , кут коливань - 2° , поздовжній кут - $1,5^\circ$, поперечний кут - $0,5^\circ$. Відповідні фактори позначали наступним чином: $A=X_1$, $\omega=X_2$, $\varepsilon=X_3$, $\alpha=X_4$, $\beta=X_5$.

Критерієм оптимізації очищення зернового матеріалу приймаємо максимальний вихід зерна, що відповідає критеріям ДСТУ.

Для оптимізації за параметром енергії проростання зерна, приймаємо середньоквадратичне відхилення ваги 1000 зернин у камерах продуктів очистки та сортування. Враховували умову, що для вищого критерію, відповідає краща якість посівного матеріалу. Зважаючи, що головним критерієм процесу очистки та сортування є енергія проростання зерна, то встановлюємо її залежність з вагою 1000 зернин.

Для проведення лабораторних досліджень, використовували зерновий матеріал пшениці, що пройшла первинну очистку на простих зерноочисних машинах СМ-4, ОВП-20.

Під час проходження лабораторних досліджень, визначали наступні параметри зерна (чистоту, схожість, енергію росту, вагу 1000 насінин).

В подальшому, провели порівняльну оцінку якості очистки та сортування зерна з допомогою віброфракційного класифікатора, отримані результати обробляли з допомогою запропонованої програми обробки статистичних даних на ЕОМ. Результати наводимо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.1–Інтервали варіювання незалежних змінних для зерна

Змінні	A	ω	ε	α	β
Розмірність	мм	с ⁻¹	град	град	град
Умовні позначення	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Основний рівень 0	1,2	175	30	8,1	3,6
Верхній рівень +	1,4	200	32	9,6	4,1
Нижній рівень -	1,0	140	28	6,6	3,1

Таблиця 3.2–Параметри віброфрикційного сепаратора для очищення зерна

Оптимізація	Значення	Значення параметрів									
		у кодованих значеннях					у натуральних значеннях				
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	A, мм	ω , с ⁻¹	ε , град	α , град	β , град
Q ₀	95,2	-0,62	0,85	-0,36	0,39	-0,25	1,3	190	31	7,9	3,2

Таблиця 3.3–Результати очищення і сортування зерна на сепараторі

Найменування показників	Вихідна суміш	Фракції зерна (дільника)									
		випадкові параметри					раціональні параметри				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Розподіл насіння по фракціях, %	100	12,9	25,8	31,9	23,6	5,8	16,1	34,7	38,3	8,6	2,3
Схожість %	88	95	95	93	80	72	95	97	98	89	65
Енергія проростання %	84	93	92	90	77	68	92	95	96	81	59
Маса 1000 насіння, г	39,4	41,1	39,9	37,4	31,6	25,3	43,1	42,9	41,8	36,4	21,6
Чистота насіння %	93,8	98,5	99,7	99,8	89,5	81,0	99,8	99,8	99,5	91,3	76,4

Таблиця 3.4-Залежність схожості і маси 1000 штук зернин

Насіння	Показники	Фракції зерна					Коефіцієнт кореляції
		1	2	3	4	5	
Овес	В, %	96	97	97	91	74	0,98
	M ₁₀₀₀ , г	42,3	43,1	42,9	38,4	31,2	

Таблиця 3.5-Раціональний набір параметрів сепаратора

Оптимізація	Значення	Значення параметрів									
		у кодованих значеннях					у натуральних значеннях				
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	A, мм	ω, с ⁻¹	ε, град	α, град	β, град
σ _m	3,26	0,45	0,87	0,57	0,27	0,25	1,2	180	30	7,3	3,7

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Дослідження фізико-механічних властивостей компонентів зернової суміші

Розподіл зернового матеріалу проводили на решітному класифікаторі ГР-50.

Розмірні показники зерна досліджували відповідно вимог ДОСТУ 21560.1–82 застосовували решета з отворами 4 - 10 мм [7].

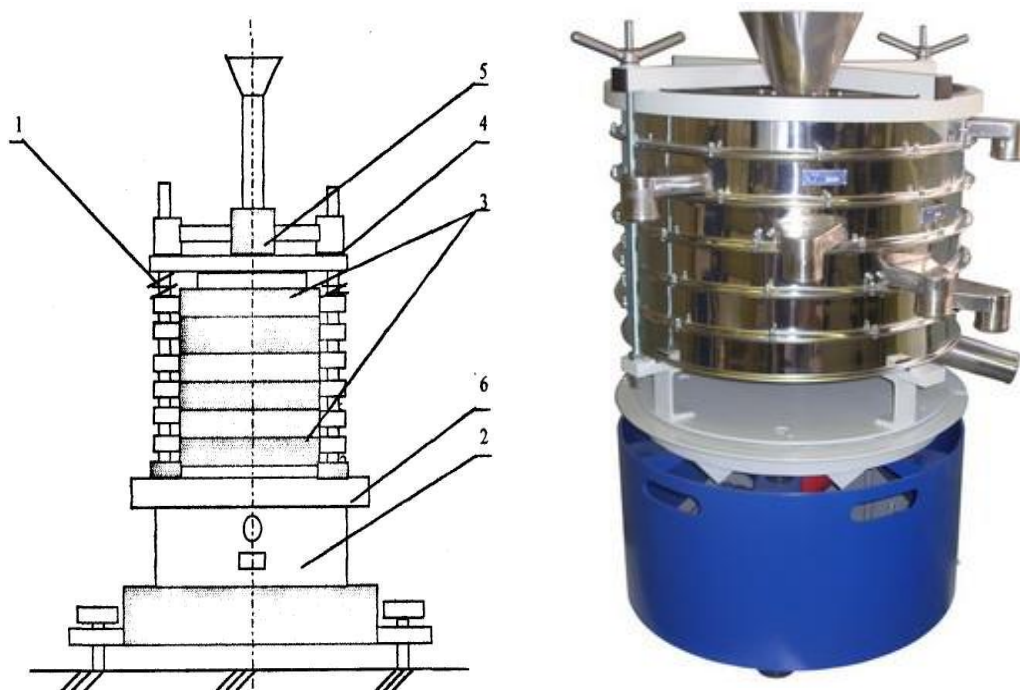


Рисунок 3.5 - Решітний класифікатор ГР-50

1-пружини; 2-електромагнітний вібратор; 3-калібровані решета; 4,6-притискні диски, 5-притискний ексцентриковий важіль

Фізичними величинами, що характеризують розмірні показники зернової суміші є товщина, ширина і довжина, які дозволяють розділяти суміш відповідно на решетах та трієрних барабанах.

На основі отриманих результатів згідно статистичної обробки даних були побудовані варіаційні залежності розмірних показників, для основної культури та насіння бур'янів і сторонніх домішок (рис.4.1).

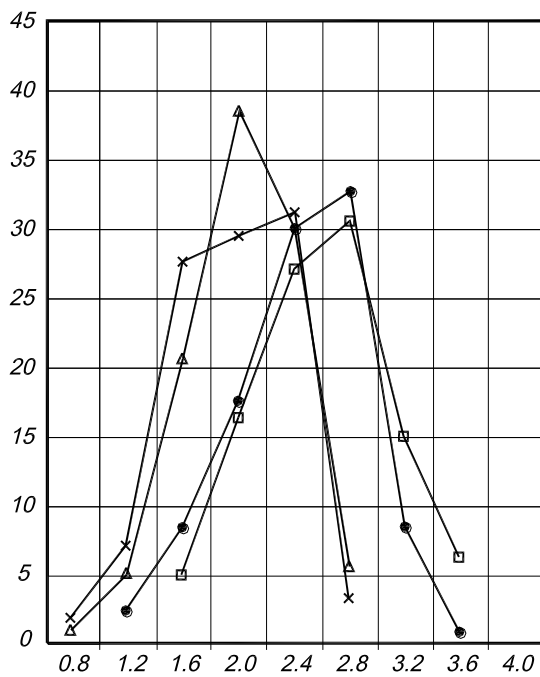
Аналізуючи дані графічні залежності, можемо зробити висновок, що розділення та очистка зерна на решетах з прямокутними отворами, не дасть належного результату, адже отримані варіаційні залежності повністю накладаються (розділення неможливе) (рис.4.1.а).

Аналогічна ситуація відбувається і на решетах з круглими отворами (рис.4.1.б), розділення та очистка зернового матеріалу не можлива.

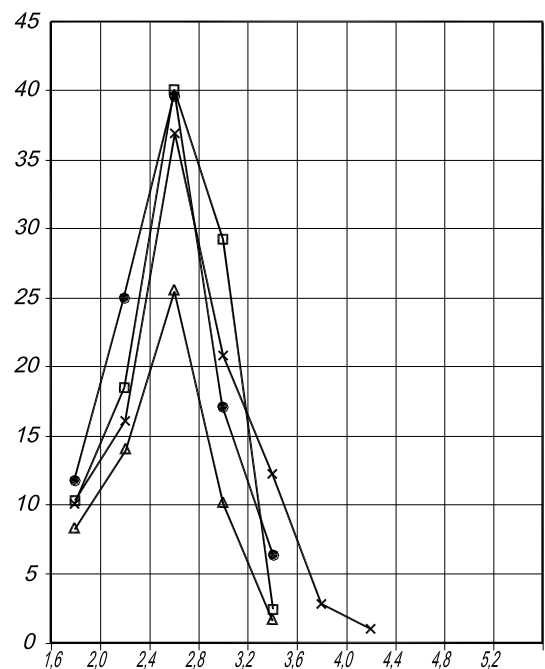
Очистка зернового матеріалу на трієрному циліндрі, дає дещо кращі результати (рис.4.1.в), за довжиною від основної суміші можна відділити 64% насіння буряну і 85% курячого проса.

Очистка зернового матеріалу за станом шорсткості поверхні дала наступні результати.

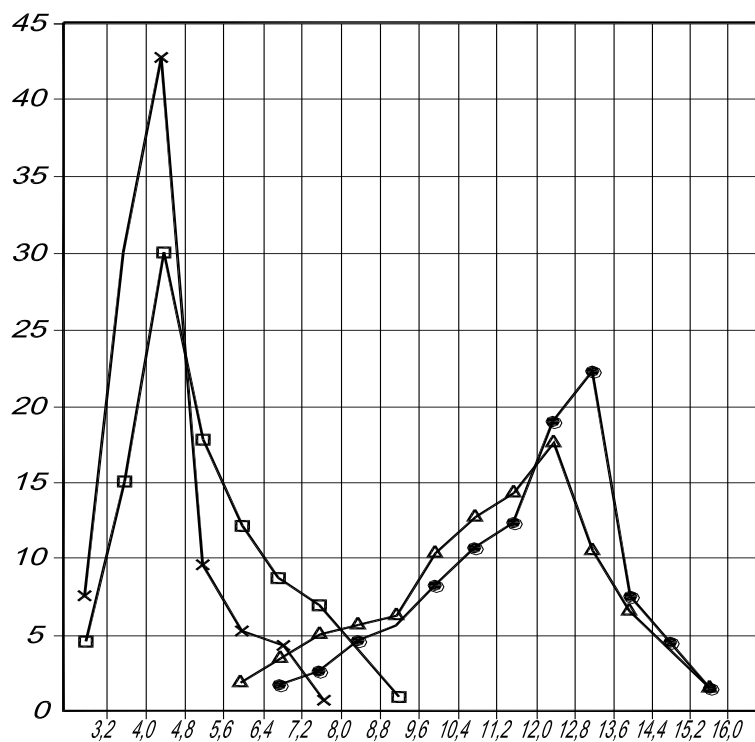
Коефіцієнти статичного тертя між досліджуваним матеріалом і робочою поверхнею, визначали при допомозі обладнання (рис.4.2), що складається з рухомої площини 1, станини 2, механізму зміни кута нахилу рухомої площини 3, транспортира 4 і ділянок зерна 5. Ділянки рухомої площини були покриті різними видами фрикційних матеріалів: фанера, прогумоване полотн, метал, гум, брезент.



а)



б)



в)

□ – гречишка, Δ – пшениця,
 3 – просо куряче, ● – вівсюг

Рисунок 4.1- Варіаційні криві розподілу зерна пшениці, насіння бур'янів та їх домішок за: а) – товщиною, б) – шириною, в) – довжиною

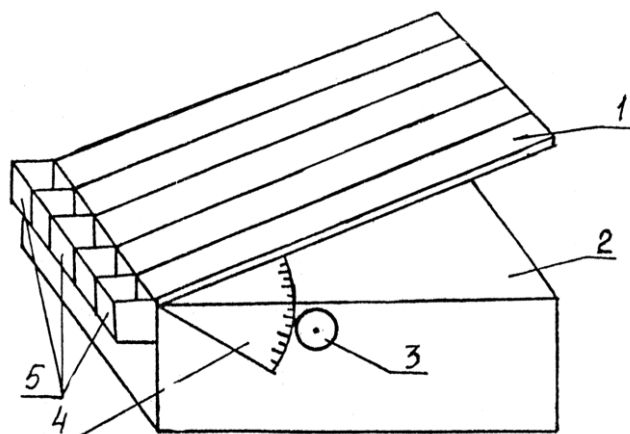


Рисунок 4.2 - Схема приладу для визначення коефіцієнтів тертя зерна пшениці, насіння бур'янів та їх домішок: 1– рухома площина, 2 – основа, 3– регулювальний механізм, 4 – транспортер, 5 – ділянки зерна

Коефіцієнти статичного тертя, досліджували змінюючи кут встановлення пластини.

Кут змінювали до тих пір, поки досліджуваний зразок не починав переміщатися, цей кут і є кутом статичного ковзання зерна (насіння домішок).

Отримані результати свідчать, що варіаційні криві коефіцієнтів тертя зерна, насіння бур'янів та домішок суттєво перекриваються. Але це однаково, за показником коефіцієнта тертя не дозволяє повністю розділити суміш.

Очистка зернового матеріалу, за показником коефіцієнта відновлення швидкості під час удару, наведена на (рис.4.3).

Прилад складається з наступних елементів: контейнер для зерна 1, пряма щілина 2, телескопічної рами 3, мірної шкали 4, індикатора 5 і станина 6.

Досліджуваний матеріал заповнювали у контейнер для зернового вороху 1, після відкриття прямої щілини 2, дослідний зразок співударявся об станину 6. Висота відбивання зернини фіксувався шкалою 4. Наступним етапом був підрахунок коефіцієнта відновлення швидкості насінини після кожного удару.

Отримані результати кривих варіаційного розподілу значень коефіцієнтів відновлення швидкості зерна під час співударяння наведені на рис. 4.4, 4.5.

Результати свідчать (рис.4.4), що з допомогою фанери можна відділити до 24% зернового матеріалу без насіння гречки.

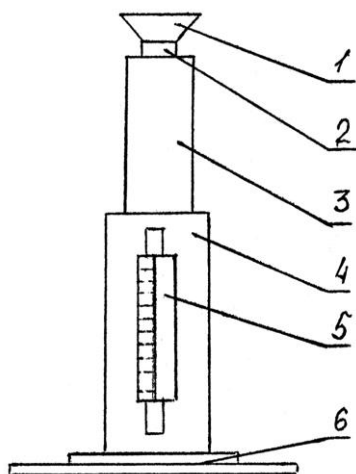
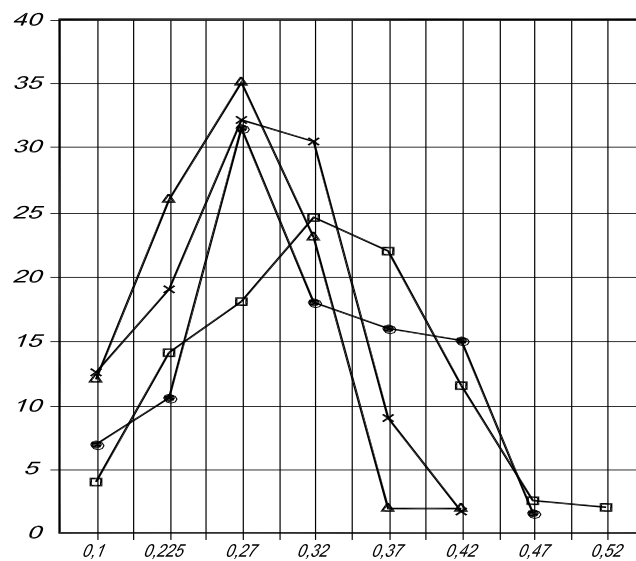


Рисунок 4.3 - Прилад для визначення коефіцієнта відновлення швидкості компонентів зернових сумішей: 1- контейнер для зерна, 2-пряма щілина, 3-телескопічної рами, 4-мірної шкали, 5- індикатора, 6-станина

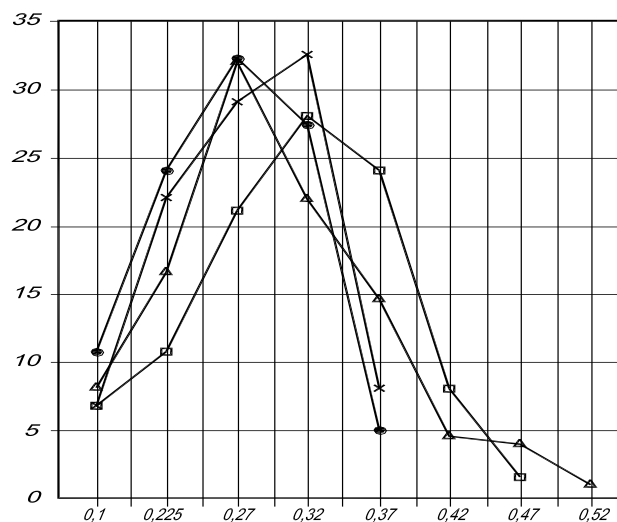
На брезентовій поверхні (рис.4.5) можна

відділити до 16% зерна без домішок проса курячого і вівсюга.



□ – овес, Δ – гречишка,
 × – вівсюг, ● – просо куряче

Рисунок 4.4 - Варіаційні криві коефіцієнтів відновлення при ударі зерна, насіння бур'янів та домішок об фанеру



□ – овес, Δ – гречишка,
 × – вівсюг, ● – просо куряче

Рисунок 4.5 - Варіаційні криві коефіцієнтів відновлення швидкості удару зерна, насіння бур'янів та домішок по брезенті

Згідно отриманих результатів досліджень можна зробити висновки, що досліджувані поверхні не дають можливості повністю відділити насіння бур'янів та домішок, адже варіаційні криві цих компонентів у значній мірі накладаються.

4.2. Коефіцієнти миттєвого тертя при ударі зерна

Продуктивність решітного сепаратора залежить від швидкості руху зернової маси по коливних решетах, вона значно залежить від коефіцієнта миттєвого тертя, що виникає в процесі її підкидання на поверхні.

Величина показника коефіцієнта миттєвого тертя, напрямку залежить від виду поверхні матеріалу фрикційної площини, та від виду зерна і домішок.

Побудовані за результатами випробувань, графіки варіаційних кривих розподілу коефіцієнтів миттєвого тертя від удару зерна пшениці, насіння бур'янів та їх домішок наведені на рис.4.6.

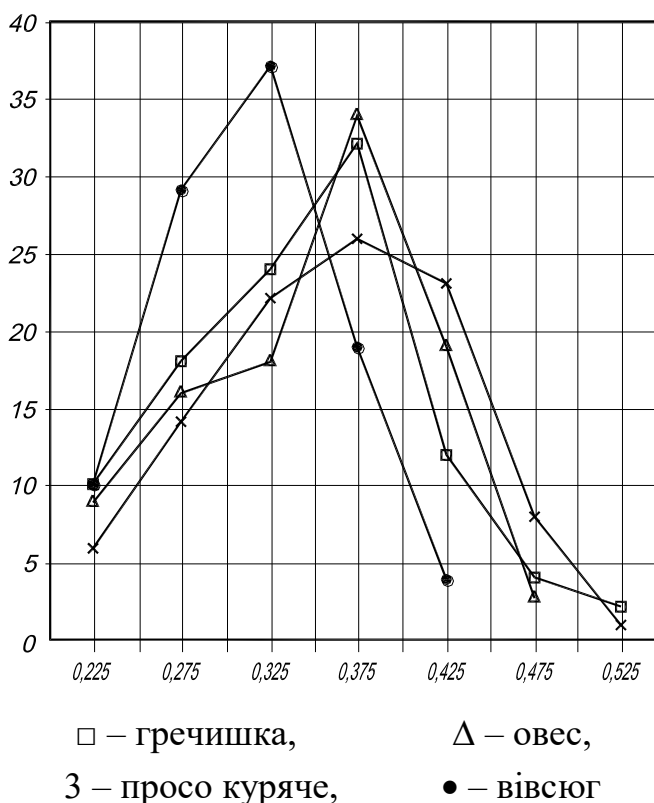


Рисунок 4.6 — Графіки варіаційних кривих розподілу результатів коефіцієнтів миттєвого тертя, внаслідок удару зернового матеріалу і домішок насіння бур'янів

Згідно отриманих результатів, можна зробити висновок, що за даним показником вдається розділити до 11% зерна пшениці, за винятком домішки курячого проса. Отже, розділення та сортування зернової маси за даним показником, є мало результативними, тому що результати графіків варіаційних кривих накладаються одні на одні.

Слід зауважити, що коефіцієнт миттєвого тертя, під час удару не проявляються самостійно, а тільки у співучасті з фізико-механічними властивостями, що відображаються на фрикційній коливній поверхні.

Згідно досліджень [5], зерно, що має вищий коефіцієнт миттєвого тертя під час удару, також має більший по значенню кут підйому на коливних фрикційних поверхнях.

4.3. Кути граничного підйому компонентів зернової суміші

Критичним кутом руху зернового матеріалу по коливній фрикційній площині, є такий кут, за якого його швидкість рівна нулю.

Критичний кут руху зернового матеріалу, є показником сортування зерна та розділення його на фракції на коливній сортувальній фрикційній площині. Підібравши правильний кут коливної площини, можна досягнути ефекту, що частина зернового матеріалу буде переміщатись до низу, а інша частина вгору.

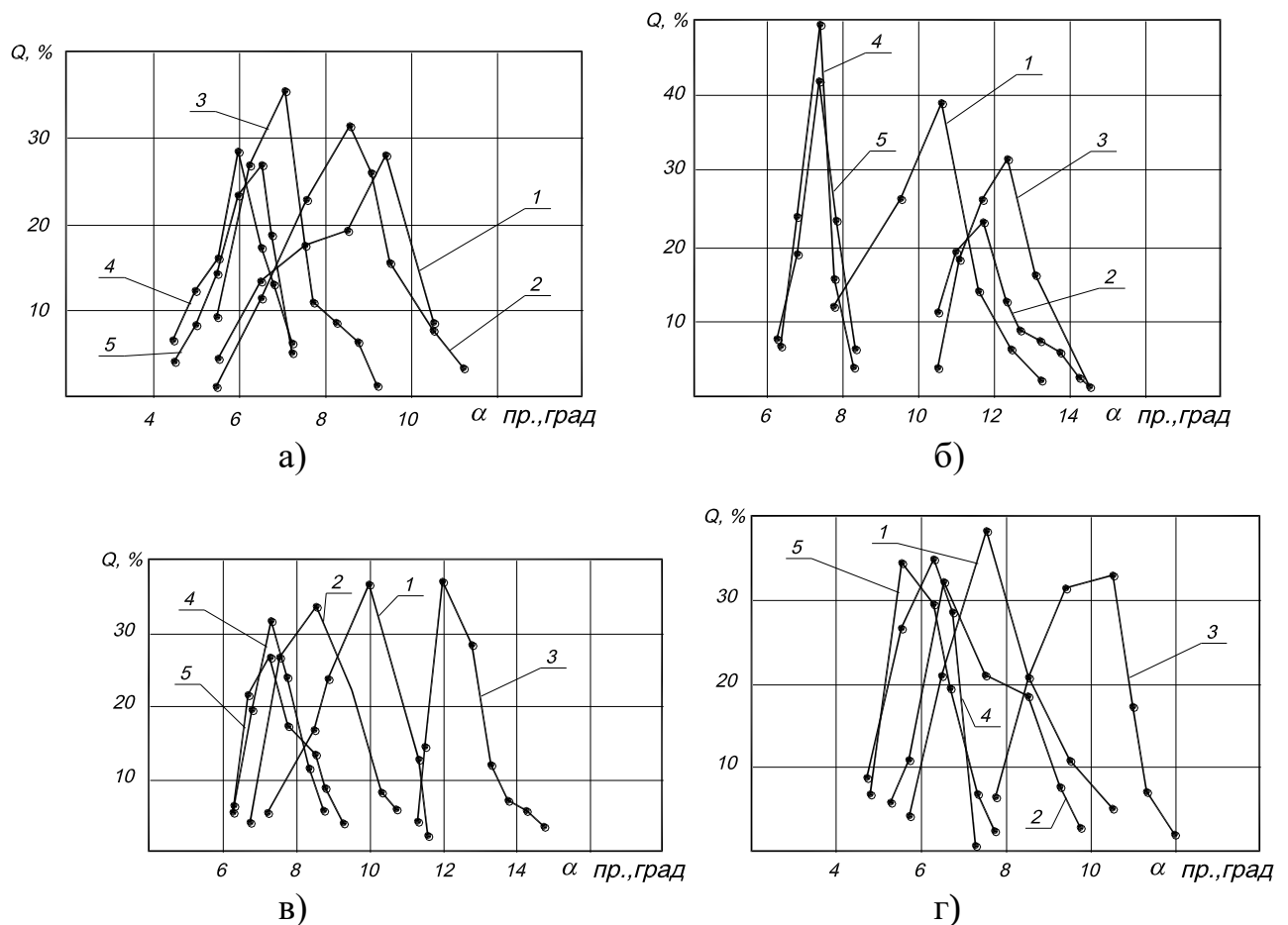
Лабораторними дослідженнями встановлено критичні кути піднімання та скочування для зерна пшениці та насіння бур'янів і домішок, результати наведені на рис.4.7.

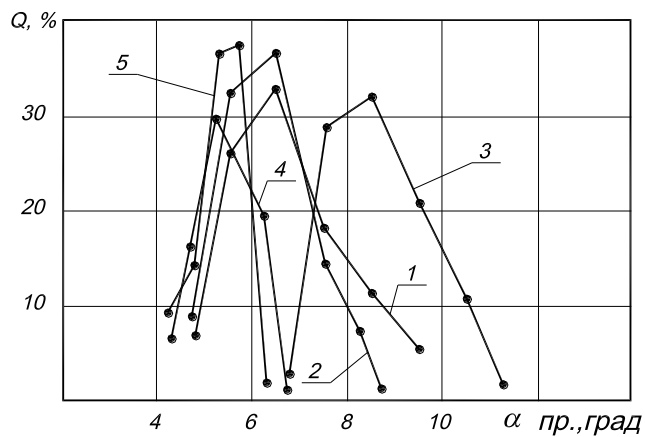
Результати графіків кривих нормального розподілу критичних кутів піднімання свідчать, що на коливному сепараторі з брезентовою поверхнею (рис.4.7.б) можна відділити до 72% чистого зерна, та окремо 69% насіння в'юнка. Для вівсюга краще використати коливну поверхню покриту абразивним полотном (рис.4.7.в), на ній можна отримати 91% чистого зерна без домішок вівсюга.

Графіки кривих нормального розподілу граничних значень кутів піднімання зернового матеріалу, насіння бур'янів та домішок наведені на рис.4.8.

Результати свідчать, що вібраційний сепаратор оснащений робочою поверхнею у вигляді абразивного полотна (рис.4.8.в), дозволяє очистити до 86% зерна пшениці, від домішок насіння гречишки.

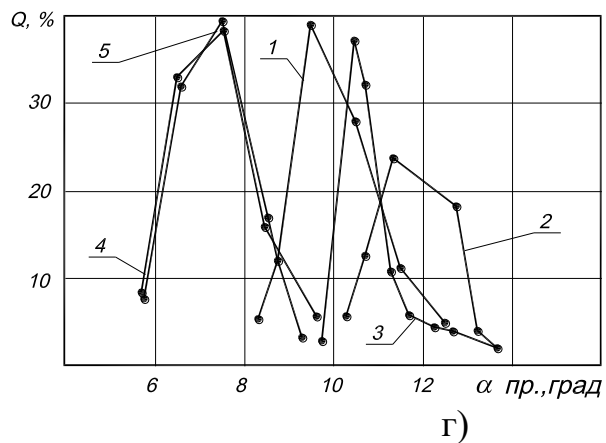
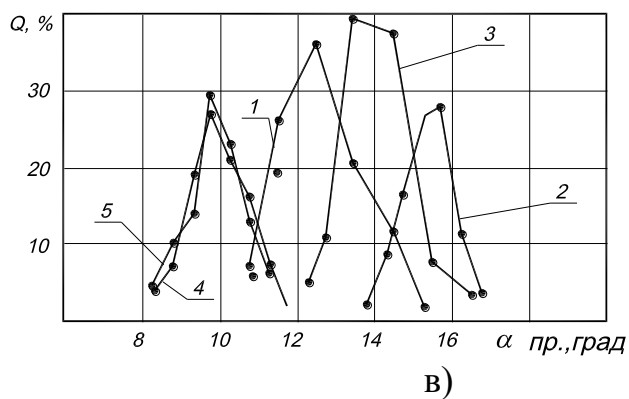
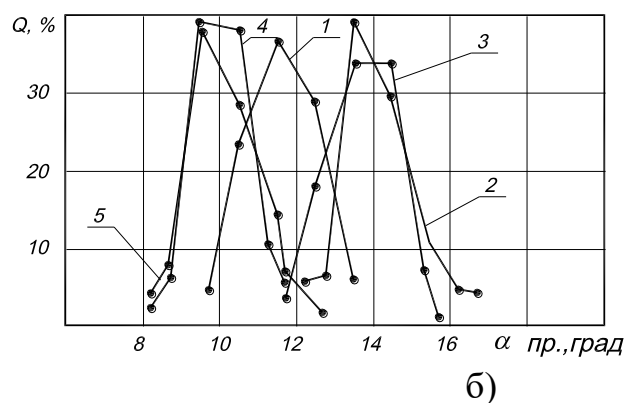
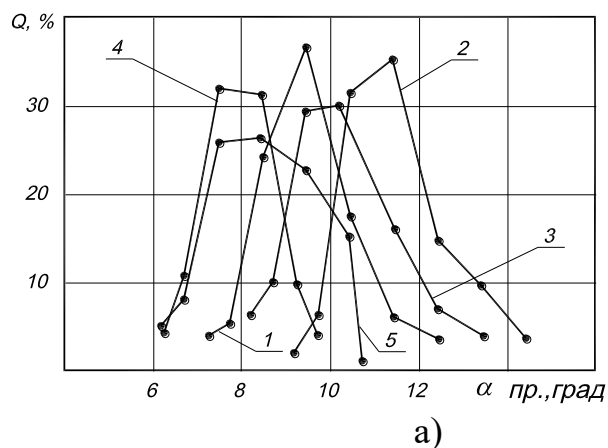
Робоча коливна поверхня, покрита гумою (рис.3.8.г), дозволяє очистити до 84% зерна пшениці, від домішок насіння курячого проса і механічних домішок, 74% насіння в'юнка, 93% насіння інших бур'янів.

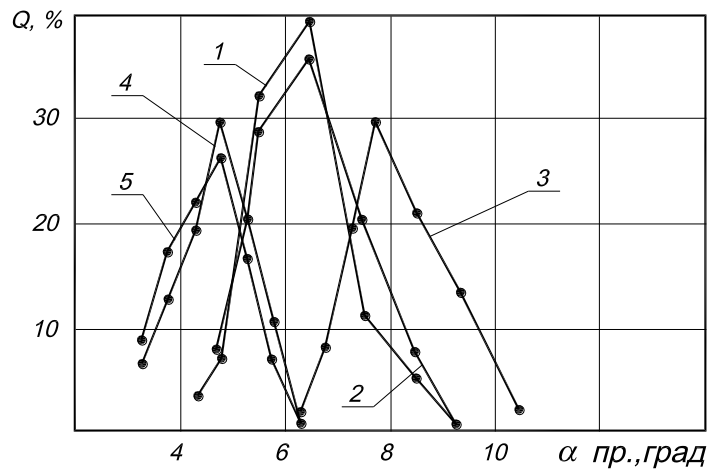




д)

Рисунок 4.7 - Криві нормального розподілу показників критичних кутів підйому зерна пшениці, насіння бур'янів та домішок: 1-пшениця, 2-гречишка; 3-вівсюг, 4- куряче просо, 5-в'юнок а)-фанера, б)-брезент, в)- полотно, г)- гума, д)-метал





д)

Рисунок 4.8- Криві нормального розподілу показників критичних кутів підйому зерна пшениці, насіння бур'янів та домішок:у безвідривному режимі: 1–пшениця, 2–гречишка; 3–вівсюг, 4– куряче просо, 5–в'юнок а)–фанера, б)– брезент, в)– полотно, г)–гума, д)-метал

Відповідно до ДСТУ 2240-93 у посівному зерні пшениці 1-3 репродукції, насіннєвий відсоток повинен бути не менше 98%, а насіння бур'янів до 20 шт/кг, у цей відсоток входить і насіння важковідокремлюваних домішок 5 шт/кг. Проростання зерна не менша 92%.

Показники очищення зерна пшениці другої репродукції, на пневматичному сортувальному сепараторові вказані у таблиці 4.1.

Згідно лабораторних досліджень, бачимо, що у перший контейнер надійде 16 кг зерна, це 0,8% від загальної маси зернової суміші, у другий контейнер потрапить зерно з великим вмістом домішок – 6600 шт/кг, зокрема насіння вики і в'юнка, що становить, 21050 шт/кг і 2200 шт/кг, також велика кількість березки польової– 2460 шт/кг. Зерно пшениці становило тільки 65,6%, його особливість у тому, що воно має найвищу крупність. Маса 1000 зернин пшениці даного класу найвища – 46,5 г, що на 5,9 г вище ніж у загальної маси зерна. Енергія проростання та процент схожості зерна пшениці, першого класу, найвищий і рівний, 96-95%, що на 8-9% більше показника загальної зернової маси. Насіння домішок бурянів за формою, можа частково відділити на інших

зерноочисних машинах.

До другого контейнера потрапило 55,9 кг зерна, це у відсотках буде становити 28,24% від загальної маси зерна. Дане зерно відповідає вимогам ДСТУ 2240-93 для насіння пшениці 1-3 репродукції. Вміст зерна пшениці 99,52%, що становить 1,52% вище вимоги стандарту, проростання 93%, що на 1% вища допусків держстандарту. Основна відмінність зерна з другого контейнера полягає в тому, його розміри трохи менші зерна з першого контейнера, його показники нижчі зерна пшениці вищої фракції.

Максимальна кількість зернового матеріалу потрапила у третій контейнер – 116,85 кг, що буде становити 59,01% до загальної маси очищуваного матеріалу. Зрозуміло, що зернова маса, що потрапила у контейнер 3, буде мати найгірші показники за крупністю зерна та його схожістю, але його властивості в повній мірі підпадають під вимоги ДСТУ. Єдина домішка, що залишилась у зерновій суміші після такої очистки, це березка польова, в кількості 19 шт/кг, насіння, яка повністю або частково поєднане з рештками суцвіття, що дозволяє її відділити з допомогою повітряного потоку. Інші домішки бур'янів у зерновій суміші відсутні.

У четвертому контейнері отримали залишок у розмірі 18,75 кг зернового матеріалу, що відповідає 9,48% від основної зернової маси. Хоча вміст четвертого контейнера містить до – 99,05% зерна пшениці, це зерно не підходить під вимоги стандарту, адже його схожість не перевищує 74%, що на 18% нижче загальноприйнятих вимог. Вага 1000 зернин з четвертого контейнера 36,9 г, що на 3,6 г менше ваги вхідної зернової суміші. Енергія росту, зерна даної партії не перевищує 68%. Отже зерно отримане в четвертому контейнері придатне для використання на продовольчі (мука, крупи) або технічні (виробництво кормів) потреби.

Таблиця 4.1 – Результати сепарації зерна пшениці другої репродукції

№ I/II	Показники	Вихідний матеріал	Фракції				
			I	II	III	IV	V
1	Розподіл вихідного матеріалу за фракціями, в кг в %	19800 100	16 0,80	559 28,24	1168 59,01	187,5 9,48	49 2,47
2	Розподіл матеріалу зростаючою сумою, в кг, в %		16 0,80	575 29,04	1743 88,05	1931 97,53	1980 100,0
3	Вміст зерна пшениці, %	99,12	65,6	99,52	99,40	99,05	93,44
4	Маса 1000 насінин пшениці, г	40,4	46,1	42,3	41,2	36,8	21,5
5	Схожість насіння, %	88	96	93	92	74	23
6	Енергія проростання, %	86	95	92	90	69	16
7	Домішки, %	0,78	2,13	0,46	0,58	0,94	1,96
8	Вміст насіння інших культур, разом, шт./кг в тому числі: культурних рослин (вики), шт./кг бур'янів, разом, шт./кг в тому числі: березка, шт./кг в'юнок польовий, шт./кг	120 20 100 80 20	6710 2050 4660 2460 2200	23 3 20 18 2	19 — 19 19 —	42 — 42 42 —	1620 — 1620 1620 —
9	Якість сепарації	Некондиційне	Кондиційне		Некондиційне		

Домішки та найлегше зерно зернового матеріалу відділились у п'ятий контейнер, відповідно 4,9 кг, що буде становити 2,47% від загальної маси зернового матеріалу. Хоча в п'ятому контейнері потрапив високий вміст зерна – 93,44%, але якість цієї пшениці надзвичайно низька: схожість 23%, енергія росту 16%, вага 1000 зернин 21,5 г, що у двічі нижче ваги вихідного зернового матеріалу. Даний продукт, оптимально використати на кормові цілі.

Отже пропустивши дослідну партію через запропоновану модель сепаратора, отримали 172,75 кг (вміст 2 і 3 контейнерів), загальний вміст 87,25% маси зернового матеріалу на вході, сортового зерна пшениці. Вміст першого контейнера, становив 16 кг (0,8%) з найвищими показниками.

Вага зернового матеріалу з четвертого і п'ятого контейнерів становить 23,65 кг, відповідно 11,95% від ваги зернової суміші на вході; його раціонально пустити на продовольчі та кормові потреби.

Висновки

1. Очистка зернового матеріалу на трієрному циліндрі за довжиною з основної суміші можна відділити 64% насіння буряну і 85% курячого проса.

2. За коефіцієнтом тертя досліджувані поверхні не дають можливості повністю відділити насіння бурянів та домішок, адже варіаційні криві цих компонентів накладаються.

3. На коливному сепараторі з брезентовою поверхнею можна відділити до 72% чистого зерна, та окремо 69% насіння в'юнка. Для вівсюга краще використати коливну поверхню покриту абразивним полотном, на ній можна отримати 91% чистого зерна без домішок вівсюга.

4. Пропустивши дослідну партію зернового матеріалу через запропоновану модель сепаратора отримали 172,75 кг (вміст 2 і 3 контейнерів), загальний вміст 87,25% маси зернового матеріалу на вході, сортового зерна пшениці.

5. Вага зернового матеріалу з четвертого і п'ятого контейнерів становить 23,65 кг, відповідно 11,95% від ваги зернової суміші на вході; його раціонально пустити на продовольчі та кормові потреби.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проектування та розробка віброфрикційних сепараторів, що розділяють зерновий матеріал не тільки за розмірними показниками є актуальним. Для їх проектування і забезпечення високоякісної роботи слід враховувати фізико-механічні властивості зернового матеріалу, що на них очищаються, а також властивості насіння бур'янів та домішок.

2. Кожен вид зернового матеріалу має свої характерні особливості, що будуть впливати на вибір обладнання, регулювання та режими роботи робочих органів сортувального та зерноочисного обладнання, з метою отримання найвищих результатів під час очистки зерна.

3. Використання додаткового обладнання для очистки і сортування зерна, дозволяє отримати посівний матеріал з вищими показниками схожості, за рахунок виділення фракції з найбільш повноцінним зерном.

4. Прості зерноочисні машини, що забезпечує розділення зернової суміші за розмірними показниками, з повітряно-решітно-трієрними робочими органами не дозволяють одержати посівний матеріал з високими якостями схожості.

5. Багаторазова очистка зерна, підвищує його травмування та збільшує втрати зерна основної культури у відходах.

6. Очистка зернового матеріалу на трієрному циліндрі дає непогані результати, за довжиною з основної суміші можна відділити 64% насіння бур'яну і 85% курячого проса.

7. За коефіцієнтом тертя досліджувані поверхні не дають можливості повністю відділити насіння бур'янів та домішок, адже варіаційні криві цих компонентів у значній мірі накладаються.

8. На коливному сепараторі з брезентовою поверхнею можна відділити до 72% чистого зерна, та окремо 69% насіння в'юнка. Для вівсюга краще використати коливну поверхню покриту абразивним полотном, на ній можна отримати 91% чистого зерна без домішок вівсюга.

9. Пропустивши дослідну партію зернового матеріалу через запропоновану модель сепаратора отримали 172,75 кг (вміст 2 і 3 контейнерів), загальний вміст 87,25% маси зернового матеріалу на вході, сортового зерна пшениці.

10. Вага зернового матеріалу з четвертого і п'ятого контейнерів становить 23,65 кг, відповідно 11,95% від ваги зернової суміші на вході; його раціонально пустити на продовольчі та кормові потреби.

11. Вивчено дотримання заходів протипожежної безпеки та захисту цивільного населення.

12. Розглянуто роботу служби з охорони праці, фінансування заходів з охорони праці та витрачання коштів в господарстві. Також проаналізувавши умови праці та профілактики травматизму запропоновано заходи покращення стану охорони праці.

13. Господарству слід приділити більшу увагу заходам з охорони довкілля, зокрема використанню та зберіганню паливо-мастильних матеріалів та охороні та раціональному використанню ґрунтів і водних ресурсів.

14. Річний економічний ефект від використання модернізованого зернового сепаратора становитиме 772,6 т.грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Абдуєв М.М., Бакум М.В., Бобрусь І.С., Манчинський Ю.О., Сергєєва А.В. Обґрунтування конструктивної схеми пневматичного ворохоочосника // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХДТУСГ. – Харків: ХДТУСГ, 2000. – Вип. 1. – С. 227-235.
2. Абдуєв М.М., Бакум М.В., Манчинський Ю.О., Хоменко В.В. Експериментальне дослідження порівняльних характеристик сепараторів у вигляді вертикального та нахиленого каналів // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХДТУСГ. – Харків: ХДТУСГ, 2004. – Вип.. 24. – С. 106–110.
3. Деклараційний патент на винахід №70667А України, МКІ В07В4/00. Спосіб розділення насіннєвих сумішей у нахиленому повітряному потоці та пристрій для його здійснення / М.В. Бакум, Ю.О. Манчинський, М.М. Абдуєв, М.М. Крекот. – № 20031212049; Заявл. 22.12.03; Опубл. 15.10.2004. Бюл. № 10. – 4 с.
4. Деклараційний патент на корисну модель № 9928 України, МКІ В07В4/02. Спосіб інтенсифікації розділення насіннєвих сумішей і повітряному потоці / М.В. Бакум, Ю.О. Манчинський, М.М. Абдуєв, М.М. Крекот.– № 200503948; Заявл. 25.04.05; Опубл. 17.10.2005. Бюл.№ 10. – 3 с.
5. Єрмак В.П. Вдосконалення способу сепарування насіння соняшника у повітряних потоках: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Луганський національний аграрний університет. – Луганськ, 2003 – 18 с.
6. Пневмоинерционный сепаратор: А.с. 1645039 СССР, МКИ В07В4/00, А01 F 12/44 / Э.В. Жалнин, А.В. Сотников, Н.И. Грабельковский, А.А. Гехтман, Я.А. Розинский (СССР). – № 4697004; Заявл. 25.05.89; Опубл. 30.04.91, Бюл. № 16. – 3 с.
7. Адамчук В.В. Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396с.
8. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. Перспективи

впровадження в Україні системи точного землеробства. Механізація сільськогосподарського виробництва : зб. наук. пр. / Національний аграрний університет. Київ, 2002. Том XIII. С. 93 - 97.

9. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: «Агроосвіта», 2015. – 679с.

10. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – Київ.: Кондор. – 2007. – 334с.

11. Ільченко В.Ю. та інші. Машиновикористання в землеробстві. – К.: Урожай, 1991. – 382с.

12. Білявський Г.О., Падун М. М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології, вид. 2-ге. – Київ : 1995. – 368 с.

13. Винокуров Л.Е.; Васильчик М.В.; Гаман М.В. Основи охорони праці. - Київ :

14. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – Київ: Урожай, 1994. – 272 с.

15. Ільченко В.Ю., Карасьов П.І. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в агрегатному виробництві. – Київ: Урожай, 1993. – 286 с.

16. Лехман С.Д. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді). – Київ: Урожай, 1990. – 400 с.

17. Операційна технологія виробництва зернових культур. Довідник. / Сайко В. Ф., Сокоренко Н.В. і ін.; під ред. В.Ф. Сайко. – Київ: Урожай, 1991. – 160 с.

18. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. / Рибарук В.Я., Ріпка І.І. – Львів, ЛДАУ, 1998. – 264 с.

19. Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення /Укл.: В.М. Боярчук, С.М. Онисько, В.Т. Дмитрів.- Львів: ЛДАУ, 2003. – 28 с.

20. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енерго збереження в АПК.- Тернопіль: Підручник та посібник, 2001 -247 с.
21. Лехман С.Д., Кубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 270 с.
22. Лихочвор В.В. Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.
23. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень. Київ: 2001. 246 с.
24. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І., Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. - Київ "Урожай