

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: **“Обґрунтування процесу фракційного розділення та очистки
зерна”**

Виконав: студент VI курсу групи Аін-62

Спеціальності 208 „Агорінженерія”
(шифр і назва)

Юрків Володимир Васильович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: Буртак В.В.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: Гуменюк Р.В.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Шарібур А.О.

“ _____ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на дипломний проєкт студенту
Юрківу Володимирі Васильовичу

1. Тема роботи: **“Обґрунтування процесу фракційного розділення та очистки зерна”**

Керівник роботи: Буртак Володимир Володимирович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 28.04.2023 року № 133/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.01.2024 року

3. Вихідні дані: методичні рекомендації до виконання дипломної роботи, довідкова література, каталоги, методика планування та проведення експериментальних досліджень, довідкова література, патентний пошук, інструкції з охорони праці.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз стану питання, мета та завдання досліджень.

2. Теоретичні дослідження робочих процесів.

3. Програма та методика досліджень.

4. Результати досліджень та їх аналіз.

5. Охорона праці та захист населення.

6. Економічна ефективність.

Висновки та пропозиції.

Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): графічна частина до дипломної роботи оформляється у вигляді презентації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,4,6	Буртак В.В. к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
5	Тимочко В.О., к.т.н., доцент завідувач кафедри УПБВ			

7. Дата видачі завдання: 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор.	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Аналіз стану питання, мета та завдання досліджень»</i>	28.04.23-24.05.23	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Теоретичні дослідження робочих процесів»</i>	25.05.23-22.06.23	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Програма та методика досліджень»</i>	23.06.23-28.08.23	
4.	<i>Виконання четвертого розділу: «Результати здійснених досліджень та їх аналіз»</i>	29.08.23-26.09.23	
5.	<i>Написання розділу «Охорона праці та захист населення»</i>	27.09.23-16.10.23	
6.	<i>Виконання розділу: «Економічна ефективність»</i>	17.10.23-11.12.23	
7.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	12.12.23-10.01.24	

Студент _____ Володимир Юрків
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир Буртак
(підпис)

УДК 629.979:664.69

Обґрунтування процесу фракційного розділення та очистки зерна.

Юрків Володимир Васильович. Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора О. Семковича. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

63 с. текст. част., 23 рис., 6 табл., 18 джерел.

Розглянуто технологічні особливості, класифікацію та конструктивні елементи існуючих засобів для розділення та очистки зерна.

На основі аналізу визначені мета та задачі дослідження.

Розглянуто основи технологічного і конструктивного розрахунку.

В роботі експериментальними дослідженнями обґрунтовані основні параметри порційного безремінного зернометальника і параметри поділу та очищення зернового матеріалу. Початкова швидкість метання 10 – 12 м/с, товщина і маса порції зерна відповідно 50 мм і 0,3 – 0,4 кг, кут нахилу лопатей 60°, кількість лопатей 8.

Встановлено, що економічна ефективність підтверджує необхідність впровадження порційного безремінного зернометальника, оскільки найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 1011,80 грн та 809,44 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 3278,74 грн., що знаходиться у науково - рекомендованих межах.

ЗМІСТ

ВСТУП		
1	АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1	Аналіз тенденцій розвитку технологій та засобів обробки зернової продукції	9
1.2	Аналіз машин для фракційного розділення та очистки зерна	12
1.3	Мета та завдання досліджень	17
2	ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ	19
2.1	Дослідження ефективності застосування зернометальників	19
2.2	Неперервне переміщення продукту по сити розсіву	21
2.3	Пошаровий рух сипкого матеріалу по горизонтальному сити	23
3	ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	26
3.1	Загальні принципи методики досліджень	26
3.2	Характеристика досліджуваної установки порційного зернометальника	28
3.3	Дослідження траєкторії польоту зернового матеріалу метанням його у повітря	31
4	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ	36
4.1	Дослідження структури шару у момент початкового вильоту згідно траєкторії польоту зернових компонентів при метанні їх у повітря	36
4.2	Дослідження впливу початкових швидкостей при метанні зернового матеріалу на якісні показники при поділі	38
4.3	Результати досліджень ефективності поділу зернової суміші у комірці барабана метальника	40

	Результати досліджень ефективності поділу зернової суміші в	
4.4	залежності від маси порції, кута нахилу та кількості лопатей у барабані зернометальника	41
4.5	Результати досліджень поділу зернових мас у метальнику	44
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ	46
5.1	Аналіз виробничих небезпек під час виробництва	46
5.2	Паспортизація санітарно-технічного стану та моделювання процесу виникнення травм та аварій	48
5.3	Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виробництва	52
5.4	Розробка заходів щодо захисту населення	56
6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	57
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	60
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Постійне збільшення обсягів виробництва зерна завжди визначало і залишається ключовим викликом для агропромислового комплексу, спрямованого на задоволення ростучих потреб країни у продуктах харчування та сільськогосподарській сировині. Умови обмеження площ під зернові культури підсилюють потребу в підвищенні урожайності та зменшенні втрат зерна, особливо під час його післязбиральної обробки.

В наш час значна частина зерна обробляється на відкритих майданчиках, тоді як лише обмежена кількість проходить обробку на поточних лініях типу ЗАВ і КЗС. Існуючі засоби очищення зерна на поточних лініях і самохідні машини для попередньої очистки на відкритих майданчиках, такі як ЗМ-60, МЗ-60, ОВП-20А, ОВС-25, не забезпечують ефективну обробку свіжозібраного зерна, що може вести до втрат і низької продуктивності складних зерноочисних машин, таких як ОС-4,5; СМ-4. Повторна обробка зерна на поточних лініях і в самохідних машинах на відкритих майданчиках призводить до травмування зерна, збільшує витрати на обробку і втрати на відходи. Таким чином, витрати праці на післязбиральну обробку залишаються значними і становлять понад 50% від усіх витрат на виробництво зерна, а в собівартості продукції витрати на обробку досягають 40% [11].

У зв'язку з цим необхідно продовжувати вдосконалення технологій та технічних засобів, зокрема, підвищення ефективності попередньої та первинної очистки свіжозібраного зерна, щоб забезпечити його своєчасну обробку та збереження.

Складні погодні умови під час збирання врожаю призводять до високої вологості та забрудненості зернової маси. При зміні гідротермічного коефіцієнта від 3,06 до 8,01 середньовагова (сезонна) вологість свіжозібраного зерна коливається в межах 18–27%, а засміченість становить 6–16%, залежно від регіону та умов року. Це призводить до збільшення обсягів робіт з післязбиральної обробки свіжозібраного зерна [13, 14].

Ринкові відносини передбачають, що зібраний врожай проходить післязбиральну обробку, включаючи прийом, попередню обробку, тимчасове зберігання, сушіння та етапи остаточного очищення та підготовки зернового матеріалу до подальшого використання. Умови недостатнього обладнання зерноочисними машинами через їх високу вартість створюють труднощі, особливо щодо своєчасної попередньої обробки свіжозібраного зерна, для його очищення від легких домішок, провітрювання, підсушування та забезпечення відносного збільшення термінів його тимчасового зберігання перед основним сушінням та очищенням. Застосовані для цих цілей металники зерна, такі як ЗМ-30, ЗМ-60 і МЗ-60, не забезпечують достатню ефективність обробки через метання зерна в повітря суцільним потоком і можливість травмування в зазорі між поверхнею нескінченного ременя та кільцевих виступів жолобкового натискного барабана.

Для підвищення ефективності фракційного розділення та очищення зерна можливе вдосконалення конструкції існуючого металника зерна та обґрунтування параметрів лопатевого металника. Це включає подачу та формування порцій зерна в осередках барабана, забезпечення умов спрямованого метання, ефективного розшарування та розділення зерна в повітрі згідно з аеродинамічними властивостями на важкі та середні фракції. Метання зерна порціями певної форми і маси на металнику забезпечить енергозберігаючий процес очищення зерна від легких і дрібних домішок, а також виділення частин довгих та коротких домішок (вівсянка, татарська гречка) у середню фракцію та важких домішок (галька) у велику фракцію. Це дозволить зменшити обсяг трієрного очищення в 2–2,5 рази [10].

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз тенденцій розвитку технологій та засобів обробки зернової продукції

Процеси від вирощеного зерна до отримання продукту є довгим та важким процесом, що охоплює технологічні лінії післязбиральної обробки зерна, його транспортування, прийому, зберігання, підготовки до зерноочисного відділення, переробки в борошно, виробництва хліба та інших продуктів харчування на зернопереробних і харчових підприємствах.

Коли припадає пізнє визрівання зерна та висока вологість ускладнюють процеси післязбиральної обробки, особливо через недостатню кількість техніки та пунктів обробки зерна. При повному обладнанні запланованої системи машин і застосуванні передових технологій на кожні 1000 гектарів зернових посівів потрібно від 30 до 40 працівників для оброблення зернової продукції, із цих чисел, відповідно 5 і 12 осіб здійснюють післязбиральну обробку зерна. Витрати на післязбиральну обробку зерна становлять близько 40% в собівартості та понад 50% витрат праці [4, 5, 9].

В Україні більшість зернового врожаю (понад 90% від валового збору) здається на пункти прийому зерна, де проводиться його обробка та зберігання до подальшої реалізації. Згідно з аналізом статистичних даних, кількість вологого і сирого свіжозібраного зерна становить у середньому приблизно 30% від обсягу заготівлі, а засміченість вище норм базових кондицій зерна складає у середньому приблизно 60% при його постачанні на хлібоприймальні пункти [1].

Важливим, та чи не основним завданням післязбиральної обробки зерна є запобігання втрат та покращення його якості. Зазначені втрати ще значні і виникають через недостатню обробку на ворохоочисниках, металниках зерна та неправильне зберігання. Для забезпечення стійкого стану зерна необхідно знизити вологість зернової маси до рівня нижче

критичного. Тому важливо провести своєчасну попередню обробку свіжозібраного зерна, забезпечити його очищення від рослинних і шкідливих домішок, охолодження і підсушування з використанням зерноочисних машин для інтенсифікації обробки зерна [6, 8, 12, 15]. Ефективна обробка сприятиме зниженню втрат і підвищенню ефективності фракційного розділення і очищення зерна.

Щодо напрямків розвитку післязбиральної обробки зерна в господарствах, виділяються дві тенденції: поточна обробка та поетапна обробка зерна.

Поточна обробка зерна здійснюється в зерноочисних агрегатах типу ЗАВ з продуктивністю 10, 20 і 40 тонн на годину, а також в зерноочисних сушильних комплексах типу КЗС-10 і 20 тонн на годину.

Наприклад, зерноочисне відділення комплексу КЗС-20 «Ш» включає завальну яму, автомобілепідйомник ГАП-2Ц, завантажувальну норію 2НПЗ-20, машину попереднього очищення ЗД-10000, повітряно-очисну машину ЗАВ 10.30.000, трієрний блок ЗАВ 10.90.000, централізовану аспіраційну систему ЗАВ 20.60.000, транспортер передавальний ЗАВ 10.50.000 АВ, транспортер відходів ЗІ 40.000, пульт управління, комплект зернопроводів, металеву арматуру. Усі машини і обладнання монтується на блоці бункерів, які в той же час виступають як несуча конструкція та контейнери для тимчасового зберігання оброблюваного матеріалу. Також можливі інші конфігурації ліній обробки зерна в ЗАВ продуктивністю 10, 20, 30 і 40 тонн на годину для попереднього, первинного та трієрного очищення зерна. Приблизно 30% від загальної кількості поточно-технологічних ліній обробки зерна в Україні мають різні варіанти ліній обробки зерна [5, 7, 10]. Однак, деякі з недоліків цих ліній включають відсутність фракційного поділу.

Аналіз результатів функціонування КЗС, ЗАВ і СОП в різних господарських зонах вказує на деякі причини неефективності поточно-технологічних ліній:

1. Недостатня інтенсивність попередньої обробки свіжозібраного зернового вороху.

2. Відсутність даних про фізико-механічні властивості зерна пшениці місцевих сортів і домішок для визначення набору решіт та пористих поверхонь, щоб забезпечити ефективність розділення і очищення зерна від домішок.

Поетапна технологія обробки зерна використовує самопересувні машини, такі як ОВП-20А, ОВС-25, ОС-4,5 і СМ-4,0 з продуктивністю відповідно 20, 25, 4,5 і 4,0 тонн на годину. Провітрювання та очищення свіжозібраного зернового вороху на відкритій площадці здійснюється самопересувними метальниками зерна, такими як ЗМ-30, ЗМ-60, МЗ-60.

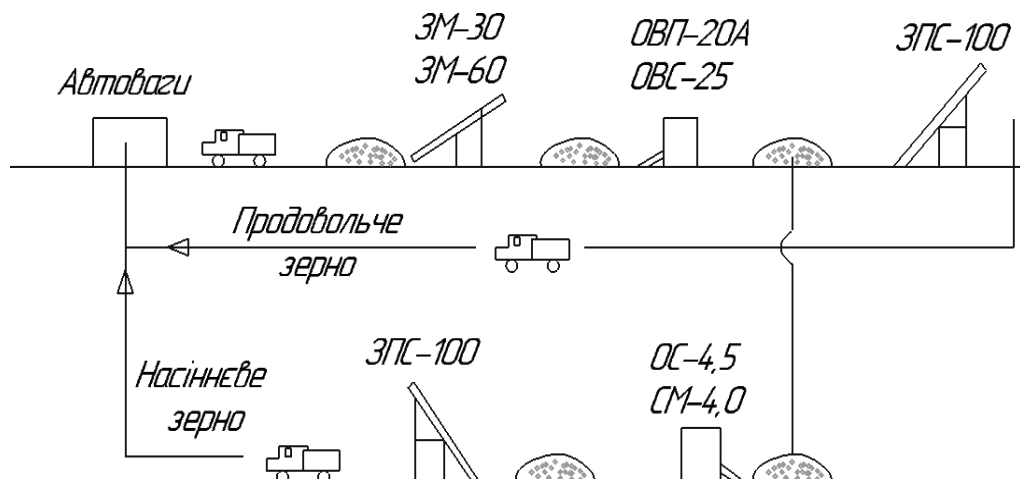


Рисунок 1.1 – Схема обробки зерна на відкритому майданчику

На даний момент близько 80% зернового матеріалу обробляється на відкритих майданчиках, що вимагає великої кількості вантажно-розвантажувальних робіт та періодичного перекладання для уникнення самозігрівання та псування. Тривале перебування зерна на току після обмолоту підвищує ймовірність втрат якості і енергії проростання насіння. Це особливо важливо для голозерних хлібних культур, таких як пшениця. Виявлено, що зберігання зернової маси на току більше 2 діб після обмолоту з вологістю 19–22% знижує енергію проростання насіння на 8–20%, а схожість – на 5–15%. Зберігання голозерних культур без обробки на току призводить до швидшого погіршення посівних якостей порівняно з плівчастими

культурами, такими як ячмінь чи овес, завдяки їхній більшій шпаруватості зернової маси, яка менше сприяє процесам самозгрівання [17].

Низька оснащеність сільськогосподарських підприємств машинами попереднього очищення та недостатня наявність засобів тимчасової консервації свіжозібраної зернової маси у несприятливі роки суттєво уповільнює процеси здійснення збирання, збільшує тривалість та призводить до біологічних втрат врожаю.

Це підкреслює важливість обґрунтування оптимальних процесів роботи високопродуктивних зернометальних машин. Такі машини дозволяють поєднувати операції попередньої очистки зернового вороху з його підсушкою, охолодженням і фракційним розділенням. Такий підхід до обробки зерна в одному технічному пристрої не лише економічно вигідний, але і дозволяє знизити енерговитрати на обробку зерна.

Отже, для зменшення втрат і підвищення якості зерна важливо забезпечити ефективність технологічного процесу розділення і очищення зерна за допомогою порціонного метальника зерна.

1.2 Аналіз машин для фракційного розділення та очистки зерна

Метальники, такі як стрічкові метальники з пористими і лопатевими барабанами, або метальники з одним робочим лопатевим барабаном, розроблені для оптимального розділення і очищення зерна під час метання (рис.1.1). Основною умовою їх ефективності є досконалість конструкції робочого органу, що включає в себе різні елементи для забезпечення правильного руху і сортування зерна.

Основні характеристики такого метальника:

1. Привідний барабан та лопатевий барабан: Вони забезпечують рух стрічкової транспортерної стрічки та обертання лопатевого барабана, необхідне для правильного метання зерна.

2. Транспортерна стрічка: Забезпечує подачу зерна через отвори лопатевого барабана для метання.

3. Бункер і заслінка: Зберігає зерно і регулює подачу в лопатевий барабан.

4. Шнековий живильник: Подає зерно до бункера через отвори лопатевого барабана.

5. Гумова накладка: Запобігає заповненню отворів зерном до відходу стрічки від лопатевого барабана.

Принцип роботи включає в себе моменти метання та відділення зерна від домішок за допомогою відцентрової сили, що виникає під час руху.

Застосування таких порційних зернометальників дозволяє покращити ефективність технологічного процесу розділення і очищення зерна, а також мінімізувати травмування зерна.

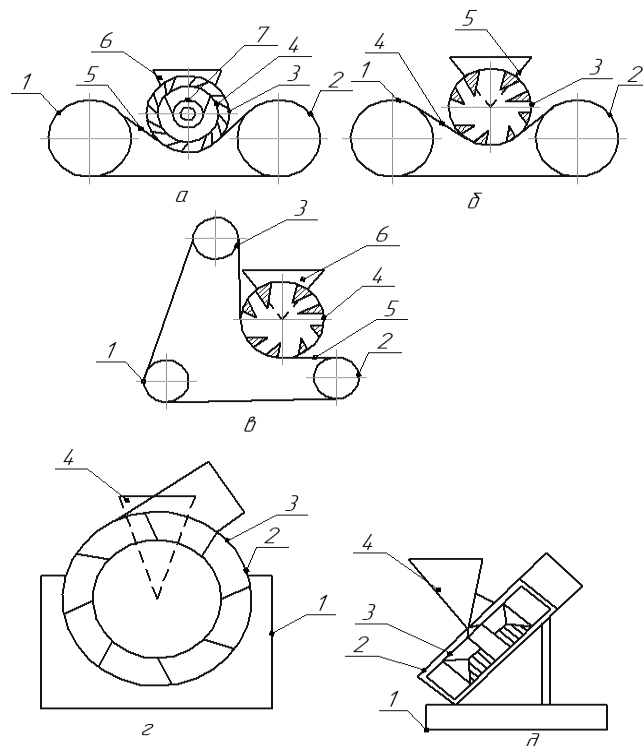


Рисунок 1.2 – Схеми порційних металників

Пропонований пристрій з лопатевим барабаном та стрічкою дійсно має деякі переваги, які покращують продуктивність та якість сортування зерна [15]. Основні характеристики та переваги пристрою:

1. Лопатевий барабан з наскрізними отворами: Використання лопатевого барабана з наскрізними отворами дозволяє викидати зерно порційно, що покращує якість сортування та уникнення травмування зерна.

2. Спрощена конструкція без лопатевого дозатора: Відсутність складного механізму лопатевого дозатора полегшує конструкцію пристрою, зменшуючи ймовірність поломок та підвищуючи надійність.

3. Чотирирядне розташування отворів лопатевого барабана: Збільшення кількості рядів отворів по всьому колу барабана та підвищення швидкості стрічки сприяє підвищенню продуктивності металника.

4. Відсутність лопаток, що перпендикулярно стрічці: Уникнення викидання зерна, яке не встигає дійти до стрічки, що дозволяє уникнути утворення широкого віяла матеріалу навколо металника.

Незважаючи на ці переваги, слід звернути увагу на недоліки, зокрема потенційні проблеми із викиданням частинки зерна, яке може не встигти дійти до стрічки при великій частоті обертання лопатевого барабана. Це може призводити до утворення широкого віяла матеріалу, що може бути значним недоліком. Для покращення пристрою може знадобитися додаткове регулювання частоти обертання або вдосконалення конструкції для оптимізації роботи.

Основні етапи його роботи можна узагальнити наступним чином:

1. Подача матеріалу: Зерновий матеріал подається з бункера в барабан за допомогою самопливу. Кількість матеріалу, що потрапляє в барабан, регулюється заслінкою.

2. Захоплення лопатками та укладання на стрічці: Лопатки барабана захоплюють зерновий матеріал і укладають його на стрічці в міру її руху.

3. Викидання порцій матеріалу: Під час обгинання стрічкою ведучого барабана порції матеріалу викидаються до горизонту під кутом, який рівний куту нахилу стрічки.

4. Поділ на фракції в повітрі: Порції матеріалу, що летять в повітрі, поділяються на окремі фракції за аеродинамічними властивостями. Насіння, як найважчі частинки, летять далі, а легкі домішки падають ближче від металника.

5. Попередній поділ порції на фракції в лопатевому барабані: Під час обертання лопатевого барабана відбувається попередній поділ порції на фракції за рахунок відцентрової сили. Важкі частки (насіння) розташовуються в нижній частині порції, а легкі у верхній.

6. Швидке осідання порції на стрічку:* Похилі лопатки сприяють швидкому осіданню порції зерна на стрічку, забезпечуючи тим самим, що вся порція встигає вкластися на стрічку.

Цей процес дозволяє високоефективно сортувати зерновий матеріал за ваговими та аеродинамічними властивостями, покращуючи якість та продуктивність обробки зерна.

Зернометальник з верхнім викидом представляє собою технічний пристрій для обробки та сортування зернового матеріалу. Основні компоненти включають провідний барабан, два ведені барабани, лопатевий барабан та несучу стрічку. Принцип роботи полягає в тому, що зерно, яке потрібно очистити, подається з бункера у центральний отвір лопатевого барабана. Лопаті розділяють зерно на порції та направляють його в канали, утворені взаємодією зі стрічкою. Під час обертання барабана порції зерна утворюють кишеньки, що призводить до їх викидання під певним кутом до горизонту при відході стрічки. Цей метод дозволяє покращити якість сортування та уникнути травмування зерна. Однак є потенційні напрямки для вдосконалення, зокрема, оптимізація кількості комірок та маси порції зерна для поліпшення продуктивності та якості обробки.

Конструктивно порційні металельники подібні до описаних лопатевих металельників, при цьому один з аспектів полягає у зменшенні вібрації після лопатевого барабана для першого випадку та найбільш повного заповнення міжлопатевого простору лопатного барабана матеріалом для другого випадку. У першому варіанті може виникнути проблема, коли частина зерна залишається на циліндричній поверхні і не потрапляє на стрічку, що може порушити процес порційного метання. У другому випадку важливо враховувати умови заповнення міжлопатевого простору, оскільки

несвоєчасне вивантаження порцій з комірки на стрічку може призвести до порушення процесу порційного метання та ненормальної роботи металника. Таким чином, важливо розглядати процес порційного метання в контексті умов заповнення комірки лопатевого барабана, враховуючи кількість та форму цих комірок, а також масу порцій в них.

Недоліком порційних ремінних металників є нерівномірність швидкості метання через прослизання частини зерна на ділянці підйому стрічки після натискного барабана, що ускладнює умови для ефективного розділення і очищення зерна.

Порційні металники із горизонтальною віссю обертання лопатевого барабана [9] включають раму, кожух з засобом завантаження і вивантаження, розташований всередині кожуха барабана з лопатями. Лопаті виготовлені з двох частин, з'єднаних між собою, і мають в поперечному перерізі відповідно клиноподібну і прямокутну форми, розташовані під різними кутами до радіусу барабана, а також бункер. Гнучкі клапани, закріплені до основи лопатей, виготовлені з легкого і міцного матеріалу, такого як капронова тканина. Барабан має кільцеві та ведучі диски, між якими закріплені лопаті, ведучий диск приєднаний до привідного вала, який, через клинопасову передачу, пов'язаний з валом електродвигуна. Барабан встановлено в равликоподібному корпусі з випускним патрубком. Між барабаном і циліндричною частиною корпусу існує зазор не більше 1 мм для проходження кінця клапанів, які закривають міжлопатеви́й простір. Корпус оснащений оглядовим люком, а бункер із заслінкою закріплені на рамі.

Принцип роботи металника такий: зерно із бункера потрапляє у лопатеви́й барабан, захоплюється лопатями і вводиться в комірку, під час відхилення барабана від циліндричної частини корпусу клапани відкриваються під дією відцентрової сили, дозволяючи порціям зерна виходити з комірок. У нижній частині патрубка клапан розкривається, і його кінець входить в зазор між корпусом і торцем наступної лопаті.

Порційний безремінний зернометальник із нахиленим обертовим барабаном

складається з рами, на якій закріплено кожух із завантажувальним та випускним обладнанням, що розташований всередині кожуха лопатевого барабана з рухомими і нерухомими лопатями, а також бункера.

Принцип роботи зернометальника полягає в тому, що зерно з бункера потрапляє всередину барабана на нерухому лопать. Проковзуючись по її поверхні, зерно переходить на рухому лопать. Під час вивантаження порція зерна зіскакує з рухомої лопаті, ковзаючи по її поверхні, і потрапляє на направляючу поверхню випускного патрубку, звідки відбувається його метання в повітря.

1.3 Мета та завдання досліджень

Мета роботи - підвищення ефективності фракціювання і очищення зерна на основі обґрунтування параметрів порційного метання матеріалу в повітряне середовище безремінним зернометальником.

Основні завдання дослідження:

- здійснити аналіз зернового матеріалу, машин та засобів для його очищення;
- експериментально здійснити перевірку результатів теоретичного дослідження: умови вивантаження порції зерна з комірок лопатевого барабана і закономірності руху і поділу зерна і домішок в повітря після метання;
- обґрунтувати раціональні параметри порційного безремінного лопатевого зернометальника;
- обґрунтувати параметри, що забезпечують підвищення ефективності розділення і очищення зерна на лабораторному порціонному безремінному метальнику;
- визначити ефективність використання розробленого порційного зернометальника в виробничих умовах;
- дослідити стан охорони праці;
- виконати розрахунок економічної ефективності.

Об'єкт дослідження – зерновий матеріал, який сортують та очищають порційним металником зерна.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технологічного процесу фракціювання та очищення зерна на зерновому металнику з якісними показниками кінцевого продукту.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Дослідження ефективності застосування зернометальників

Роботи багатьох вітчизняних та закордонних дослідників присвячені теоріям та ефективності використання зернометальників [4, 6, 7, 16]. За результатами цих робіт визначено, що зернометальники є ефективними та надійними машинами для післязбиральної обробки, фракційного розділення і очищення зернового матеріалу на пунктах післязбиральної обробки зерна (ПОЗ) в господарствах.

Зернометальники виконують обробку свіжозібраного зернового матеріалу, включаючи очищення, сортування, охолодження і підсушування. Це об'єднання операцій забезпечує зменшення засміченості на 14,54%, підвищення чистоти очищеного зерна з 81,6% до 96,14%, а також зниження вологості на 2,3% при початковій вологості 21,1%.

Дослідження також вказують на можливість підвищення термінів тимчасового зберігання зернового матеріалу внаслідок ефективного використання зернометальників. Застосування цих машин дозволяє здійснювати сортування та очищення зерна на рівні до 99,5%, знижувати вологість на 1,5-2,0%, і зменшувати температуру зігрітого матеріалу.

Дослідження також акцентують увагу на можливостях покращення ефективності роботи безремінних зернометальників та підкреслюють необхідність подальших досліджень технологічних процесів їхньої роботи, зокрема в контексті відльоту зерен під час поштучного метання.

У результаті проведених досліджень були визначені умови для підвищення ефективності розподілу та очищення зерна методом метання в повітряному середовищі при однаковій початковій швидкості та куті "кидка". Розроблено ряд ремінних лопатевих метальників, які були випробувані в лабораторних і виробничих умовах. Виявлено, що робота цих метальників значно ефективніша порівняно з існуючими виробничими зернометальниками, такими як ЗМ-60.

Однак виявлено недолік ремінного лопатевого металника, який полягає в тому, що він недостатньо забезпечує рівні умови при початковій швидкості відльоту частинок шару через вібрацію і ковзання зерна на підйомі після натискного лопатевого барабана. Для подальшого вдосконалення розроблені конструкції безремінних порційних металників з верхнім викидом зерна під кутом до горизонту.

Необхідно врахувати технологічний процес металника, що включає завантаження комірок – міжлопатевого та дискового простору барабана, формування порції зерна в комірці і його вивантаження з неї в направляючу поверхню розвантажувального патрубку, а також польот зерна в повітрі з урахуванням умов його розшарування та поділу при русі на висхідну та низхідну гілку траєкторії польоту.

Рух зерна при подачі в барабан метательника практично не досліджено, і важливо визначити швидкість зерна в попутному напрямку з барабаном при зустрічі (ударі). Це необхідно для забезпечення оптимальних умов розвантаження зерна з комірки або з поверхні лопаті.

Вивчення питань теорії польоту зерна в повітрі під кутом до горизонту залучило увагу численних дослідників, які використовували методи зовнішньої балістики для моделювання траєкторії польоту зерна у повітрі. Однак ці дослідження не охоплювали аналіз характеру і параметрів кидка зерна металником, тобто вони не розглядали умови розділення та очищення зерна на основі його аеродинамічних властивостей.

Метод зовнішньої балістики використовується для вивчення руху тіл у повітрі та визначення їх траєкторій під впливом сили тяжіння та опору повітря. Він застосовується для прогнозування траєкторій польоту різних об'єктів, включаючи зерно. Однак важливо зауважити, що цей метод не враховує внутрішніх процесів, які відбуваються під час кидка зерна металником, таких як його розділення, очищення та подальший рух.

Отже, дослідження аеродинамічних властивостей зерна та вивчення конкретних умов, які впливають на розділення та очищення зерна

метальником, потребують спеціалізованих методів та експериментальних підходів.

2.2 Неперервне переміщення продукту по сити розсіву

Сільськогосподарський матеріал направляється від приймального кінця ситового каналу до сходового визначається переважно двома факторами: підпором, який виникає внаслідок подачі нових порцій продукту в канал, і реакціями бічних стінок або гонків. Розсіювання сипкого продукту під час його відносного руху по сити знижує силу зчеплення частинок і сприяє урівноваженню товщини продукту по всій площині сита. Збільшення товщини сипкого продукту в приймальній частині каналу через неперервний прихід вихідної суміші зумовлює тиск на інші частини цього вантажу у напрямі до сходового кінця, де рух продукту не обмежується бічною стінкою. Цей тиск призводить до надання сипкому продукту певної додаткової швидкості, що змінює кругові траєкторії частинок на ситі, роблячи їх петлеподібними (рис. 2.1) [3]. Збільшення довжини сита при постійній кількості вихідної суміші, яка подається на нього за одиницю часу, підвищує опір подачі, що призводить до збільшення товщини сипкого продукту і зменшення швидкості подачі. При зростанні кількості вихідної суміші за одиницю часу одночасно збільшуються товщина сипкого продукту і швидкість подачі.

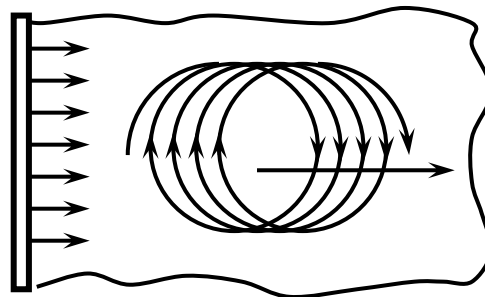


Рис. 2.1 - Рух частинок продукту в результаті підпору продукту, що надходить

Стінки каналів впливають на швидкість подачі та пояснюється

наступним чином, коли частка А продукту (рис. 2.2) рухається по ситах і натрапляє на стінку в точці А1, її подальший рух відбувається вздовж стінки. Якщо не було б тертя, частка ковзала б до точки А2'. Проте в реальності через тертя об стінку шлях частинки скорочується, і вона продовжує рухатися вздовж петлеподібної траєкторії з точки А2. Відкидання продукту від стінки порушує пошаровий рух і спричинює перемішування сипкої суміші, що викликає одночасну подачу. Поблизу протилежної стінки продукт отримує швидкість подачі в зворотному напрямку. Якщо стінки утворюють замкнений контур, подача продукту відбувається уздовж стінок у напрямі, протилежному руху сита.

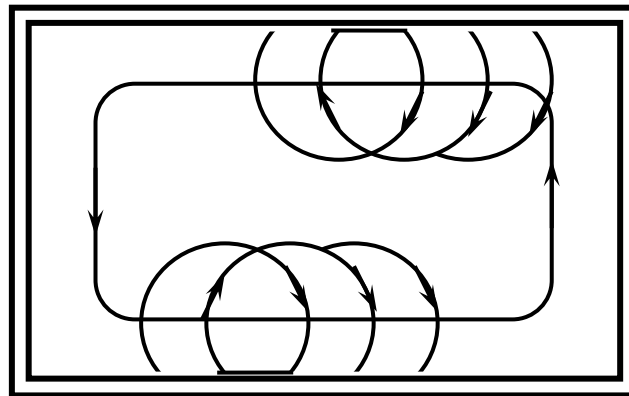


Рис. 2.2. Рух частинок продукту в результаті реакції стінок каналу.

У відкритому каналі з сходового кінця, де неперервно надходить вихідна суміш, підпір та реакції однієї з бічних стінок спрямовані в однаковому напрямі, що призводить до збільшення швидкості подачі. Реакції іншої бічної стінки працюють в протилежному напрямі до підпору, що призводить до зменшення швидкості подачі. Вплив бічних стінок залежить від довжини ситового каналу та його ширини: у вузьких і довгих каналах бічні стінки мають менший вплив, а підпір виявляє більший ефект. Навпаки, в широких і коротких каналах роль підпору визначальна, і вплив бічних стінок може бути збільшений за допомогою гонок (рис. 2.3).

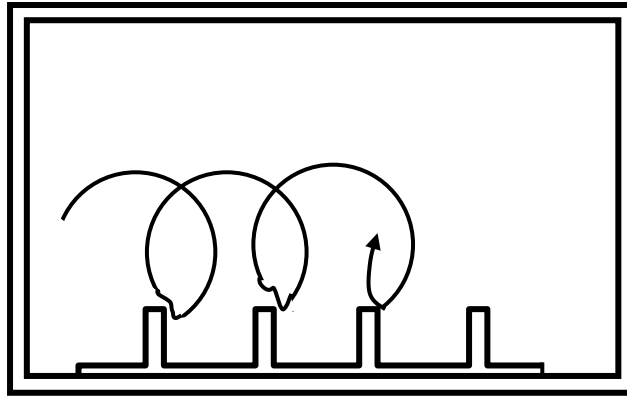


Рис. 2.3 - Рух частинок продукту за наявності гонків.

Величину кроку t вибирають від r_0 до $2r_0$ (де r_0 - середній радіус відносних траєкторій частинок), оскільки при $t > 2r_0$ величина і швидкість подачі значно зменшуються, а при $t < r_0$ використання ситової поверхні в зоні гонків стає малоефективним. Розмір h вибирають від r_0 до $1,5r_0$, оскільки при $h < r_0$ швидкість подачі знижується, а при $h > 1,5r_0$ збільшується час перебування частинок між гонками поблизу стінок.

Швидкість подачі суттєво впливає на ефективність роботи ситового каналу. Особливо важливо, щоб розподіл швидкостей подачі в поперечному перерізі був рівномірним, оскільки це забезпечує однаковий час перебування на ситі порцій продукту, що надходить у різні точки ситового каналу, і підвищує середній коефіцієнт виходу прохідової фракції. Рівномірність швидкостей подачі в поперечному перерізі ситового каналу збільшується зі зменшенням відношення довжини L каналу до його ширини B , особливо при відсутності гонків. Швидкість подачі зростає зі збільшенням ω і ρ розсіву і зі зменшенням коефіцієнтів опору зсуву шарів.

2.3 Пошаровий рух сипкого матеріалу по горизонтальному сити

Під час коливання сита з нанесеним на нього сипким продуктом відбувається розходження руху його шарів на різні відстані від верхньої межі. Це пояснюється тим, що при віддаленні від вільної поверхні сипкого продукту зв'язки між частинками ускладнюються, і опір їх відносному руху збільшується. Розглянемо сипкий продукт як сукупність нескінченного числа

шарів, рівних за масою dt , віднесеною до одиниці площі сита. При цьому коефіцієнти опору зсуву між двома суміжними шарами вважаються монотонно зростаючою функцією тиску частинки сипкого продукту, розташованої вище [3].

Якщо сито рухається горизонтально з достатньо великим прискоренням a (рис. 2.4,а), то на деякий шар dm всередині сипкого продукту з боку шару, що знаходиться вище і має меншу швидкість, діє сила $F = m \cdot g \cdot f$, спрямована проти прискорення. З іншого боку, від нижнього шару, що має більшу швидкість, діє сила $F + dF$, спрямована за прискоренням [16].

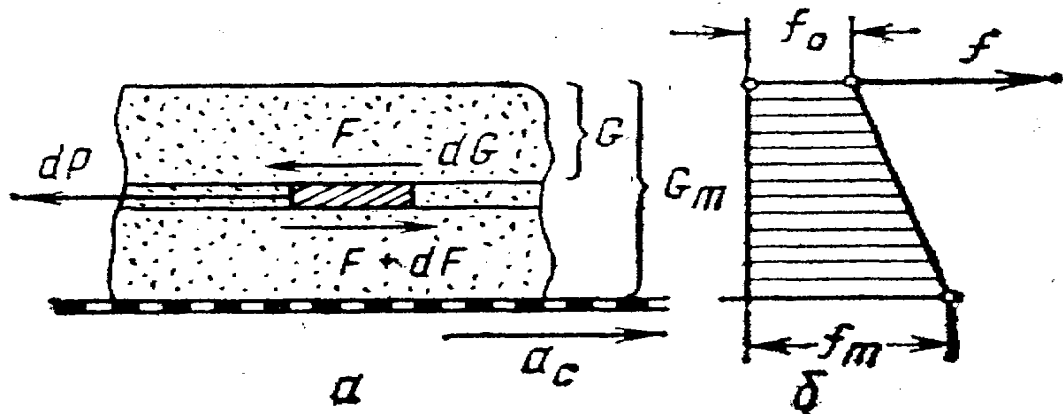


Рис. 2.4. Взаємодія шарів продукту:

а-схема сил, що діють на шар; б-графік коефіцієнтів опору зсуву шарів.

Згідно принципу Д'Аламбера, різниця цих сил зрівноважується силою інерції

$$dP = dm \cdot a, \quad (2.1)$$

де a - прискорення даного шару;

$$dm \cdot a = dF \quad (2.2)$$

або

$$a = \frac{dF}{dm} = f + m \frac{df}{dm}. \quad (2.3)$$

Оскільки f зі збільшенням m , тобто в міру переходу від верхніх шарів до нижчих, збільшується, то прискорення верхніх шарів буде менше, ніж нижчих.

Коефіцієнт опору зсуву шарів

$$f_{np} = f + m \frac{dF}{dm}. \quad (2.4)$$

Залежність f від m лінійна (рис. 2.5,б).

Положення даного шару в сипкому тілі зручно характеризувати безрозмірною координатою

$$j = \frac{m}{m_m}, \quad (2.5)$$

де m - тиск верхньої частини сипкого тіла;

m_m - тиск на сито ($j = 0$ для верхнього шару та $j = 1$ для нижнього шару).

Відповідно

$$\xi = \frac{f_m - f_o}{f_o}, \quad (2.6)$$

де f_o і f_m - коефіцієнти опору зрушенню відповідно верхнього і нижнього шарів, одержимо:

$$f = f_o(1 + \xi \cdot j); \quad (2.7)$$

$$f_{np} = f_o(1 + 2\xi \cdot j). \quad (2.8)$$

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальні принципи методики досліджень

У проведених дослідженнях об'єктом вивчення був технологічний процес пневмоінерційної сепарації зерна за допомогою порційного металника. З метою визначення можливості розділення компонентів зерна методом метання в повітряне середовище, було важливо виявити відмінності їх аеродинамічних властивостей.

Для виконання завдань досліджень використовувались стандартне обладнання, таке як розбірні дошки, пробовідбірники, дільник проб ДЗК-1, аналітичні ваги ВЛКТ-500, пневмокласифікатор К-293, мікроманометр ММН-240, трубка Піто та інше. Для аналізу проб застосовувалися стандартні методи визначення чистоти продовольчого і насінневого зерна, включаючи визначення кількості домішок, маси 1000 насіння, якості насінневого матеріалу та інші параметри.

Стандартні умови для продовольчого зерна включали базисні і обмежувальні вимоги до вмісту смітної і зернової домішки, об'ємної маси зерна пшениці. Результати експериментів також оброблялись з використанням статистичного методу для оцінки параметрів нормального розподілу.

Для визначення фізико-механічних властивостей насіння і їх домішок використовувався статистичний метод. Розміри і аеродинамічні властивості компонентів насінневого зерна визначались на лабораторних решітках та пневмокласифікаторі К-293.

Використовуючи описані методи та засоби вимірювань, дослідники вивчали параметри порційного безремінного металника та робили висновки щодо його ефективності в пневмоінерційній сепарації зерна в різних умовах, забезпечуючи підвищення ефективності розділення і очищення зерна.

Основні етапи включають:

1. Об'єднання фракцій насіння: Насіння, отримані з різних частин наважки вихідної суміші, об'єднуються повітряним потоком з однією і тією ж швидкістю.

2. Аналіз отриманих проб: Проводиться аналіз отриманих проб аналогічно аналізу фракцій, отриманих на лабораторних решетах. Довжина насіння та їх домішок визначається безпосереднім вимірюванням за допомогою мікроманометра.

3. Визначення характеристик по дальності польоту: Класовий проміжок при визначенні характеристик по дальності польоту вибирається рівним 1 м/с і 1 м. Проводиться ваговий та відсотковий аналіз фракцій насіння і їх домішок.

4. Методика для важко відокремлюваних домішок: Застосовується методика для визначення можливості якісної очистки зерна від важковідокремлюваних домішок за сукупністю ознак, таких як аеродинамічні властивості і розмір.

5. Кореляційна таблиця: Будується кореляційна таблиця насіння основної культури і бур'яну по дальності відльоту, товщині, розміру та масі.

6. Аналіз кореляційних даних: Визначаються можливості ефективного очищення насіння від важко відокремлюваних домішок за сукупністю ознак.

7. Визначення навантаження на машину: Проводиться для визначення навантаження на машину та розподілу оброблюваного матеріалу по фракціях при сталому режимі.

Ці етапи дозволяють здійснити комплексний аналіз якісних та кількісних параметрів насіння та домішок з використанням різних методів та засобів вимірювань.

Виходи різних фракцій за одиницю часу (г) визначають згідно формули:

$$Q_i = \frac{0,06g_i}{t}, \quad (3.1)$$

Надалі здійснюють визначення навантаження на машину Q_0 (т/год).

Повноту відділення домішки E (%) згідно формули:

$$E = \frac{B}{A} 100 - a, \quad (3.2)$$

де A – значення кількості домішки у сільськогосподарському матеріалі, %;

B – виділені домішки, %;

a – повноцінне зерно у відходах до маси відходів, % .

Повнота виділення зазначених домішок на тому чи іншому робочому органі визначалося за формулою:

$$E = \left(1 - \frac{a}{a_0} \cdot \frac{B}{100} \right), \quad (3.3)$$

Значення втрат повноцінного зерна у відходи визначають згідно формули:

$$\Pi = \frac{100g_{co}}{Q_c}, \quad (3.4)$$

Надходження зерна за одиницю часу визначають згідно формули:

$$Q_c = Q \cdot \epsilon_o, \quad (3.5)$$

Винос зерна за одиницю часу у відходи визначається згідно формули:

$$g_{co} = Q_2 \cdot \epsilon_2, \quad (3.6)$$

3.2 Характеристика досліджуваної установки порційного зернометальника

Структура експериментальної установки порційного лопатевого зернометальника (рисунки 2.1 та 2.2) включає в себе раму (1), на якій закріплено кожух (2) із вихідним патрубком та кришкою (3), лопатевий

барабан (4) всередині кожуха, бункер зерна із заслінкою (5), привідний вал (6), клинопасову передачу (7), пристрій для зміни опору (8), електродвигун постійного струму, закріплений на рамі (9), та електронний діагностичний прилад (ЕМДП) (10) для реєстрації частоти обертання барабана. Датчик обертання барабана встановлено навпроти отвору в шківі вала барабана (рис. 3.1). Лопатевий барабан (4) складається з ведучих та кільцевих дисків, розташованих між рухомими лопатями. Наклон лопатей змінюється від зони завантаження, де він більший за 90° , до зони вивантаження, де він менший за 90° .

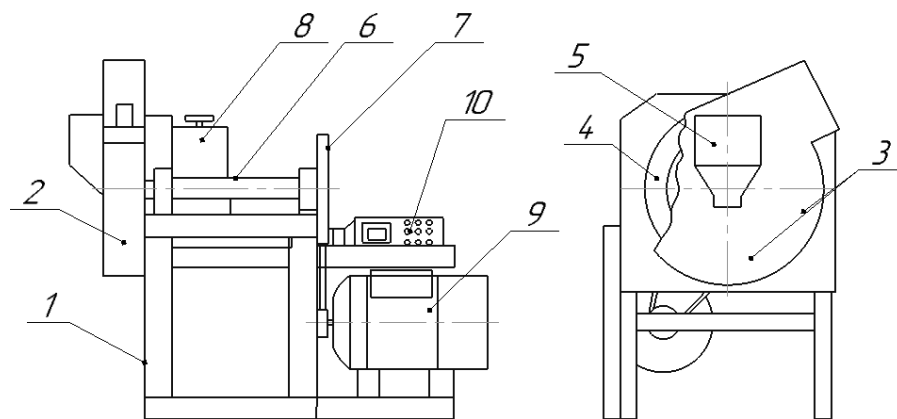


Рисунок 3.1 – Схема експериментальної установки

1 – рама; 2 – кожух; 3 – кришка кожуха; 4 – барабан лопатей; 5 – бункер; 6 – вал; 7 – клинопасова передача; 8 – прилад для вимірювання напруги; 9 – електродвигун постійної напруги; 10 – електронний діагностичний прилад.

Робота порційного зернометальника описується наступним чином. Матеріал із бункера (5) подається в лопатевий барабан (4) через нахилений матеріалопровід (під кутом 45°), потрапляє в барабан справа від вала, виходить через отвір і, рухаючись вільним падінням, захоплюється лопатями і направляється в комірки між лопатями та дисками. Об'єм матеріалу, що потрапляє в барабан, регулюється заслінкою. При обертанні барабана (4) і відступі лопатей від циліндричної напрямної обойми кожуха (2) в зоні вихідного отвору лопаті повертаються, і порція зерна випадає з комірки на направляючу поверхню вихідного патрубку. Під дією відцентрової сили ця

порція викидається в повітря в напрямку метання. Під час вивантаження основна частина порції переходить на дотичну направляючу поверхню, а інша частина повинна випасти з комірки, ковзаючи по задній стінці поза основною, не відриваючись від неї. У польоті порція зерна розширюється і розділяється на окремі фракції за аеродинамічними властивостями. Такий метод дозволяє отримати різні фракції, такі як основна фракція зерна, зерна середньої фракції з довгими і короткими домішками, включаючи вівсюгу і татарську гречку. Можливість перекривання траєкторій польоту компонентів зерна визначається на основі аналізу проб, відібраних з комірок полігону розподілу матеріалу при метанні. Установа дозволяє регулювати подачу матеріалу, швидкість метання, кут нахилу лопатей та кількість лопатей для досягнення оптимальних умов експерименту.

Загальний вигляд експериментальної установки приведений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд експериментальної установки

Щоб визначити якісні характеристики поділу зернової суміші, використовується виготовлений пористий уловлювач часток, який встановлений на ділянці полігону для метання або розкиду зерен (рис. 3.3).

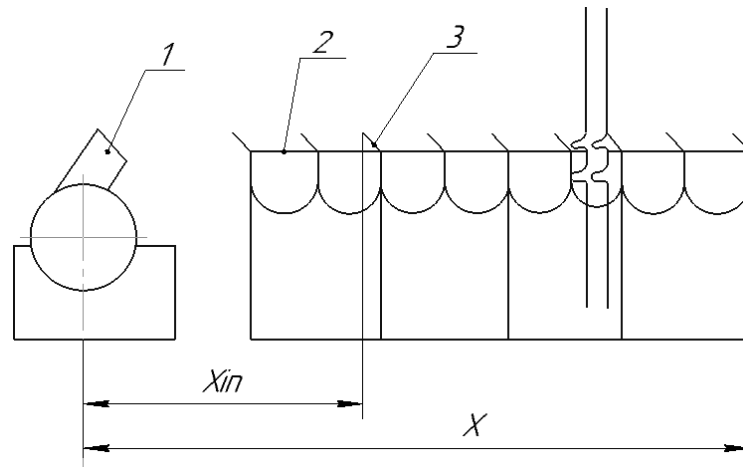


Рисунок 3.3 – Полігон для уловлювання частинок при метанні зерна. Комірки (2) утворюються між козирками (3), встановленими під кутом 45° до горизонту для того, щоб не порушити умови ефективності його поділу та очищення від домішок. Дальність метання визначається координатою X , а розташування кожної комірки – за координатами її кромки. Відстані між козирками кожної комірки однакові і прийняті при лабораторних $0,1$ м і $0,3 - 0,5$ м при виробничих дослідженнях. Вміст домішок в кожній порції зерна в комірках визначається за загальною методикою.

3.3 Дослідження траєкторії польоту зернового матеріалу метанням його у повітря

Вивчення руху зерна по сепарувальним робочим органам і аналізу траєкторій його польоту в повітрі широко використовується метод швидкісної кінозйомки. Для визначення траєкторії польоту зерна використовувалось метання його в повітря під кутом 45° до горизонту, здійснене за допомогою спеціального пристрою (рис. 3.4). Проведення швидкісної кінозйомки здійснювалось в секторах шириною 1 м. Початкова швидкість метання зерна визначалася шляхом дешифрування результатів швидкісної зйомки в момент вильоту зерна із стовбура металника. Зазначена швидкість визначалася як відношення пройденого зерном шляху до часу між фіксаціями.

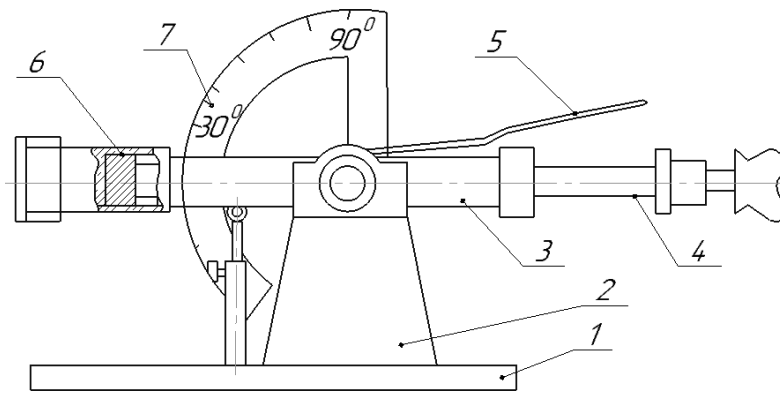


Рисунок 3.4 – Схема пристрою для поштучного метання

На рисунку 3.4 представлено пристрій для поштучного метання зерна, складений з таких елементів, як основа 1, стійки 2, направляючий стовбур 3, затвор 4 із фіксатором 5 та головкою 6, кутомір 7 для встановлення направляючого стовбура під конкретним кутом до горизонту. У пристрої є поршень із коміркою для зберігання зерна для метання, який закріплений на затворі. Затвор обладнаний пружиною для взводу і важелем для фіксації у зведеному стані та запуску. Поверхня комірки має невеликий конус, що розширюється до виходу, щоб уникнути тертя зерна з поверхнею під час вильоту.

На рисунках 3.5 (а, б) відображено пристрій для поштучного метання зерна.

Зазначений пристрій для поштучного метання дозволяє налаштовувати кут метання і змінювати дальність відльоту зернівки в межах 2-20 м шляхом регулювання ходу поршня та заміни пружини затвора.

Стовбур встановлено на осі станини та може обертатися у вертикальній площині. Положення стовбура визначається кутоміром і фіксується гвинтом. Затвор у зведеному стані стискає пружину. Запуск затвору під дією пружини призводить до викиду зерна в напрямку каналу стовбура.

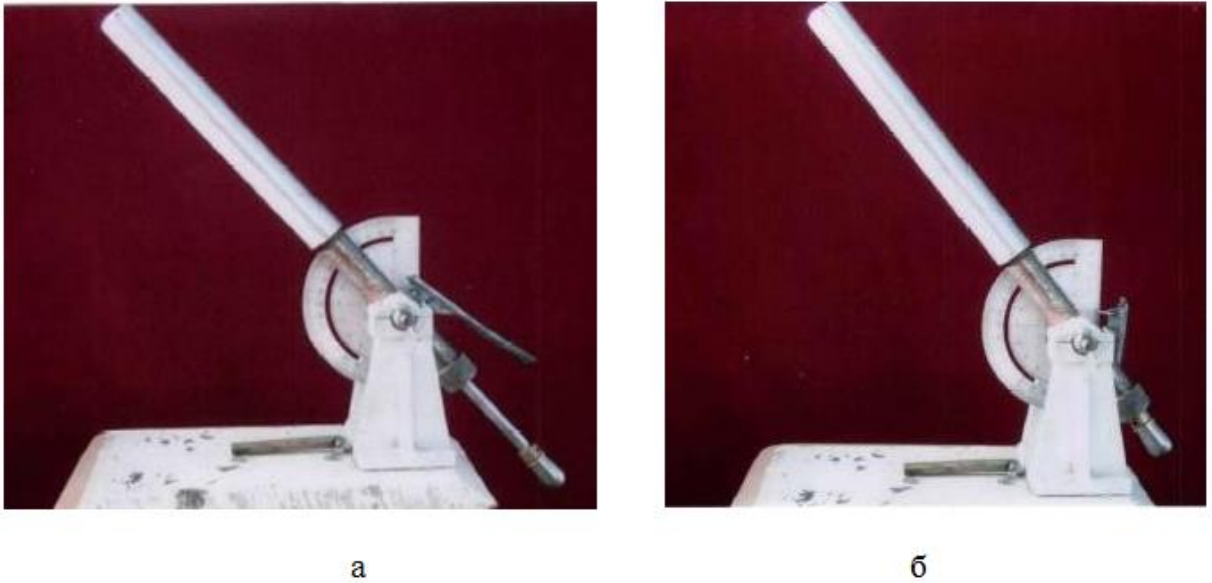


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд пристрою для метання зерна

Експериментальними дослідженнями будуть визначені розподілення насіння основної культури і вівсюга по дальності відльоту при початковій швидкості метання 10 і 15 м/с і обґрунтована початкова швидкість метання зерна, маса порції зерна (форма і висота порції), кут нахилу лопаті і відстань між лопатями (комірками) або кількість лопатей.

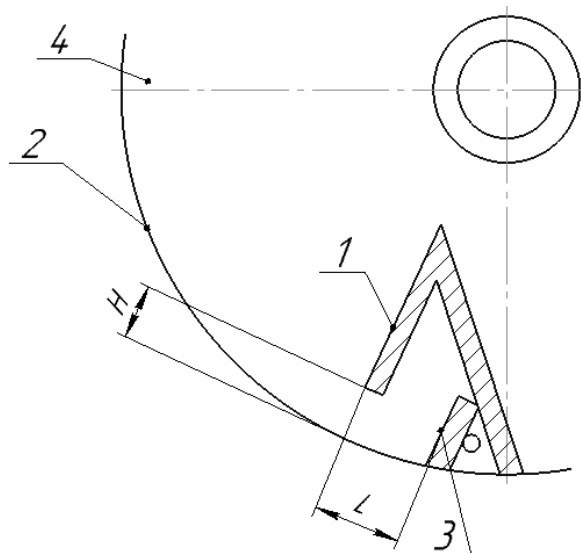


Рисунок 3.6 – Положення лопатей в зоні завантаження комірки барабана 1 – нерухома лопать; 2 – обичайка металника; 3 – рухлива лопать; 4 – диск барабана.

Аналіз фактичного розподілу насіння та домішок за дальністю відльоту

буде виконуватися порівняно з теоретичним розподілом. Це дасть змогу, передусім, оцінити достовірність результатів теоретичних досліджень та ефективність розділення та очищення зерна на безремінному метальнику порівняно з існуючими метальниками.

Травмування зерна переважно залежить від початкової швидкості метання [3]. Таким чином, раціональне значення початкової швидкості метання зерна обґрунтоване аналізом травмування насіння. Початкова швидкість метання зерна буде змінюватися в межах від 8 до 16 м/с з кроком 2 м/с. Частота обертання барабана діаметром 0,5 м, що забезпечує початкову швидкість метання 8 м/с, становить 306 об/хв, 10 – 382, 12 – 458, 14 – 534, 16 – 610. Кут метання прийнято рівним 45° .

Чіткість вивантаження зерна з комірки барабана (з передньої поверхні лопаті) на направляючу поверхню випускного патрубку та ефективність розділення зерна обумовлені висотою (товщиною) порції. Висота порції зерна в зоні завантаження комірки визначається зазором Н між торцем нерухомої лопаті (1) та обичайкою (2) циліндричної поверхні (рисунок 3.10). Формування порції зерна в осередку барабанів здійснюється наступним чином. Зерно з бункера через матеріалопровід надходить в барабан, де його захоплює нерухома лопать (1). Під дією відцентрової сили і подолання сили тертя об несучу поверхню, зерно зсувається з лопаті і потрапляє через зазор Н на рухому лопаті (3) (задню стінку комірки). Зміну довжини L порції зерна виконують переміщенням нерухомої лопаті (1) на диску барабана (4) відносно нерухомої лопаті (3) (рисунок 3.6). Для визначення оптимального значення висоти порції зерна змінювали вказаний зазор в межах від 20 до 70 мм із кроком 10 мм. Рекомендоване значення висоти порції зерна буде визначено на основі аналізу зміни ефективності поділу зернового матеріалу.

У ході проведення досліджень маса порції, яка має продовгувату форму при обґрунтованій висоті та регульована заслінкою, буде змінюватися в межах від 0,1 до 0,5 кг з кроком 0,1 кг. Раціональне значення маси порції зерна визначається на підставі аналізу ефективності поділу та продуктивності

зернометальника. Чіткість вивантаження порції зерна з комірки барабана при певній окружній швидкості залежить від кута нахилу лопаті (задньої стінки комірки). Кут нахилу лопатей буде змінюватися в межах від 50 до 75° з кроком 7°30'. Раціональне значення кута нахилу лопаті визначається шляхом аналізу характеру зміни ефективності поділу зерна. Для визначення оптимального значення частоти порцій встановлювали 2, 4, 6, 8, 12 лопатей в барабані.

Продуктивність визначають згідно формули:

$$G = \Delta \cdot \rho \cdot x \cdot n \cdot k, \text{ кг/с} \quad (3.7)$$

k – значення коефіцієнта використання місткості комірки;

x – значення кількості комірок у барабані, шт;

n – значення частоти обертання барабана, об/с.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Дослідження структури шару у момент початкового вильоту згідно траєкторії польоту зернових компонентів при метанні їх у повітря

У порційних металниках перед викидом зерна в повітря відбувається попереднє розділення зернового матеріалу за дією відцентрових сил, що виникають під час завантаження комірок в барабан до моменту вильоту порції (рис. 4.1), представлені схеми розташування компонентів зернової суміші в шарі та порції на початку викиду в повітря, які були розроблені на основі аналізу знімків шару із відзначеними легкими зернами в зерновому шарі.

Порівняно з метанням зерна суцільним потоком за допомогою існуючих ремінних металників (рисунок 4.1 а), розшарування матеріалу на поверхні стрічки відсутнє, як видно зі структури шару I. Це призводить до неефективних процесів розшарування і поділу зерна в повітрі. У структурі шару II, отриманого при метанні з використанням лопатевого ремінного металника (рисунок 4.1 б) або порційного безремінного металника з нижнім викидом (рисунок 4.2 в), розшаровані легкі частинки, включаючи вівсюг, розташовані у верхній частині шару. Під час поділу в повітрі їх траєкторії перетинаються з потоком основного зерна, а легкі домішки опускаються. Це вимагає значного інтервалу між порціями для того, щоб домішки могли пройти через основний потік, що, в свою чергу, зроблює процес розділення та очищення зерна менш ефективним. Викид порції зерна з металника в верхній частині (рисунок 4.1 г; структура III) розміщує розшаровані в комірках легкі домішки, включаючи вівсюг, в нижній частині шару. Це означає, що вони знаходяться на тій стороні, куди відбувається відхилення їх траєкторій під час поділу і очищення зерна. Таким чином, остання схема порційного метання забезпечує ефективний розподіл та очищення зерна на безремінному металнику.

На рисунку 4.2 представлені траєкторії польоту насіння пшениці і вівсюга, які були отримані експериментально та розрахунковим шляхами.

Зона руху основного зерна обмежена траєкторіями 1-1 їх польоту в повітрі при максимальній дальності відльоту та мінімальній - X_{max} при $V_0 = 10$ м/с і $\alpha_0 = 45^\circ$. При цьому зона руху легких, коротких (татарська гречка) та довгих (вівсюг) домішок обмежена між траєкторіями 2-2. Однак межі між зернами важкої та середньої фракції важко встановити зйомкою. Можна умовно показати ці межі за допомогою траєкторії 1, аналізуючи матеріали їх поділу в прийомні комірки на полігоні метання.

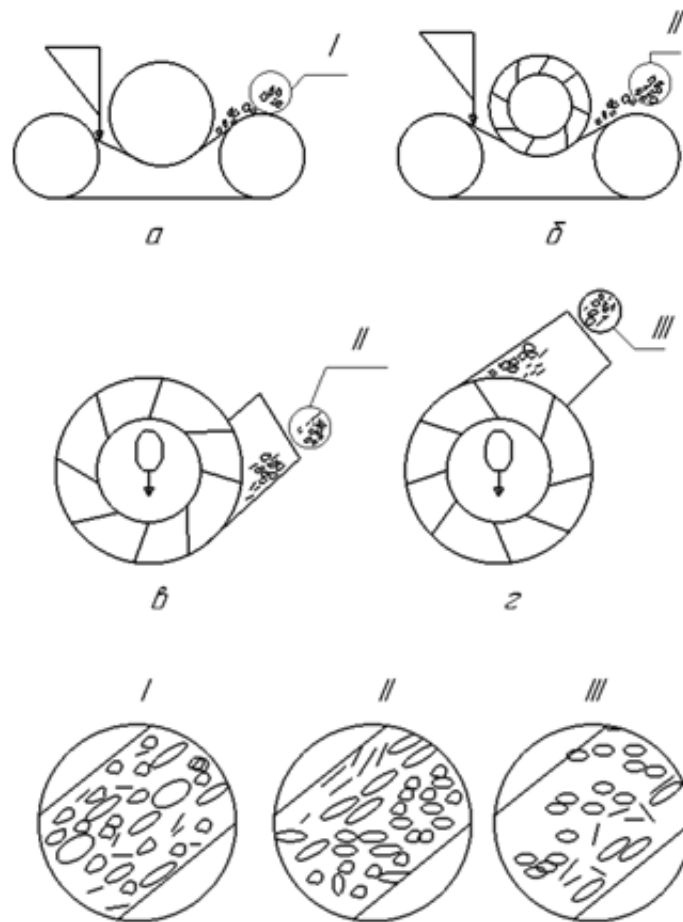


Рисунок 4.1 – Схеми розташування компонентів зерна у шарі в момент вильоту з металника:

а – металник із суцільним потоком; б – порційний ремінний; в – порційний металник з нижнім викидом зерна; г – порційний лопатевий металник з верхнім викидом.

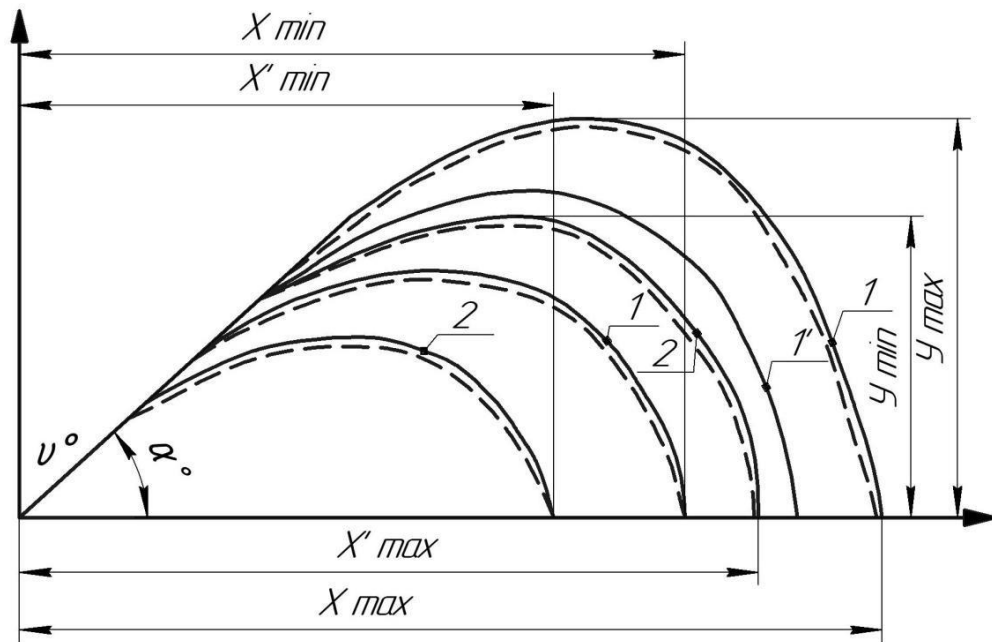


Рисунок 4.2 – Траєкторія польоту 1 – пшениця; 2 – вівсюг.
 — дослідна траєкторія; - - - розрахункова траєкторія.

Виявлені невеликі розбіжності у траєкторіях польотів пшениці і вівсюга, отриманими в ході експерименту та розрахунків, свідчать про те, що закономірності руху зерна, вивчені теоретично, підтверджуються результатами експерименту.

4.2 Дослідження впливу початкових швидкостей при метанні зернового матеріалу на якісні показники при поділі

Показники початкової швидкості метання відіграє важливу роль у розподілі компонентів зернової суміші на полігоні та впливає на травмування оброблюваного матеріалу. На рисунках 4.3 а та б представлено розподіл зерна пшениці і вівсюга на полігоні метання при різних значеннях початкової швидкості метання (V).

Згідно аналізу варіаційних кривих розподілу зерен та вівсюга при $V = 10$ м/с (рисунок 4.3 а) і $V = 15$ м/с (рисунок 4.3 б) вказує на те, що при $V = 15$ м/с площа перекритої ділянки кривих менше, це свідчить про те, що вища початкова швидкість метання призводить до зменшення ефективності розділення зерна.

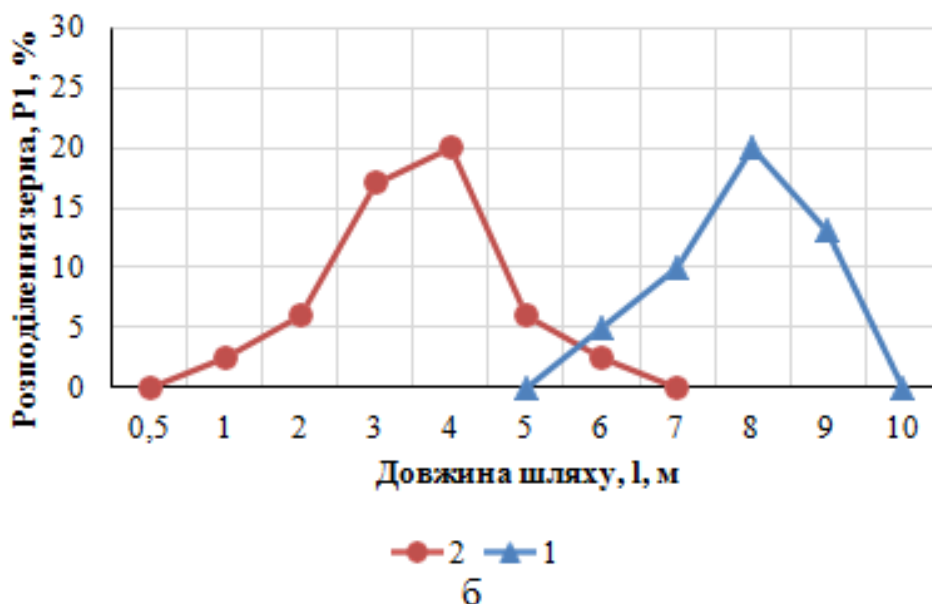
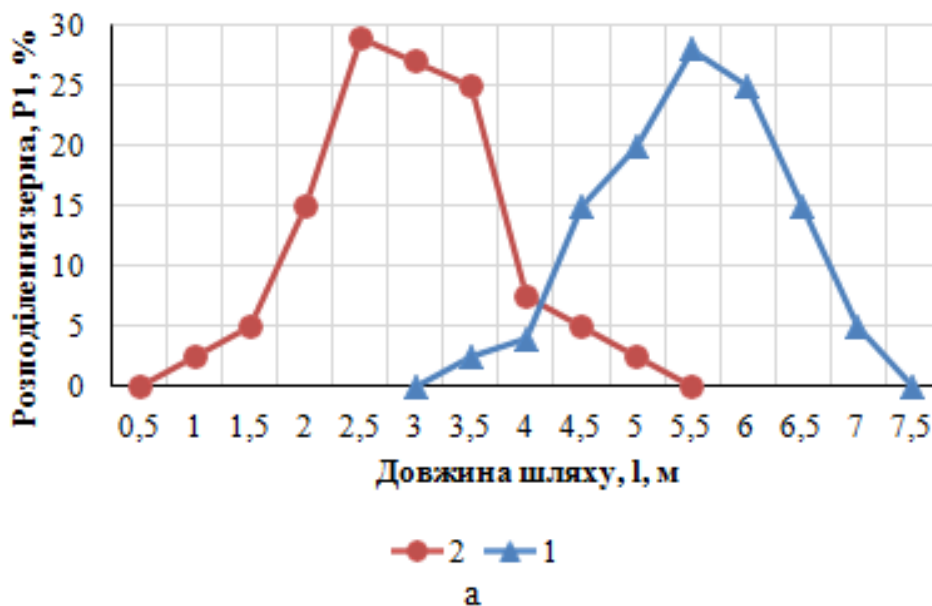


Рисунок 4.3 – Розподіл насіння пшениці (1) і вівсюга (2) на полігоні метання а – при початковій швидкості метання 10 м/с; б – 15 м/с.

При початковій швидкості метання 10 м/с виділяється 56% вихідного матеріалу у вигляді фракції очищеного зерна (рисунок 4.3 а). При збільшенні початкової швидкості метання до 15 м/с вихід очищеного зерна становить 65% від вихідного матеріалу (рисунок 4.3 б). Таким чином, із зростанням початкової швидкості метання підвищується ефективність розділення зерна та вихід чистого матеріалу.

Однак з іншого боку, із збільшенням початкової швидкості метання

зерна зростає його травмування. Травмування насіннєвого зерна починає з'являтися при початковій швидкості метання більше 12 м/с, що залишається в межах агротехнічних вимог (0,5%). Травмування продовольчого зерна залишається в допустимих межах (до 0,7%) при швидкості 12 м/с.

Отже, можна стверджувати, що для насіннєвого зерна рекомендована початкова швидкість метання 10 м/с, а для продовольчого зерна – 12 м/с.

4.3 Результати досліджень ефективності поділу зернової суміші у комірці барабана метальника

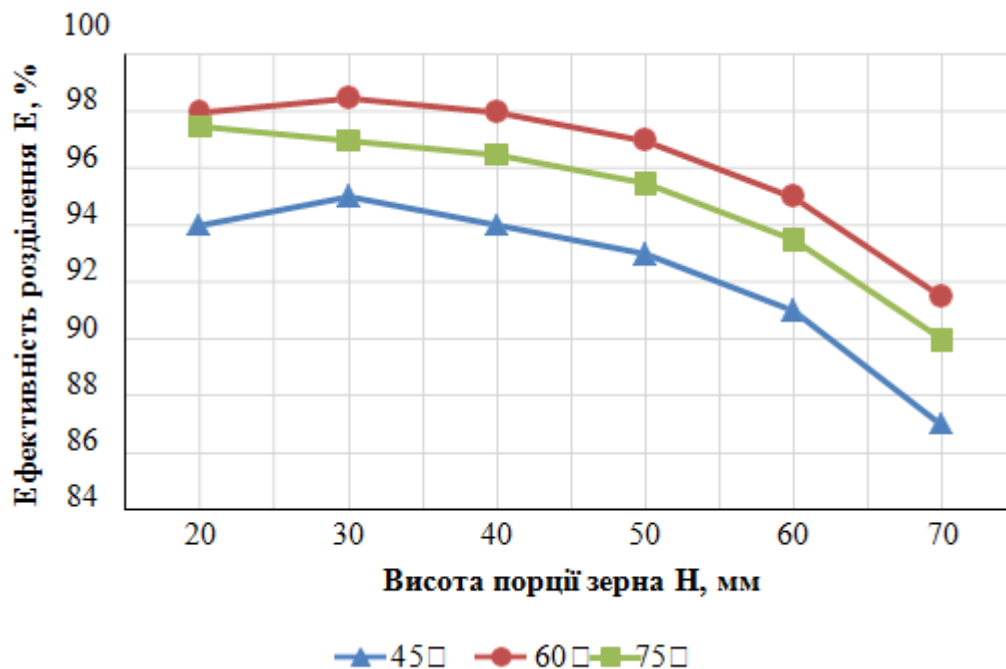


Рисунок 4.4 – Залежність ефективності поділу зерна від висоти порції
1 – при куті нахилу лопаті 45°; 2 – 60°; 3 – 75°

Показники ефективності розділення зернової суміші (рис.4.4) при метанні в повітря залежить від кількох важливих факторів, включаючи чіткість вивантаження порції зерна з комірки барабана на направляючу поверхню випускного патрубку та ефективність процесу розшарування матеріалу на початку траєкторії польоту. Ці параметри взаємодіють і можуть визначати якість розділення та очищення зерна.

1. Висота порції зерна (товщина): З інформації вище випливає, що зі збільшенням висоти порції зерна ефективність його поділу зменшується.

Однак важливо також враховувати продуктивність зернометальника, яка також залежить від цього параметра. З обґрунтування можна визначити оптимальну товщину порції зерна - 50 мм.

2. Кут нахилу лопаті: Дослідження показує, що максимальна ефективність розділення зерна досягається при куті нахилу лопаті, рівному 60° . Зменшення цього кута може призвести до погіршення ефективності розділення через ущільнення матеріалу.

3. Маса порції зерна: Обґрунтуванням визначено, що маса порції зерна в діапазоні 0,3-0,4 кг забезпечує достатню ефективність очищення. Важливо узгоджувати масу порції зерна з параметрами системи для досягнення оптимального розділення та ефективності.

4. Початкова швидкість метання: У розглядуваному випадку вибрані різні швидкості метання для насінневого і продовольчого зерна (відповідно, 10 м/с і 12 м/с). Це може впливати на ефективність розділення та травмування зерна.

Отже, оптимальні параметри порційного метальника визначаються комплексом факторів, і їх обґрунтування дозволяє підібрати такі значення, які забезпечують найвищу ефективність розділення та очищення зерна на полігоні метання.

4.4 Результати досліджень ефективності поділу зернової суміші в залежності від маси порції, кута нахилу та кількості лопатей у барабані зернометальника

Зміна кута нахилу лопатей барабана зернометальника виявляє значний вплив на процес вивантаження порції зерна з комірки в бік направляючої випускного патрубку кожуха, а також на ефективність розділення та очищення зернового матеріалу. Залежності ефективності розділення зерна від кута нахилу лопатей представлені на рисунку 4.6.

Виявлено, що метальник із 4 лопатями виявляє вищу ефективність поділу зерна, ніж метальник із 8 лопатями. При збільшенні кута нахилу

лопатеї різниця в ефективності при зазначеній кількості лопатеї зменшується. Практично при куті нахилу лопатеї 60° не спостерігається суттєвих змін в якості розділення зерна. Максимальне значення ефективності поділу зерна досягається при куті нахилу рухомої лопаті в зоні вивантаження 60° , а зменшення цього кута пов'язане з труднощами в конструкції та порушенням нормального процесу вивантаження.

Ефективність поділу зерна при куті нахилу лопаті 60° пояснюється тим, що при цьому куті забезпечується більш чітке вивантаження порції зерна на направляючу поверхню випускного патрубку. Теоретичні дослідження процесу вивантаження матеріалу з комірці барабана підтверджують, що при куті нахилу лопаті 45° відбувається часткове розпушення порції зерна лопаттю в зоні вивантаження, а при куті нахилу лопаті 75° частина порції зерна не встигає зійти з задньої стінки комірки на направляючу поверхню випускного патрубку. Такі умови призводять до порушення цілісності метання зерна і зменшення його ефективності розділення.

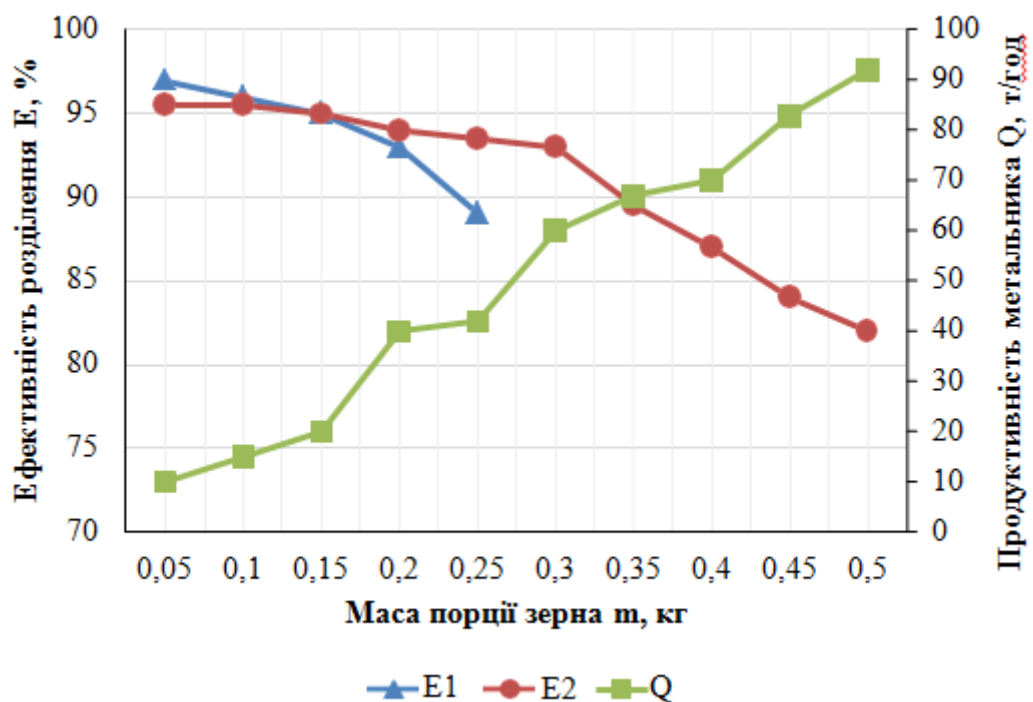


Рисунок 4.5 – Залежність ефективності поділу зерна і продуктивності металника від маси порції

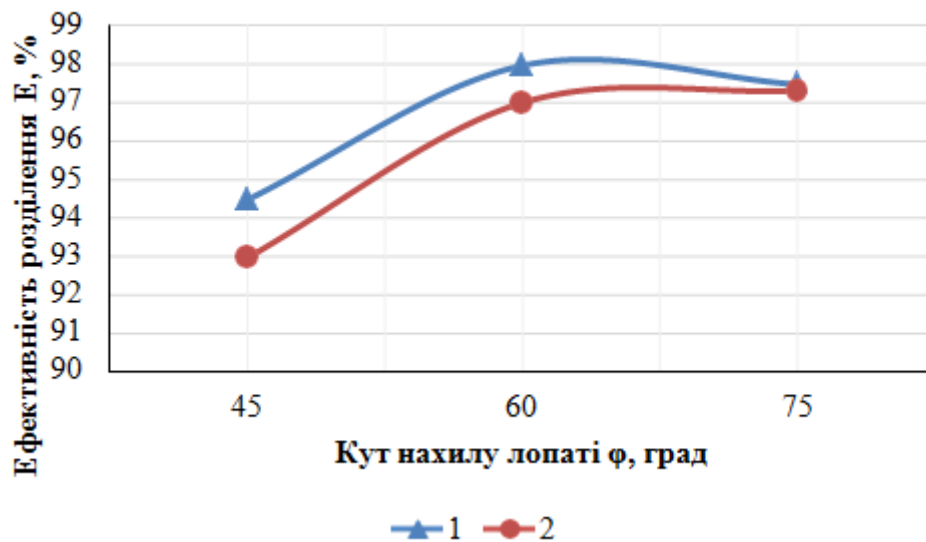


Рисунок 4.6 – Залежність ефективності поділу зерна від кута нахилу лопаті 1 – при кількості лопатей 4 шт; 2 – 8 шт.

Отже, експериментальні дослідження підтверджують висновки теоретичного дослідження, які стосуються закономірностей вивантаження порцій зерна з комірки барабана. При кількості лопатей в барабані, що перевищує 8, спостерігається значне зниження ефективності розділення зерна (див. рисунок 4.7): інтервал між порціями скорочується, і виникають умови "підштовхування" домішок основним потоком зерна.

З іншого боку, зі збільшенням кількості лопатей при фіксованій масі порції зерна зростає продуктивність металника (див. рисунок 4.7). Ми приймаємо, що кількість лопатей в барабані становить 8, і при цьому відстань між робочими (рухомими) лопатями становить 0,2 м, а частота метання складає 5 порцій на 1 м при достатньому інтервалі (приблизно 0,1 м) між порціями.

Отже, результати досліджень обґрунтовують параметри порційного метання зерна на безремінному металнику: початкова швидкість метання зерна в діапазоні 10–12 м/с, висота і маса порції зерна відповідно 50 мм і 0,3–0,4 кг, кут нахилу лопатей 60–65°, кількість лопатей в барабані – 8.

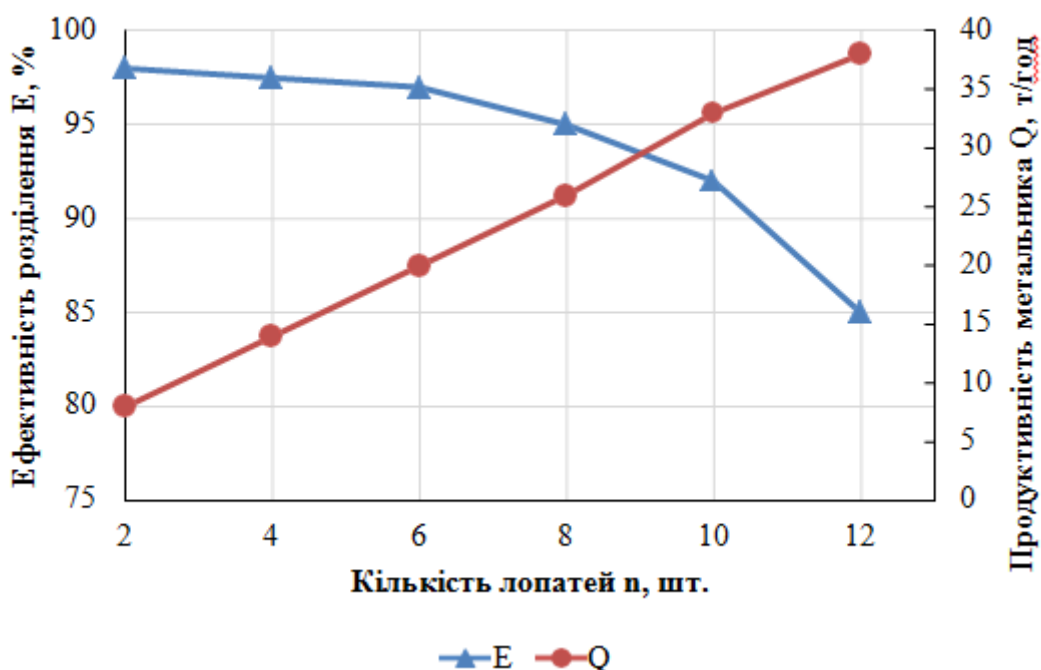


Рисунок 4.7 – Залежність ефективності поділу зерна і продуктивності метальника від кількості лопатей

4.5 Результати досліджень поділу зернових мас у метальнику

Результати лабораторних досліджень, представлені на рисунку 4.8, вказують на те, що більш важкі та виконані (добротні) зерна мають даліше відлітати під час метання, ніж менш якісні зерна, такі як вівсюг. Це пояснюється тим, що важчі зерна мають більше інерційних сил та легше подолають опір повітря.

На основі цих даних можна визначити раціональні параметри порційного зернометальника для ефективного поділу зернової суміші на фракції. Аналіз варіаційних кривих дозволяє визначити граничні параметри і визначити, які фракції виокремлюються. Це є важливим для розробки технології подальшої обробки та використання отриманих фракцій.

Важливою частиною досліджень є також порівняння роботи безремінного порційного метальника зі звичайним метальником. Це вказує на можливість поліпшення ефективності поділу зернової суміші за допомогою нового обладнання.

Таким чином, результати експериментів обґрунтовують параметри порційного безремінного зернометальника: початкова швидкість метання 10–12 м/с, висота і маса порції зерна відповідно 50 мм і 0,3–0,4 кг, кут нахилу лопатей 60°, кількість лопатей в барабані – 8. Ці параметри можуть бути використані для підвищення ефективності використання обладнання і покращення якості фракцій зернової суміші.

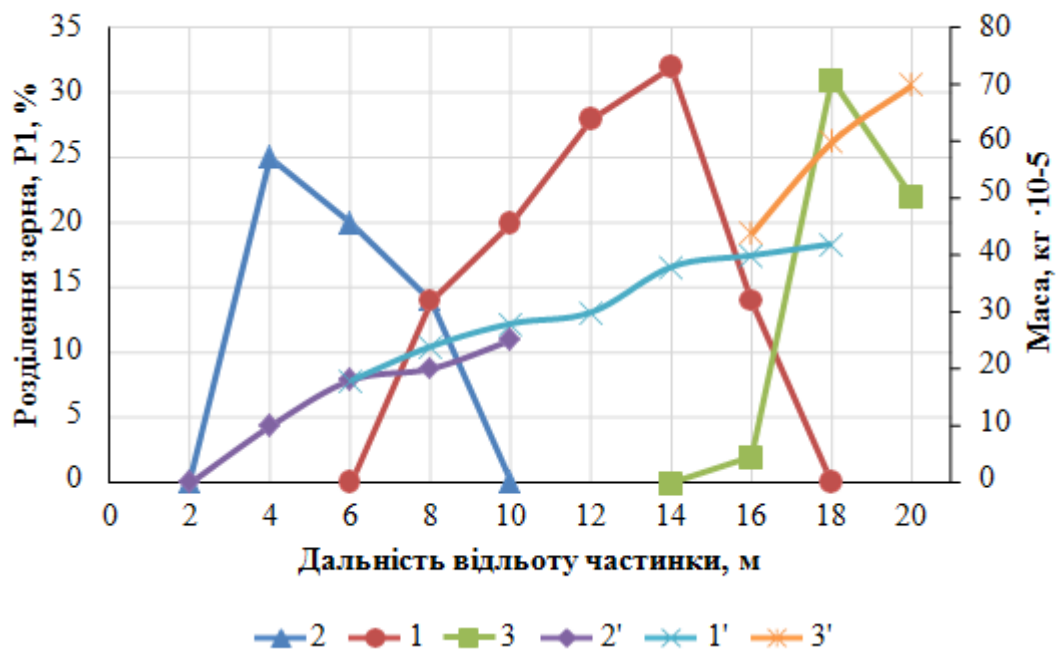


Рисунок 4.8 – Варіаційні криві дальності відльоту зерна пшениці (1), вівсяга (2) і гальки (3); Криві залежності дальності відльоту від маси відповідно – 1', 2' і 3'.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

5.1 Аналіз виробничих небезпек під час виробництва

Небезпечні виробничі фактори поділяють на явні, якщо їх дія на людину очевидна і для її запобігання необхідні певні заходи і які потенційно можуть діяти на людину при певних її діях, виникненні аварій та в інших небезпечних умовах.

Так, спеціалісти в галузі безпеки праці стверджують, що виробнича небезпека – це загроза дії на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а виробнича шкідливість – дія на працюючого лише шкідливих виробничих факторів.

При встановленні причинно-наслідкових зв'язків між подіями, що призвели до травми працюючого, необхідно розрізнити поняття “нещасний випадок” і “травма”. Травма є випадковою подією внаслідок дії небезпечного виробничого фактора на людину. Поняття “нещасний випадок” пояснює достовірність факту виникнення травми, а тому його окремою подією вважати не можна.

У процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огороження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії на неї небезпечного виробничого фактора. Кожну дію, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, позначено як небезпечну.

Вичерпні знання обставин, внаслідок яких виник нещасний випадок або може статися аварія, травм а чи більш важкі наслідки, необхідні для глибокого розуміння процесу зародження, нормування та виникнення небезпечних ситуацій – випадкових явищ, що передують травмам, аваріям, катастрофам.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини, та інші;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

- відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії та катастрофи, мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.5.1).

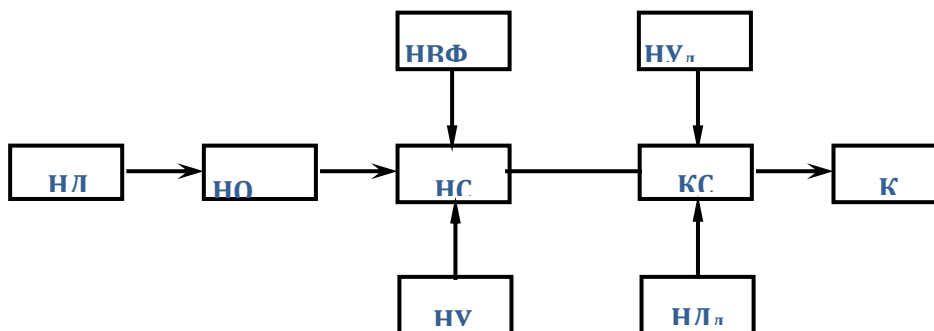


Рис. 5.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних та катастрофічних ситуацій: НВФ-небезпечний виробничий

чинник; НУ-небезпечні умови; НД-небезпечні дії; НО-небезпечні обставини; НС-небезпечна ситуація; А-аварія; Т-травма; КС-критична ситуація; НУд-небезпечні умови додатково; НДд-небезпечні дії додатково; К-катастрофа.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає. Що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія(А), травми (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

5.2. Паспортизація санітарно-технічного стану та моделювання процесу виникнення травм та аварій

Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, що відображає три групи факторів трудової, санітарно-гігієнічної і технічної безпеки.

Карта умов праці на робочому місці - це основа санітарно-технічного паспорту виробничої дільниці (бригади, майстерні, ферми тощо). До санітарно-технічного паспорта дільниці входить збірна інформація з карт умов праці на робочих місцях.

Складемо картку умов праці в подрібнювальному цеху, яку зобразимо в таблиці 5.1. Послідовність заповнення картки умов праці:

- ГОСТ 12.1.005-88 визначається категорія робіт і оптимальні показники мікроклімату;

- за гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустима концентрація фактора (ГДК, ГДР), які заносяться в графу 2 таблиці 5.1; для кожного фактора умов праці проводиться за загально прийнятою методикою інструментальний замір фактичного значення фактора. Деякі фактичні дані можна взяти з матеріалів попередньо проведеної паспортизації у інженера з охорони праці;

- визначається коефіцієнт нормо-забезпеченості:

$$K_n = 1 \pm \frac{A_B + A_H}{A_H}, \quad (5.1)$$

де A_B – виміряне значення фактора умов праці; A_H – нормативне значення фактора.

Знак «+» ставиться для розрахунку за гранично допустимим значенням нормативного параметра A_H ; знак «-» - з мінімально допустимим значенням A_H . Результати заносимо в гр. 5 таблиці 5.1.

Гранично допустиме значення коефіцієнта нормо забезпечення має дорівнювати одиниці. Якщо воно менше одиниці, то це означає, що діючий фактор умови праці вищий за гранично допустимий рівень і слід вжити заходів для зниження дії цього фактора, тим самим поліпшити умови праці.

Відповідно до технології виконання виробничого процесу встановлюється тривалість дії кожного фактора і результати заносяться у гр. 7 і 8 табл. 5.1.

Визначається коефіцієнт небезпеки дії $K_{дф}$ від кожного фактора умов праці і від усіх діючих факторів K .

Ці коефіцієнти обчислюються за формулами:

$$K_{дф} = K_n * T_{дф}; \quad (5.2)$$

$$K = \frac{K_{дф}}{n}; \quad (5.3)$$

де $T_{дф}$ - тривалість дії фактора; n - кількість факторів умов праці.

Результати підрахунків заносяться у гр. 9 і 10 табл. 5.1 – карти умов праці у виробничому цеху.

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявленні при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, будівель, виробничих процесів і технологій.

Карта умов праці Таблиця 5.1

№ фактора	Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці Ав	Коеф. Нормо забезпечення Кн.	Час дії фактора		Коеф. Небезпечності	
		ГДК, ГДР АН	Нормативний документ			В год.	Тдф		
1		3	4	5	6	7	8	9	10
1	Температура повітря								
1.1	взимку	- 14	ГОСТ	0 – (-10)	0.71	8	1	0.71	0.089
1.2	влітку	+ 26	12.1.005-88	25 – 30	1.13	8	1	1.13	0.14
2	Вологість повітря, %	40-60	ГОСТ	50	1.25	8	1	1.25	0.16
3	Швидкість руху повітря,	0,3	12.1.005-88	0,2	0.7	8	1	0.7	0.088
4	м/с	80	ГОСТ	80 – 82	1.03	4	0.5	0.515	0.064
5	Виробничий шум, дБ	99	12.1.005-88	95	0.95	4	0.5	0.475	0.059
6	Вібрація загальна, дБа		ГОСТ						
6.1	Освітлення:	70	12.1.005-88	75	1.07	8	1	1.07	0.134
6.2	природне, %	95	ГОСТ	96	1.01	8	1	1.01	0.126
7	шлuchte, Лк		12.1.003-86						
7.1	Пил, мЛг/м ³	3-4	ГОСТ	3	1	6	0.75	0.75	0.094
8	зерновий	30	12.1.012-78	35	1.16	6	0.75	0.87	0.109
	Робота стояча, %		СНиП 2-4-79/85						

Але, як показали дослідження, будь-яка аварія може бути наслідком однієї з багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних аварій і катастроф.

Обчислення рівняння безпеки можна спрямувати на удосконалення конструкції технічних засобів, на зниження їх безпеки, а також вживати термінових заходів для першочергового усунення небезпек з більш високим рівнем.

Аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови “дерева відказів” та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві. Так, побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм при роботі.

Основні принципи побудови моделі такі. Виявляється виробництво, на якому вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. За своєю формою так модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відказів і помилок”. Кінцеві події називають базовими.

Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рис. 5.2).

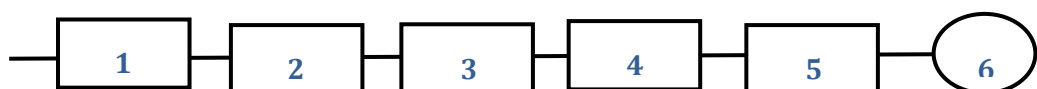


Рис. 5.2 - Схема побудови логіко-імітаційних моделей:

1- головна подія; 2-5- проміжні події; 6- базова подія.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі:

- 1 – відмова (аварія, травма) системи – головна подія;
- 2 – послідовність подій, що приводять до відмови системи;
- 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів;
- 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині;
- 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі;
- 6 – базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

5.3 Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виробництва

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від досліджуваного явища. Для оцінки рівня небезпеки певного об'єкта чи явища можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в зарубіжній інженерній практиці. Основні його принципи полягають в тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварійні або травматичні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логічно-імітаційної моделі травми. Після цього будують модель “дерева відмов і помилок оператора”. При цьому важливе значення має правильний вибір головної події.

Головну подію (травма), модель якої нам необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої

одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва може виникнути.

Після вибору головного випадкового явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як головна.

Після визначення відповідних травмонебезпечних ситуацій та їх кількості, визначаємо інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі. Слід мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів. Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми для випадку технологічного процесу виробництва складемо список базових подій. Вони лежатимуть у основі даної

моделі. Кожному пункту списку присвоюємо певне значення ймовірності виникнення. Нижче подано сам список:

1. Стан контролю з охорони праці $P_1 = 0,2$;
2. Несерйозне відношення до проходження ТО $P_2 = 0,1$;
3. Відсутність комплектуючих $P_3 = 0,2$;
4. Невисока міцність $P_4 = 0,03$;
5. Застаріле обладнання $P_6 = 0,02$;
6. Попадання предметів з навколишнього середовища $P_7 = 0,4$;
7. Досвід роботи $P_{12} = 0,35$.
8. Професійний рівень робітника $P_{13} = 0,5$;
9. Психофізіологічний стан робітника $P_{14} = 0,083$;

На основі даного списку будуємо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічне представлення якої зображено на рис. 5.3.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що входять у дану логіко-імітаційну модель процесу виробництва (на прикладі ймовірності травми робітника, пов'язаної з ударом корпусу дробарки).

Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,003 - 0,2 \cdot 0,1 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 = 0,314$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так: $P_{10} = 0,2 + 0,1 = 0,3$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = 0,02 \cdot 0,314 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,00075$$

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 0,083 = 0,0145$$

$$\text{Ймовірність події } P_{18}: P_{18} = 0,5 + 0,083 = 0,58$$

$$\text{Ймовірність події } P_{19}: P_{19} = 0,0145 \cdot 0,083 = 0,0012$$

$$\text{Ймовірність події } P_{20}: P_{20} = 0,00075 + 0,0012 = 0,00195$$

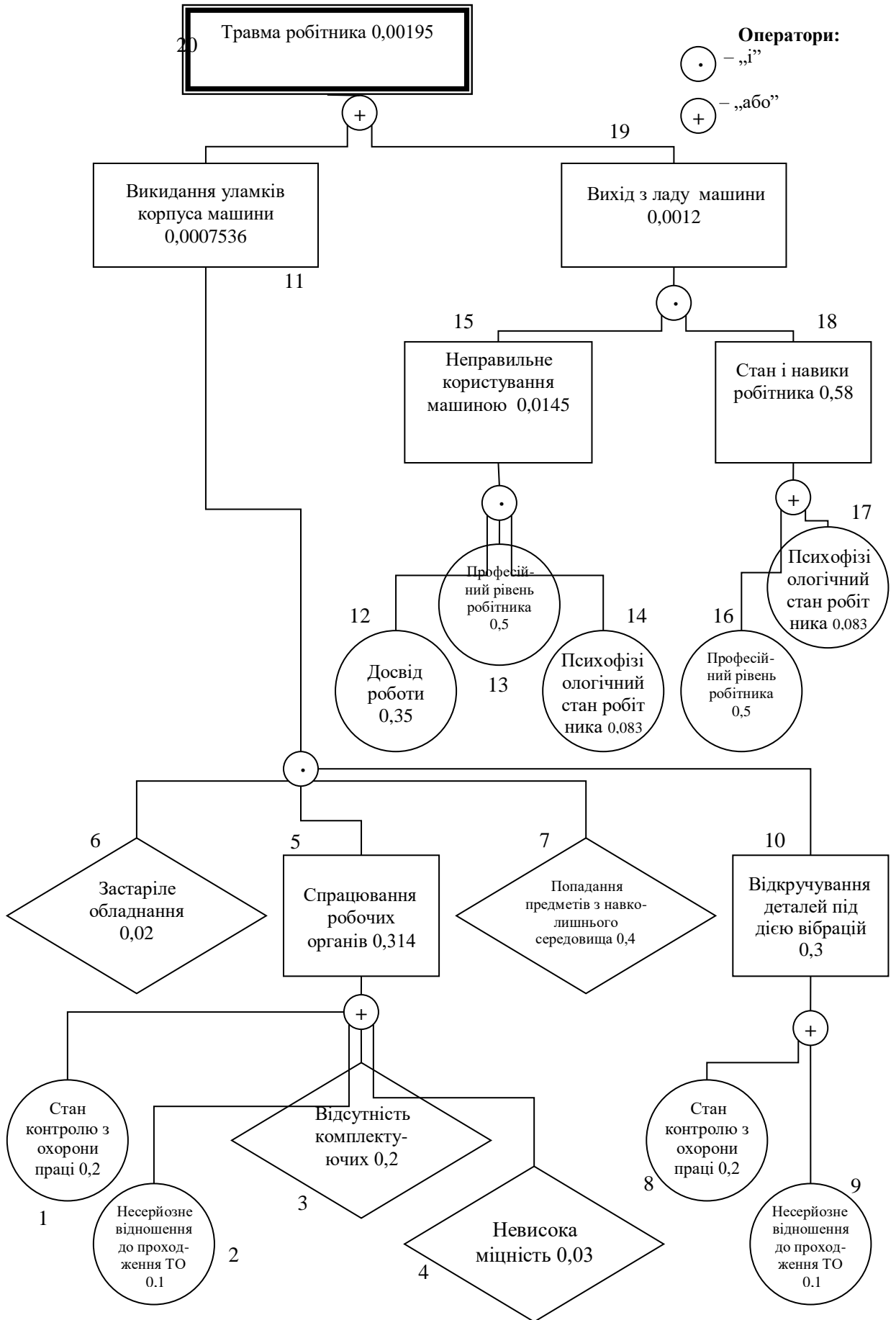


Рис. 5.3 - Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час виробництва.

Логіко-імітаційні моделі аварій і травм допомагають зменшити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки будь-якого робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які охоплюють як стан обладнання і самого робочого місця, так і поведінку працюючого і обчислити ймовірність виникнення травми.

Після аналізу результатів моделювання ймовірність виникнення травми можна звести до дуже малої величини – достатньо зменшити вплив ймовірностей вихідних факторів, які до неї призводять.

5.4 Розробка заходів щодо захисту населення

Захист населення базується на державній системі заходів, що забезпечують виконання організаційних, інженерно - технічних, санітарно - гігієнічних та інших заходів в сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

До надзвичайних ситуацій природного характеру, які можуть виникнути на території підприємства належить: пожежа, ураган, смерч, землетрус, великі опади дощів.

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має проводитись спеціальний комплекс заходів, а саме:

- оповіщення та інформування населення про надзвичайну ситуацію, яка може виникнути;
- спостереження і контроль за довкіллям , продуктами харчування і водою;
- створення захисних споруд та укриття в них усього населення відповідно до приналежності (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечній зоні);
- проведення медичного захисту для зменшення ступеня ураження людей, своєчасне надання допомоги та лікування.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати, пов'язані з проведенням дослідження, визначаються за допомогою кошторису витрат. До них належать: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1,$$

де m_1 - кількість витраченого і-го матеріалу

C_1 ; – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

Таблиця 6.1

Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно пшениці, кг	50	9	450,00
Всього			450,00

Заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Працівник	8500	50,59	20	1011,80
Всього				1011,80

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 % єдиного податку. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

$$H = \frac{1011,8 \cdot 22}{100} = 222,57 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a,$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на привід робочих органів зернометальника:

$$E = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1,68 = 21,77 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію , грн
Зернометальник	5300,0	15	3	6,53
Всього				6,53

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробництвом. До них відносять: витрати на оплату праці обслуговуючого та адміністративно-управлінського персоналу. Накладні витрати, що включають витрати пов'язані з обслуговуванням установки, приймаються рівними 80 % від розрахованої заробітної плати виконавців дослідження і становлять:

$$\frac{1011,8 \cdot 80}{100} = 809,44 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.4

Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	450,00
Заробітна плата	1011,80
Нарахування на заробітну плату	222,57
Електроенергія	21,77
Амортизація	6,53
Накладні витрати	809,44
Всього	2522,11

Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціна визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 2522,11 + \frac{30 \cdot 2522,11}{100} = 3278,74 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 3278,74 грн.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Обґрунтовано технологічний процес обробки зерна на безремінному порційному зернометальнику, що складається з етапів подачі і формування порції матеріалу в комірках лопатевого барабана, раціонального вивантаження зерна з комірок і їх метання, подальшого ефективного розшарування і розділення в повітрі за аеродинамічними властивостями на різні за якістю фракції.

Встановлено закономірність руху зерна на задній стінці комірки, яка використана для обґрунтування умов вивантаження зерна в напрямку метання і кута нахилу рухомої лопаті в зоні вивантаження – 60 – 65°.

На підставі закономірностей руху зерна в комірці барабана встановлені параметри порції зерна: маса порції при обробці насінневого зерна 0,3 кг, продовольчого – 0,4 кг при висоті порції 50 мм і її довгастій формі в поперечному перерізі, що забезпечує ефективність розшарування і поділу зерна при русі в повітрі.

Встановлено закономірність руху зерна в повітрі, визначені його параметри на висхідних і низхідних гілках траєкторії, які дозволяють обґрунтувати умови і параметри процесу розшарування зернової суміші у вертикальному напрямку на початку ділянки висхідної гілки траєкторії і поділ зерна за аеродинамічними властивостями в горизонтальному напрямку на фракції, що відрізняються якістю матеріалу.

Встановлено характер зміни маси 1000 зерен від дальності відльоту в комірках вловлювача на полігоні метання. Порційний безремінний зернометальник з початковою швидкістю метання 10 – 12 м/с забезпечує підвищення ефективності поділу і очищення зерна і зниження травмування в порівнянні з існуючими зернометальниками.

Здійснено аналіз стану охорони праці та захист населення

Встановлено, що найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають

1011,80 грн та 809,44 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 3278,74 грн.

Список використаних джерел

1. Алієв Е.Б., Яропуд В.М. Фізико-математичний апарат руху насіння в повітряному потоці. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №2. С. 19-23.
2. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г., Калетнік Г.М., Яременко В.В.. Прикладна механіка: Навчальний посібник. Київ : Аграр. наука, 2016. 816 с.
3. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч. посіб. Суми : Унів. кн., 2008. 543 с.
4. Глушков А.Л. Обґрунтування параметрів і режимів роботи пневмосистеми машини попереднього очищення зерна // А.Л. Глушков: Дис. канд. техн. наук. – К.: 2006. – 212с.
5. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва: навч. посіб. для студ. вузів. Тернопіль : Терноп. акад. нар. госпва., 2002. 251 с.
6. Головков А.Н. Пневмосортувальні машини сімейства ПСМ // А.Н. Глловко / Землеробство. – 2014. – №6. – С.28 – 30.
7. ДСТУ 46.012-2000. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки техніки. [Чинний від 2001.02.01]. К. : Мінагрополітики України, 2000. – III, 18 с. – (Галузевий стандарт України).
8. Зюлін А.Н. Теоретичні проблеми розвитку технологій сепарування зерна // А.Н. Зюлін. – К.: 1997. – 207с.
9. Зюлін А.Н., Дрінча В.М. Вплив складу зернового вороху на роботу пневмосепаратора // А.Н. Зюлін, В.М. Дрінча / Трактори і сільськогосподарські машини. – 1996. – №11. – С.26 – 27.
10. Ісупов В.І. Підвищення ефективності функціонування пневматичного сепаратора насіння // В.І. Ісупов. – К.: 2004. – 184с.
11. Камінський В.Д., Бабиц М.Б. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. Навчальний посібник. – Одеса: Аспект, 2000. – 460с.

12. Конишев Н.І., Підвищення ефективності функціонування замкнутого пневмосепаратора шляхом вдосконалення основних робочих органів // Н.І. Конишев. – Кіров, 2000. – 202с.

13. Маньківський А.Я., Скалецька Л.Ф., Подпратов Г.І., Сеньків А.М. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. – Ніжин: Аспект, 1999. – 383с.

14. Мерко І. Т., Моргун В. О. Наукові основи і технологія переробки зерна: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Одеса : Друк, 2001. – 348 с.

15. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін.; За ред. І.С. Гулого. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 576с.

16. Патент RU 2193929 С1, В07В 4/08. Канал для сепарації зерна висхідним повітряним потоком / О.М. Зюлін, В.Д. Бобченко – №2002102270/03; заявл. 30.01.2002; опубл. 10.12.2002. – Бюл. №34. – 12 с.

17. Технологія виробництва молочних продуктів спеціального призначення: підручник/ О.А. Савченко, О.В. Грек, О.О. Красуля. – К.; ЦП «Компринт», 2017.– 218 с.

18. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум: Навч. посібник/ Л.Ф. Скалецька, Т.М. Духовська, А.М. Сеньков. – К.: Вища школа, 1994. – 301с.