

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

ПОЛІЩУК ВІТАЛІЙ ЛЕОНІДОВИЧ  
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

УДК 631.362.3  
(індекс)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Підвищення технологічних процесів фракційної очистки**

(тема роботи)

**насіння пшениці**

**208 – Агроінженерія**

Подається на здобуття освітнього ступеня Магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

В.Л. Поліщук  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Грудовий Роман Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
кандидат технічних наук  
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир - 2020

## АНОТАЦІЯ

Поліщук В. Л. Підвищення технологічних процесів фракційної очистки насіння пшениці. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В роботі проведено аналіз технологічних показників зернового вороху, що надходить на післязбиральну обробку, технологічні процеси очищення зерна, та машини і обладнання які використовуються для відповідного способу, проаналізували їх переваги та недоліки. Описано фракційну технологію очищення зерна, що включає попереднє очищення, розділення зернового матеріалу на фракції удосконаленим лопатевим метальником. Удосконалено схему лопатевого метальника та обґрунтовані конструкційні параметри.

**Ключові слова:** технологія, зерно, очищення, сепарування, фракції, лопатевий метальник, продуктивність.

## ANNOTATION

Polishchuk V. Improving technological processes of fractional purification of wheat seeds. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 - Agricultural Engineering. - Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The paper analyzes the technological parameters of the grain heap coming for post-harvest processing, technological processes of grain cleaning, and machines and equipment used for the corresponding method, analyzed their advantages and disadvantages. The fractional technology of grain purification is described, which includes preliminary purification, separation of grain material into fractions by an advanced paddle thrower. The scheme of the paddle thrower has been improved and the design parameters have been substantiated.

**Key words:** technology, grain, cleaning, separation, fractions, paddle thrower, productivity.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ЗМІСТ.....	3
ВСТУП.....	4
1. РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
1.1 Характеристика зернового вороху, що надходить на післязбиральну обробку.....	6
1.2 Аналіз технічних засобів для очищення зернового вороху і поділу на фракції.....	8
1.3 Шляхи інтенсифікації процесу очищення і розділення на фракції.....	16
1.4 Висновки та завдання досліджень.....	18
2. РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ З РОЗПОДІЛОМ НА ФРАКЦІЇ....	19
2.1 Математичне моделювання процесу очищення насіння пшениці....	19
2.2 Дослідження руху зернівки по поверхні решета та лопаті метальника .....	23
2.3 Висновки по розділу 2.....	26
3. РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	27
3.1 Результати математичного моделювання процесу очищення насіння пшениці .....	27
3.2 Обґрунтування конструкції лопатевого метальника для очищення зернового вороху з розподіленням на фракції.....	28
3.3 Висновки по розділу 3.....	31
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Особливістю вирощування зернових культур в невеликих фермерських господарствах нашої зони є використання власного посівного фонду, а це призводить до того, що знижується потенціал майбутнього врожаю через вміст різних домішок, насіння інших культур чи бур'янів та неякісного зерна у насіннєвому матеріалі. Існуючі технології і комплекси машин в більшості випадків не гарантують отримання високоякісного насіння, так як відповідні машини чи обладнання не відповідають сучасним вимогам, а іноді спеціалізоване обладнання і взагалі відсутнє.

Технологія очищення зерна в умовах господарств дає невисокий результат через низьку ефективність фракційного розділення і очищення зернового матеріалу існуючими сепараторами. Підвищення ефективності розділення і очищення зерна можна досягнути удосконаленим лопатевим металником шляхом попереднього розшарування порції оброблюваного матеріалу, або підбором існуючого сучасного обладнання чи комплексів.

У зв'язку з цим, підвищення ефективності фракційного очищення зерна і насіння на основі теоретичних положень, що дозволяють вибрати раціональні технології очищення зерна від домішок і розробити нові робочі органи та рекомендації по налаштуванню машин, представляє актуальну науково-технічну проблему, що має важливе народногосподарське значення.

**Мета дослідження** - підвищення ефективності технологічних процесів очищення насіння шляхом обґрунтування структури і параметрів технології очищення зерна з поділом на фракції.

### **Завдання дослідження:**

1. Підвищити ефективність очищення і розподілу на фракції зернового вороху на основі обґрунтування раціональних технологій, машин і обладнання.
2. Удосконалити конструкцію зернового металника, що дозволить збільшити площу очищення зернового вороху в робочій камері і покращить розподіл на фракції.

3. Обґрунтувати основні конструктивно-режимні параметри процесу сепарації;

**Об'єкт дослідження** - технологічні процеси очищення насіння пшениці від домішок, параметри і режими роботи технічних засобів.

**Предмет дослідження** - закономірності процесів очищення насіння пшениці від домішок при використанні запропонованих технічних засобів і рекомендацій по їх налаштуванню.

**Методологія і методи дослідження.** Теоретичні дослідження виконані з використанням відомих положень законів теоретичної механіки, загальних положень теорії тертя і деформування пружних матеріалів. Одиниці виміру використані відповідно до міжнародної системи СІ. Отримані результати оброблялися з використанням пакета програм на ЕОМ: Microsoft Office, Компас-3D LT V16, і ін.

**Практична значимість роботи:** 1. Обґрунтована фракційна технологія очищення зерна, що включає попереднє очищення, розділення зернового матеріалу на фракції лопатевим металником. Удосконалено схему лопатевого металника та обґрунтовані конструкційні параметри.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано тези у Збірнику доповідей учасників II Міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи в агропромисловому виробництві» та збірнику матеріалів науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2020».

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 34 сторінках машинописного тексту і містить 9 рисунків, 1 таблицю, список використаної літератури з 22 найменувань, і 1 додатку.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### **1.1 Характеристика зернового вороху, що надходить на післязбиральну обробку**

Початок збирання зернових в регіоні припадає на третю декаду липня, а весь період триває в середньому 50 днів. Середньосезонна вологість свіжозібраного зерна 18-23% в залежності від умов конкретного року. Вологість окремих партій зерна, що надходить на обробку, може коливатися від 9 в сухі періоди до 36% в кінці збирання в несприятливі сезони. Засміченість зерна також висока - в середньому 8-10% і коливається від 3 при вологості зерна 16-20% і до 20% у високо вологій партії зерна.

Важкі умови збирання та післязбиральної обробки зерна вимагають чіткої і правильної організації і виконання робіт з очищення, сушіння та зберігання зерна, ефективного використання наявних у господарстві машин і обладнання з дотриманням всіх вимог, передбачених спеціальними ДСТУ для якісного очищення і поділу на фракції [6,7,10,16].

Зернова маса, що надходить на обробку від комбайнів, має підвищену вологість і засміченість: містить насіння основної культури, інших культурних і бур'янів, домішки органічного і мінерального походження, а також дефектні (щуплі, биті, роздроблені і ін.) зерна основної культури. Тому основне призначення післязбиральної обробки - збереження зібраного врожаю і доведення зернового матеріалу до необхідної якості і фракційного складу шляхом видалення зайвої вологи, насіння інших культур, дефектного зерна, бур'янів і різних домішок. За своїм призначенням зерно поділяється на продовольче, фуражне, технічне і насіннєве. Якість кожного з них встановлюється спеціальними стандартами [6,7].

Структура зернової маси забезпечує її легку рухливість, тобто сипкість. Хороша сипкість зернових мас дозволяє досить легко переміщати їх за

допомогою норій, конвеєрів і пневмотранспортних установок, завантажувати в різні за розмірами і формою зерносховища і, нарешті, переміщати їх, використовуючи принцип самопливу. Зазвичай сипкість характеризується кутом природного укосу або кутом тертя [1-7,9-13,15,17].

Під кутом природного укосу розуміють кут між діаметром основи і утвореного конуса, що виходить при вільному падінні і частини зернової маси, на горизонтальну площину [2-3,12,20].

Під кутом тертя розуміють найменший кут, при якому зернова маса починає ковзати по будь-якій поверхні. Чим менше значення цих кутів, тим легше витікання продукту [2-3,12,20].

Розрізняють продукти легкосипкі і важкосипкі. У легкосипких продуктів сили тяжіння між частинками незначні і вони легко руйнуються під дією сили тяжіння. Характерними представниками таких продуктів є зерно пшениці, ячменю, жита, кукурудзи, проса, сорго, насіння соняшнику і сої, гороху та ін. [2-3,20].

Зв'язки на поверхні частинок легкосипких продуктів характеризуються коефіцієнтом внутрішнього тертя. Залежно від культури і стану зернової маси по вологості, засміченості та інших ознак значення коефіцієнта внутрішнього тертя значно відрізняються [2-3,5,9,12,20].

Пористість  $S$  є відношення об'єму, зайнятого проміжками (порами) між твердими частинками зернової маси, до загального об'єму, зайнятого зерновою масою, виражене у відсотках [2-3,5,9,12,20].:

$$S = \frac{W - V}{W} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

де  $W$  - загальний насипний об'єм зернової маси;

$V$  - об'єм твердих частинок зернової маси.

Зернова маса, що має меншу пористість, укладається більш щільно, якщо вона має в своєму складі великі і дрібні зерна. Однакові зерна, а також шорсткі зі зморщеною поверхнею укладаються менш щільно. За інших рівних умов

тонкі і короткі зерна укладаються більш щільно, ніж зерна іншої форми. Великі домішки зазвичай збільшують пористість, дрібні легко розміщуються в міжзернових просторах і зменшують її [2-3,5,9,12,20].

Чим вологіше зерно, тим вища її пористість. При зволоженні зерна, складеного в сховище, воно набухає, збільшується в об'ємі, в зв'язку з цим зернова маса дещо ущільнюється і, отже, пористість зменшується. Одночасно значно знижується сипкість і створюються передумови до злежування, а це негативно впливає на процес очищення, сепарації і поділу на фракції [2-3,5,9,12,20].

Основні показники ефективності післязбиральної обробки зерна - кількість втрат, питомі матеріальні, енергетичні і трудові витрати і якість кінцевої продукції - залежать від кількісних і якісних показників вихідного зернового вороху, тривалості строків збирання, рівномірності надходження матеріалу від комбайнів в різні періоди доби і збирального сезону, а також техніко-технологічної досконалості матеріально-технічної бази і раціонального її використання [2-3,5,9,12,20].

З підвищенням вологості і засміченості зернового вороху в значній мірі зменшується продуктивність зерноочисних машин і сушарок, збільшуються втрати, і знижується якість кінцевої продукції. Так, підвищення вологості зернового вороху на 1% після 20% викликає зниження продуктивності машин попереднього очищення від паспортної на 5, а засміченість вище 15% - на 2% [1,3,4,10,-12,17,20].

## **1.2 Аналіз технічних засобів для очищення зернового вороху і поділу на фракції**

Сучасні технології для очищення зерна поділяються на три етапи: попередньої, первинної і вторинної сепарації зернового матеріалу з одночасним поділом на відповідні фракції [1,3,12,16,19,20].



При першому етапі очищення зерновий ворох розділяють на дві фракції: насіння і відходи. Із зернового вороху, що надходить від комбайна потрібно виділити не менше 50% домішок (органічних, мінеральних, насіння бур'янів і культурних рослин), а вміст часток соломи довжиною до 50 мм не повинен перевищувати 0,2%. Вміст насіння основної культури у відходах — не більше 0,05% їх маси у вхідному матеріалі [1,3,6,7,12,16,19,20].

На етапі первинної очистки зерновий матеріал розділяють на чотири фракції: очищене зерно, легкі відходи і великі домішки, другий сорт, підсів. Очищене зерно після первинної очистки повинне мати наступні якісні показники: чистота — не менше 97%; наявність сміттєвих домішок — не більше 1%, а зернових домішок (у тому числі подрібнених зернин) — близько 2% [3,6,7,12,16,19,20].

Насінний матеріал у процесі вторинного очищення розподіляють на фракції: очищене насіння, зернові домішки, відходи і домішки. Насінневий матеріал після обробки не повинен мати більш ніж 1% домішок [3,6,7,12,16,19,20].

В даний час для попередньої обробки високо засміченого вороху зернових використовують повітряний, решітний і комбінований способи сепарації [1,3,4,6,7,12,16,19,20].

Основною перевагою повітряного сепарування є його універсальність і простота управління режимами повітряного потоку. На сьогоднішній день відомі: пневмосепаратор з гравітаційною подачею матеріалу (пневмоколонки), пневмоцентробіжні і пневмоінерційні сепаратори [1,3,4,9-12,17,18,20-22].

Пневмоколонки застосовуються, як правило, для видалення дрібних домішок, пилу, малоцінного насіння, насіння бур'янів при очищенні вороху невеликої засміченості і вологості. Підвищення продуктивності таких зерноочисних машин призводить до збільшення енергоємності та габаритних розмірів [3,4,11-13,16-18,20-22].

Для поділу більш засміченого і вологого зернового вороху застосовують пневмоцентробіжні і пневмоінерційні сепаратори, в яких вихідний матеріал за допомогою живильника вкидається в повітряний потік [3,4,9,11-13,16-18,20-22].

Спосіб пневмоцентробіжної сепарації дозволяє підвищити ефективність процесу шляхом введення, в повітряний потік, часток розділеного вороху з різними швидкостями. При цьому легкі частинки, маючи менший коефіцієнт тертя, починають ковзати по поверхні і втрачають швидкість значно раніше, ніж важкі, що покращує процес сепарації [3,4,9,11-13,16-18,20-22].

До недоліків пневмоцентробіжних сепараторів можна віднести складність технологічної схеми і забивання робочих органів при обробці дрібносоломистого або подрібненого вороху великої засміченості.

Сутність пневмоінерційної сепарації полягає в тому, що ворох тонким шаром, з раціональною орієнтацією компонентів шару по відношенню до напрямку повітряного потоку, і швидкістю, вводиться в повітряний потік, швидкість якого перевищує швидкість витання насіння основної культури. У напрямку дії повітряного потоку, пристрої, що реалізують принцип пневмоінерційної сепарації, діляться на пристрої з вертикальним, похилим і горизонтальним потоком[3,4,9,11-13,16-18,20-22].

За типом повітряного потоку розрізняють сепаратори нагнітальної і аспіраційної дії, при чому через більшу рівномірність повітряного потоку по перетину пневмокамери перевага віддається аспіраційним системам. Вагомим недоліком є зниження ефективності обробки вороху великої засміченості. При обробці важкосипучого вороху, особливо при підвищеному вмісті в ньому великих соломистих частинок, виростають втрати насіння, а чистота матеріалу значно знижується. Пояснюється це з точки зору існування граничного зернового навантаження в камері сепарації. З перевищенням граничного навантаження, ефективність очищення падає, це є суттєвим недоліком. Крім того, до недоліків повітряного способу сепарації слід віднести неможливість повного поділу на фракції високозасміченого вороху. Пов'язано це з тим, що

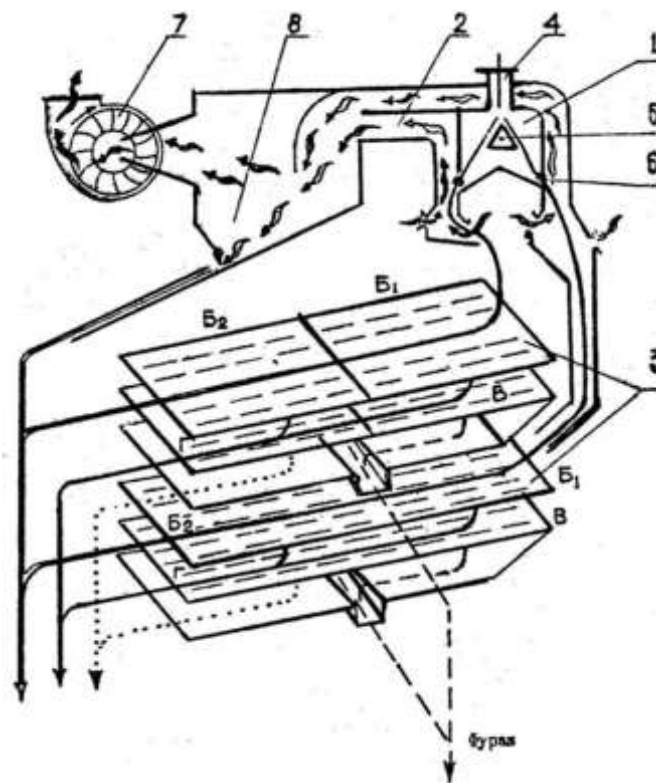
частинки, що містяться в оброблюваному вороші, мають схожі аеродинамічні властивості з насінням основної культури [3,4,9,11-13,16-18,20-22].

Найбільш простим способом поділу зернового вороху на фракції є сепарація на решетах, по геометричним розмірам вхідних частинок, що входять до його складу (довжині, товщині, ширині) [1,3,4,9,11-13,17-18,20-22].

Нерухомі плоскі решета, які працюють зі значним нахилом до горизонту, малопродуктивні, не дивлячись на їх простоту, відсутність приводу, практично не застосовуються.

Найбільш поширеними з плоских решіт є коливальні решета. Вони встановлюються на вітчизняних, а також на більшості зарубіжних машинах (рис. 1.1; 1.2). Однак застосування такого виду робочого органу, для сепарації насінневого вороху підвищеної засміченості і вологості, не забезпечує якісної сепарації [1,3,4,9,11-13,17-18,20-22].

З підвищенням вологості вороху понад 25% продуктивність таких решіт знижується в 2-3 рази, а втрати зерна у відходи значно перевищують допустимі, в деяких випадках досягаючи 3-5% [1,3,4,9,11-13,17-18,20-22].



**Рисунок 1.1** Схема решітної зерночисної машина ЗВС- 20

Подальший пошук шляхів інтенсифікації процесу поділу на плоских коливальних решетах призвело до додаткового введення в конструкцію спеціальних пристроїв, для переміщення матеріалу. Така зміна, а також підбір режимних параметрів, що дозволяють збільшити продуктивність решета, але в той же час ускладнює її конструкцію [1,3,4,9,11-13,17-18,20-22].

Циліндричні решета, в порівнянні з плоскими решетами, мають ряд переваг: простота пристрою і дешевизна у виготовленні, не вимагають врівноваження, відрізняються плавністю ходу в роботі і, що немало важливо, менш енергоємні. Пристрої для очищення отворів решіт, також прості за конструкцією, надійні в роботі, не вимагають спеціального приводу. [1,3,4,9,11-13,17-18,20-22].

Просіювання частинок через отвори плоских решіт здійснюється в основному під дією сил тяжіння, на відміну від циліндричних решіт, де в процесі сепарації, крім сили тяжіння, беруть участь сили інерції [1,3,4,9,11-13,17-18,20-22].

Для розгляду та аналізу основних схем і конструкцій циліндричних решіт з внутрішньою подачею матеріалу, складемо їх класифікацію (таблиця 1.1) по найбільш вагомим загальним ознакам.

В основу такої класифікації покладено величина відцентрової сили, що діє на матеріал в процесі його обробки.

До першої групи слід віднести тихохідні циліндричні решета, робота яких характеризується показником кінематичного режиму  $K < 1$ , тобто решета, при яких відносна величина відцентрової сили, що діє на частинки оброблюваного матеріалу, до сили тяжіння не перевищує одиниці.

Показник кінематичного режиму обчислюється таким чином[4,17,20]:

$$K = \frac{\omega_{год}^2 \cdot R}{g} \%, \quad (1.2)$$

де  $\omega_{год}$  - кутова швидкість частинки,  $c^{-1}$ ;

R - радіус обертання;

$g$  - прискорення сили тяжіння,  $m/c^2$ .

До другої групи належать швидкохідні циліндричні решета, які характеризуються показником кінематичного режиму  $K > 1$ .

Таблиця 1.1

**Класифікація сепараторів з циліндричними решетами  
і внутрішньою подачею матеріалу**

Тихохідні решета	Бистрохідні решета
I. Без внутрішніх пристроїв	
1. Звичайні (прості) з горизонтальною віссю обертання	1. Обертові, зі змінною за величиною кутовою швидкістю
2. Прості з похилою віссю обертання	2. Здійснюють одночасно обертальні і коливальні рухи (з горизонтальною, похилою і вертикальною віссю)
3. Коаксіальним розташуванням циліндричних решіт	3. Що здійснюють одночасно рух навколо двох паралельних осей
II. З внутрішніми пристроями	
1. Обертаються разом з решетом і прикріпленими до нього лопатками, ковшами, шнеками та іншими пристосуваннями 2. Обертаються незалежно від решета для перемішування оброблюваного матеріалу і його зміщення в осьовому напрямку 3. Не здійснюють руху (нерухомо закріплені)	

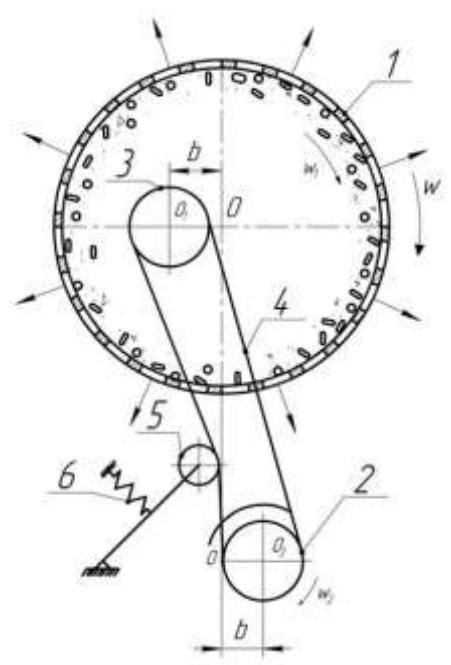
Багато авторів [1,3,4,9,11-13,17-18,20-22] відзначають, що подальше збільшення продуктивності циліндричних решіт може бути досягнуто за рахунок більш повного використання відцентрових сил інерції, що виникають при обертанні оброблюваного матеріалу. А це може бути досягнуто шляхом збільшення робочих швидкостей циліндричних решіт.

Однак при збільшенні швидкості обертання циліндричного решета під дією відцентрових сил, робочий матеріал притискається до стінок решета, утворюючи кільцеподібний шар, швидкість обертання якого швидко вирівнюється зі швидкістю обертання робочої поверхні решета. В результаті настає відносний спокій шару на решеті і процес сепарації припиняється. Негативним моментом є те, що швидкохідні циліндричні решета вимагають

балансування обертових частин. Тому швидкохідні циліндричні решета довгий час не застосовувалися взагалі.

Відмітна особливість швидкохідних циліндричних решіт без внутрішніх пристроїв в тому, що відносний рух матеріалу по їх робочій поверхні досягається виключно за рахунок своєрідного характеру руху самого решета. Ці решета, як правило, виконують досить складний рух з коливанням самого решета (віброрешето), або рух навколо двох паралельних осей, або зі змінною за величиною кутовою швидкістю (привід механізм-куліса) [1,3,4,9,11-13,17-20].

Для прикладу розглянемо циліндричне решето, що обертається зі змінною швидкістю в межах кожного оберту (рис. 1.2.).



**Рис.1.2. Схема циліндричного решета зі змінною кутовою швидкістю:**

1. кільцеве решето; 2. приводний шків; 3. ведений шків (жорстко з'єднаний з решетом по принципу ексцентриситету); 4. пасова передача; 5. натяжний ролик; 6. компенсатор.

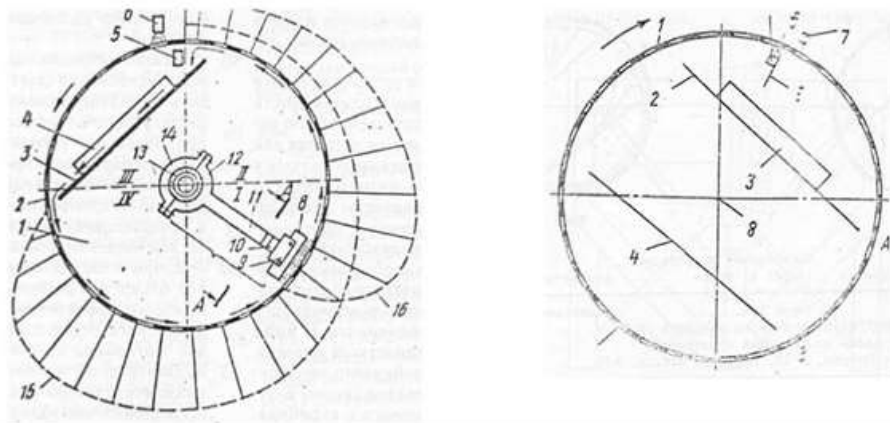
Значно вищі результати досягнуті на віброцентрифугах, що обертаються навколо похилої осі і здійснюють одночасно осьові коливання.

Однак, не дивлячись на високу продуктивність, всі відомі віброцентрифуги мають вагомий недолік - наявність при їх роботі

неврівноважених сил інерції, що негативно позначається на експлуатаційній надійності машин, а привід таких решіт складний [3,4,9,11-13,17-18,20-22].

Одним із шляхів підвищення продуктивності циліндричних решіт є також установка на поверхні решіт пристроїв підвищуючих ефективність сепарації, а отже і покращать розподіл на фракції.

Внутрішні пристрої можуть бути як рухомі, так і нерухомі. Увагу привертають циліндричні решета з пристроями, які не потребують додаткового приводу (рис.1.3), так як решета з внутрішніми пристроями, що вимагають приводу, складні у виготовленні, а також складний і їх привід [3,4,9,11-13,17-22].

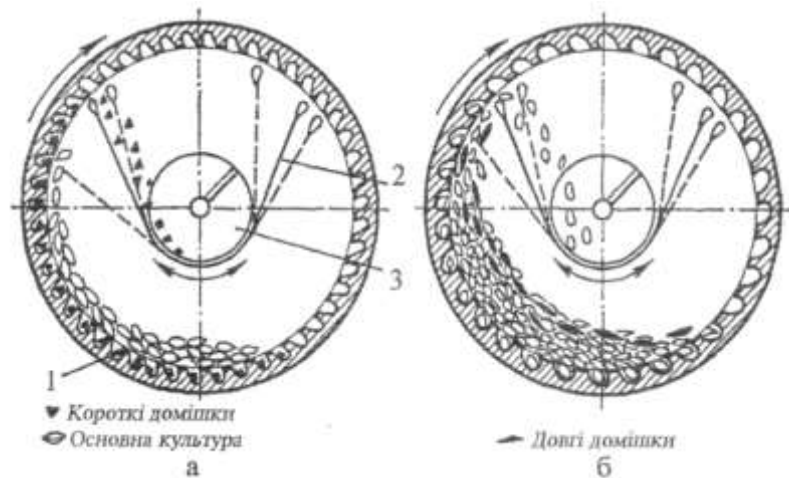


**Рисунок 1.3** Схема циліндричного решета з нерухомими внутрішніми очисниками

Всередині решета встановлені нерухомі щітки і скатні дошки з направляючими пластинами.

Для розділення насіння за довжиною використовують обертові циліндричні трієри – (рис. 1.4). На внутрішній поверхні циліндра розташовані комірки певного розміру(калібр). Циліндр може встановлюватись під невеликим кутом (1-2,5) до горизонту. Всередині по центру розміщений жолоб 2. Під час обертання циліндра комірки захоплюють тільки ті зернини або частинки, довжина яких менша діаметра комірок. На певній висоті зернина або домішка під дією власної ваги випадають з комірок і потрапляють в жолоб 2, з якого назовні виносяться шнеком 3. Довше насіння, яке не вміщується в комірці

або не утримується в них до того, поки вони не піднімуться вище приймальної кромки жолоба, виходить з циліндра в приймач фракції [3,4,9,11-13,17-22].



**Рисунок 1.4** Схема роботи циліндричного трієра: а і б – виділення коротких і довгих домішок; 1 – циліндр з комірками; 2 – жолоб; 3 – шнек.

З проведеного аналізу ми бачимо, що для забезпечення високої якості очищення, сепарації і поділу на фракції немає однієї над універсальної машини щоб відповідала усім вимогам. Є конкретні машини які виконують певні операції для яких дана конструкція призначена. Одні машини характерні невисокою ціною, достатньою надійністю, але не забезпечують необхідний рівень очищення, особливо на вологому зерні і не задовольняють вимогам по умовам праці. Інші машини забезпечують достатню якість очистки зерна, проте конструктивно складні, досить дорогі і мають незадовільну надійність, що викликають необхідність пошуку способів підвищення їх продуктивності і надійності.

### 1.3 Шляхи інтенсифікації процесу очищення і розділення на фракції

Очистку зерна виконують на різних машинах, принцип дії яких заснований на різних фізико-механічних властивостей зерна і домішок.

Численні дослідження процесу сепарації зернових сумішей дозволили виділити основні фактори, які суттєво впливають на ефективність процесу. Ці



фактори можна розділити на три наступні основні групи: конструктивні (ширина і довжина решета, форма і розташування отворів, площа "живого" перетину, кут нахилу до горизонту і ін.); технологічні (питоме навантаження, засміченість, вид культури, вологість, коефіцієнт тертя матеріалу об решето і ін.); кінематичні (амплітуда коливань, частота обертання решета, максимальне прискорення решета і т.д.).

На основі дослідження впливу різних факторів, виробничий процес можна інтенсифікувати оптимізацією і управлінням з використанням існуючих робочих органів, а також із застосуванням нових, більш досконаlih технологій і обладнання. Для того, щоб суттєво інтенсифікувати технологічні процеси сепарації, підвищити в кілька разів питому продуктивність сепаруючих органів і поліпшити якість їх роботи, необхідно йти по шляху дослідження нових робочих органів.

Інтенсифікація процесів сепарації означає підвищення їх продуктивного функціонування в одиницю часу. Отже, кількісним показником буде питома продуктивність[1,9,17-20]:

$$Q = \frac{W}{R}, \quad (1.3)$$

де  $W$  - продуктивність робочого органу;

$R$  - показник робочого органу (площа, маса і т.д.).

Ступінь інтенсифікації визначається відношенням питомої продуктивності нового робочого органу  $Q_n$  до питомої продуктивності базового  $Q_{бз}$ [1,9,17-20]:

$$S = \frac{Q_n}{Q_{бз}}, \quad (1.4)$$

Однак, при досягненні  $S > 1$  для процесу сепарації може виявитися, що якість виконання робіт погіршується. Тому при інтенсифікації необхідно, щоб якість роботи була не нижче, ніж у базового робочого органу.

Таким чином, інтенсифікація визначається наступною системою рівнянь[1,9,17-20]:

$$S > 1, R_{ni} > R_{бзи}, i = 1, 2, 3 \dots n \quad (1.5)$$

де  $R_n$  і  $R_{бзи}$  - показники якості здійснення технологічного процесу сепарації новими і базовими робочими органами.

З проведеного аналізу процесу сепарації можна виділити три основні напрямки його інтенсифікації:

- Синтез най оптимальних машин, конструкцій і обладнання.
- Застосування складного поля інерційно-гравітаційних сил.
- Збільшення площі "живого" перетину і оптимізація форми сепаруючих робочих органів.
- Створення умов стабільного руху зернових частинок щодо отворів.

#### **1.4 Висновки та завдання досліджень**

З проведеного аналізу випливає, що дослідження шляхів інтенсифікації процесу очищення і розподілу на фракції зерна на циліндричних решетах та трієрах набули великого поширення в сучасній науці, що говорить про розгляд даних машин як перспективного шляху інтенсифікації процесу.

Метою даного дослідження є підвищення ефективності технологічних процесів очищення насіння шляхом обґрунтування структури і параметрів технології очищення зерна з поділом на фракції.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання дослідження:

1. Підвищити ефективність очищення і розподілу на фракції зернового вороху на основі обґрунтування раціональних технологій, машин і обладнання.
2. Удосконалити конструкцію зернового металника, що дозволить збільшити площу очищення зернового вороху і покращить розподіл на фракції.
3. Обґрунтувати основні конструктивно-режимні параметри процесу сепарації;

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ З РОЗПОДІЛОМ НА ФРАКЦІЇ

#### **2.1 Математичне моделювання процесу очищення насіння пшениці**

На сьогоднішній день домішки, що найважче відділити від насіннєвого зерна пшениці є овес, ячмінь і жито. Аналіз робіт з обробки продовольчого і насіннєвого зерна показав, що поряд з дослідженнями в галузі технології та технічних засобів очищення зернового матеріалу, технологічний процес очищення зерна і насіння від важко відокремлюваних домішок недостатньо вивчений. У зв'язку з цим, особливого значення набувають питання дослідження технологічних процесів очищення зерна і насіння від домішок, які важко відділити від насіння зерна, рішення яких дозволило б обґрунтувати технології і комплекси машин.

Розроблені технічні засоби для очищення та сушіння зерна та технології потокової обробки, обґрунтовані в роботах [3,4,9,11,12,16-21] та інших, реалізовані в високомеханізованих зерноочисних і сушильних комплексах та агрегатах. Для очищення зерна і насіння на відкритих майданчиках застосовуються ворохоочисники, насіннеочисні повітряно-решітні-трієрні машини і інші [3,4,9,11,12,16-22].

Підвищення продуктивності зерноочисного обладнання може бути досягнуто шляхом використання фракційної технології, де лише близько 50% зерна обробляється в трієрах з низькою продуктивністю. Підвищення якості очищення насіння по довжині може бути досягнуто шляхом розробки рекомендацій щодо вибору розміру комірок трієрних циліндрів щодо максимальної довжини коротких зерен і установки робочих кромek їх жолобів [3,4,9,11,12,16-21].

Процеси очищення продовольчого і насіннєвого зерна від важко відокремлених домішок розглянуті з позицій системного підходу у вигляді

багаторівневої, динамічної системи, що має ієрархічну структуру, що складається з трьох підсистем: технологічні процеси, технології, технічні засоби.

Підсистема першого рівня включає в себе структурні блоки (попередня, первинна очистка зерна, насіння і т.д.), утворюють технологічні процеси. Підсистему другого рівня являють технології очищення зерна, насіння від важко відокремлених домішок. Елементом підсистеми є визначення структури та раціональних параметрів технологій очищення зерна, насіння.

Підсистему третього рівня складають технічні засоби, що реалізують технологічні процеси. Елементом підсистеми є визначення оптимальних параметрів і режимів роботи зерноочисних машин. Підсистема третього рівня відображує структурні зв'язки з зовнішнім середовищем і між елементами системи.

Ефективність технологічних процесів визначалася методом отримання поетапних ефектів при обробці зерна[2-4].

Результуючий технологічний ефект повинен бути більше нуля ( $T > 0$ ), при цьому якість обробленого зерна (чистота  $P$ , схожість  $B$ , маса 1000 насінин  $H$ ):  $K_0(t) = (P \geq P^l, B \geq B^l, H \geq H^l)$ , де  $P^l, B^l, H^l$  – показники, що регламентовані стандартами[1].

Для оцінки ефективності технологічних процесів очищення зерна прийнята цільова функція вигоди (умовного доходу):

$$\Phi = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i - Q_0 \cdot C_0 - C_{ez} \rightarrow \max, \quad (2.1)$$

де  $\sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i$  - вартість всіх  $i$  - фракції, одержуваних при обробці зерна в одиницю часу, грн/год;

$Q_0 C_0$  - вартість вихідного матеріалу, що надходить на обробку в одиницю часу, грн/год;

$C_{ez}$  - експлуатаційні затрати в одиницю часу, грн/год.

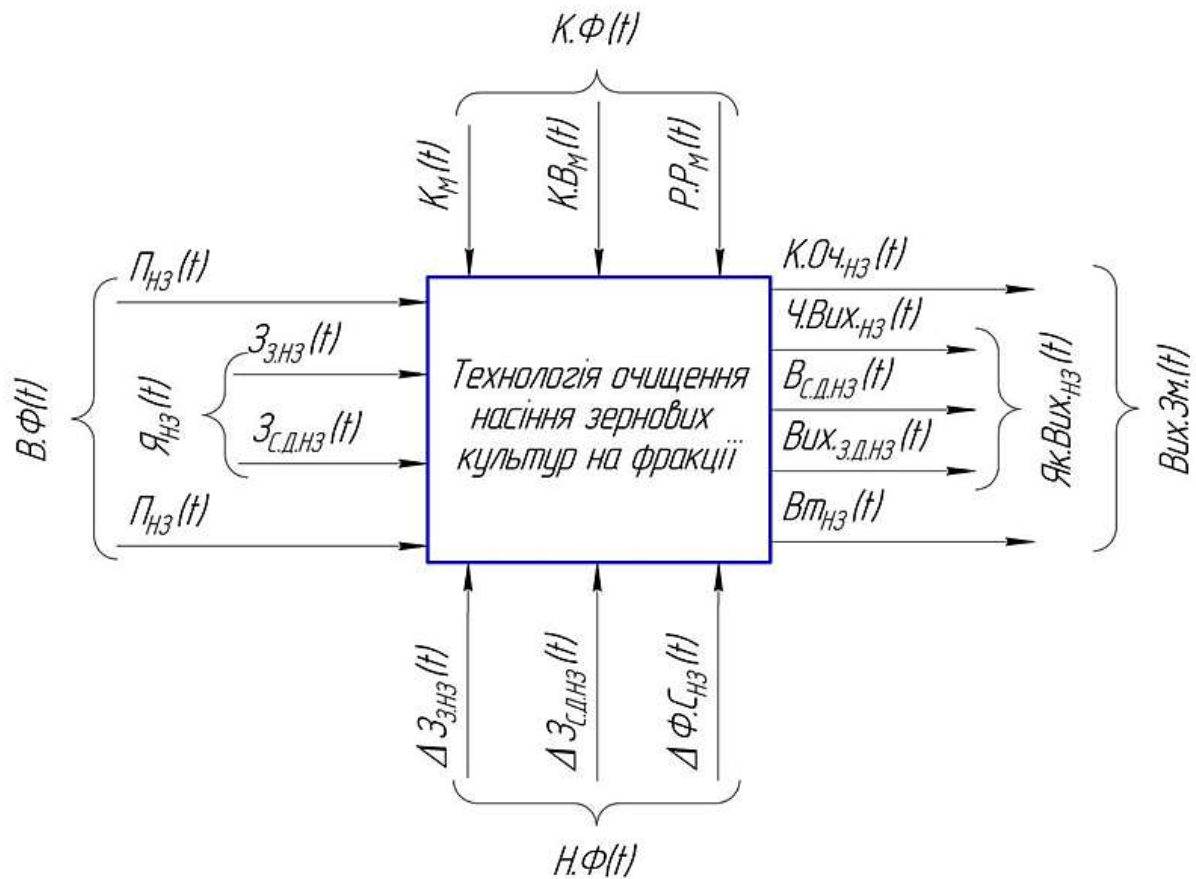
Аналіз виразу (2.1) показує, що цільова функція підвищується при підвищенні продуктивності потокової лінії  $Q_0$ , виходу готової продукції і вартості насінневого матеріалу  $C_0$  і зниженні експлуатаційних витрат  $C_{ez}$ . Вартість готової продукції залежить від її чистоти. У свою чергу, чистота готової продукції залежить від якості очищення зерна і насіння.

Підвищення продуктивності обладнання потокової лінії, що обмежується пропускною здатністю вівсюжних циліндрів, і, відповідно, зниження експлуатаційних витрат на очищення насінневого зерна може бути досягнуто шляхом застосування фракційної технології його очищення, де, приблизно, половина зернового матеріалу обробляється в трієрних циліндрах [3,11,12,18].

Технологічні процеси очищення насіння зернових відбуваються поетапно, на відповідних зерноочисних машинах. Вплив робочих органів машин на якість очищення зерна (насіння) в процесі обробки може бути визначено на основі функціональної моделі процесу очищення (рис. 2.1).

Функціональна модель описує стан системи «технологія-машина-зерно (насіння)». Вхідними факторами  $B.\Phi(t)$  є подача зернового матеріалу  $P_{H3}(t)$ , його якість  $Y_{H3}(t)$ , загальна засміченість зерна  $Z_{z.H3}(t)$ , в тому числі сміттевою домішкою  $Z_{с.д.н3}(t)$  і комплексу фізико-механічних властивостей  $P_{H3}(t)$  компонентів зерна (швидкості витання, щільності, кута тертя, маси 1000 насінин і ін.).

Факторами, на які ми можемо впливати (керуючі фактори)  $K.\Phi(t)$  служать комбінації машин в технології  $K_M(t)$ , їх конструкційне виконання  $K.B_M(t)$  і їх технологічні режими роботи  $P.P_M(t)$ . До некерованих факторів  $H.\Phi(t)$  відносяться зміна загальної засміченості зерна (насіння)  $\Delta Z_{z.H3}(t)$ , в.т.ч. сміттевою домішкою  $\Delta Z_{с.д.н3}(t)$ , фракційного складу зерна  $\Delta \Phi.C_{H3}(t)$ . До вихідних змінних (результатів фракційної очистки)  $Вих.Z_m(t)$  відноситься кількість  $K.Оч.H3(t)$  очищеного матеріалу за одиницю часу, його якість  $Як.Вих.H3(t)$  і втрати зерна (насіння)  $Вт_{H3}(t)$  у відходи (фураж).



**Рисунок 2.1 – Функціональна модель процесу очищення насіння**

Якість вихідного насіння  $Я_{к.Вих.нз}(t)$  оцінюють його чистотою  $ЧВих.нз(t)$ , вмістом сміттевої домішки  $B_{СДНЗ}(t)$  і вмістом насіння бур'янів і зерновою домішкою (в зерні,%; в насінневому матеріалі насіння бур'янів та інших культурних рослин - шт/кг), фізико-механічними властивостями  $Вих.зднз(t)$  (масою 1000 насінин), а також вимогами стандартів до якості відповідного класу зерна і насіння[6-7].

Вміст тієї чи іншої сміттевої домішки в очищеному зерні залежить від засміченості вхідного зернового матеріалу  $Z_{ЗНЗ}$ , наведеного показника повноти виділення домішки (повноти виділення домішки комплексом машин)  $E_o$  і сумарних втрат зерна у відходи  $B_m$  і може бути визначено за виразом 2.2.[6,7]:

$$D_o = \frac{100 \cdot Z_{ЗНЗ} \cdot (1 - E_o)}{100 - B_t}, \quad (2.2)$$

Домішкою, яку найскладніше відділити від насіння зернових є насіння вівсюга і жита[6,7,11]. Наведений показник повноти виділення такої сміттевої домішки (вівсюга) з зерна при його фракційному очищенні можна записати у вигляді залежності 2.3:

$$E_0^3 = f(E_{ПО}, E_{\phi}, E_{\phi.с}, E_m), \quad (2.3)$$

де  $E_{ПО}$ ,  $E_{\phi}$ ,  $E_{\phi.с}$ ,  $E_m$  - відповідно, повнота виділення сміттевої домішки із зерна при його попередньому очищенні, фракційному поділі і очищенню зерна, в т. ч. в відходи з дрібної фракції зерна при його пропуску через трієри.

Вираз (2.3) можна записати у вигляді рівняння регресії:

$$E_0^3 = a_0 E_{ПО} + a_1 E_{\phi.с} + a_2 E_m, \quad (2.4)$$

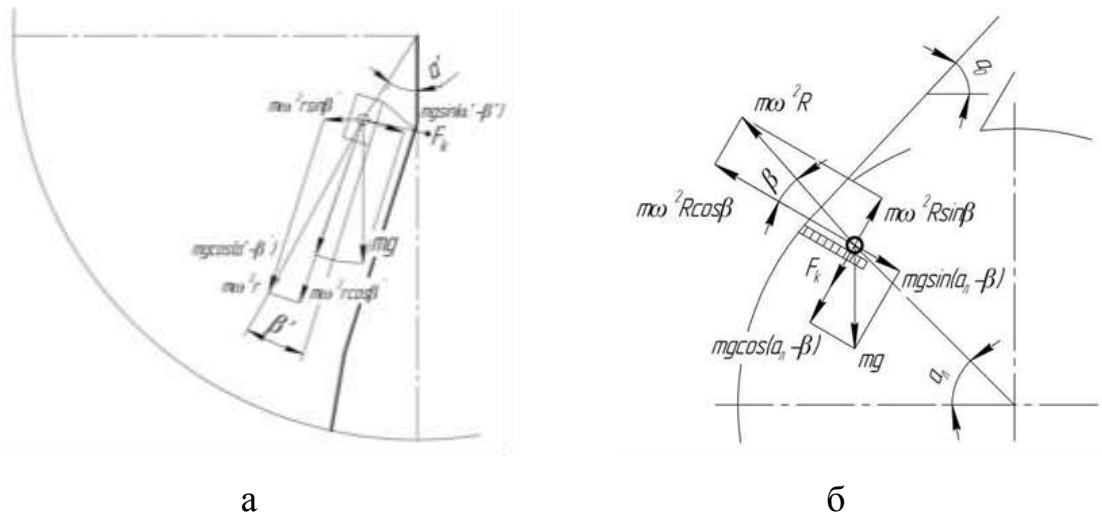
де коефіцієнти  $a_0=1$ ;  $a_1=(1-E_{ПО})$ ;  $a_2 = (1-E_{ПО}) \cdot (E_{\phi} - E_{\phi.с})$ .

Підставивши значення коефіцієнтів у вираз (2.4), отримаємо математичну модель технологічного процесу фракційного очищення зерна при фактичній продуктивності лінії у вигляді:

$$E_0^3 = E_{ПО} + (1-E_{ПО}) E_{\phi.с} + (1-E_{ПО}) \cdot (E_{\phi} - E_{\phi.с}) E_m, \quad (2.5)$$

## **2.2. Дослідження руху зернівки по поверхні решета та лопаті метальника**

Беручи за основу удосконалену конструкцію і технологічний процес роботи зернового метальника, що описаний в п.3.1. розглянемо взаємодію зернини (порції зерна), що надходить на очистку з робочими поверхнями решета і лопаті метальника. Слід відмітити, що сила повітряного потоку яка діє на порцію зерна незначна, зважаючи на невисоку абсолютну швидкість руху частинки по решету і лопаті барабана то нею можна знехтувати. Схеми сил, що діють на частку (порцію зерна) при її русі по решеті для очищення і фракційного розподілу та лопаті, при прийнятому допущенні представлені на рис. 2.2.



**Рисунок 2.2 – Схема сил, що діють на зернину (порцію зерна) при русі по поверхні решета (а) і лопаті барабана металника (б)**

Диференційне рівняння руху зернівки (порції зерна) по решеті для очищення і фракційного розподілу металника зерна запишеться у вигляді:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = m\omega^2 r \cos \beta' + mg \cos(\alpha' - \beta') - F, \quad (2.6)$$

де:  $r$  – відстань від осі барабану до центра маси частинки(зернівки), м;

$t$  – час руху частинки по решету, с;

$m$  – маса зернини, кг;

$\omega$  – кутова швидкість барабана металника, с<sup>-1</sup>;

$\beta'$  – кут нахилу радіуса, що проходить через центр маси частинки, до поверхні решета, град;

$\alpha'$  – кут нахилу радіуса, що проходить через центр маси частинки, до вертикального діаметру барабана, град;

$F$  – сила тертя зерна, Н.

Сила тертя  $F = f_p N$ , . Нормальна реакція

$N = mg \sin(\alpha' - \beta') - m\omega^2 r \sin \beta' + F_k$  (де коріолісова сила інерції



$F_k = 2m\omega \frac{dr}{dt}$ ). Підставивши значення сили тертя  $F$ , позначивши кут повороту решета в момент дослідження до початку руху зерна  $\theta$ , враховуючи, що  $\omega = \frac{d\theta}{dt}$  або  $dt = \frac{d\theta}{\omega}$  і записавши, що  $m' = (\cos \beta' + f_p \cdot \sin \beta')$  а  $n' = (\sin \beta' - f_p \cdot \cos \beta')$ , отримаємо диференціальне рівняння руху зернівки по решету у вигляді:

$$\frac{d^2 r}{d\theta^2} + 2f \frac{d r}{d\theta} - r m = \frac{g m'}{\omega^2} \cos \theta + \frac{g n'}{\omega^2} \sin \theta, \quad (2.7)$$

Рівняння 2.7 це лінійне неоднорідне рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами. Загальним розв'язком даного рівняння є сума часткового розв'язку неоднорідного і повного розв'язку відповідного однорідного рівняння. Кінцевий розв'язок однорідного рівняння має вигляд:

$$r_1 = C_1 e^{h_1 \theta} + C_2 e^{h_2 \theta}, \quad (2.8)$$

де  $h_1, h_2$  – корені характеристичного рівняння.

Частковий розв'язок неоднорідного рівняння шукаємо у вигляді:

$$r_2 = A \cdot \cos \theta + B \sin \theta, \quad (2.9)$$

Значення відповідних диференціалів даного рівняння підставляємо в рівняння (2.8) і приймаємо коефіцієнти при  $\sin \theta$  і  $\cos \theta$  в правій і лівій частинах отриманого рівняння, визначають значення коефіцієнтів  $A$  і  $B$  рівняння (2.9).

Загальний розв'язок рівняння (2.8) матиме вигляд:

$$r = C_1 e^{h_1 \theta} + C_2 e^{h_2 \theta} + A \cdot \cos \theta + B \sin \theta, \quad (2.10)$$

Продиференціюємо рівняння (2.10) і отримаємо переносну швидкість:

$$V_0 = C_1 h_1 e^{h_1 \theta} + C_2 h_2 e^{h_2 \theta} - A \cdot \sin \theta + B \cos \theta, \quad (2.11)$$

Так як  $\frac{dr}{d\theta} = \frac{dr}{\omega dt}$ , то:

$$\frac{dr}{dt} = C_1 h_1 e^{h_1 \theta} + C_2 h_2 e^{h_2 \theta} - A \cdot \sin \theta + B \cos \theta, \quad (2.12)$$

Значення коефіцієнтів  $C_1$  і  $C_2$  визначаються із початкових умов рівняння (2.10). При  $\theta = \theta_0$ ,  $r = r_0$ ,  $V = V_0$  отримаємо:

$$r_0 = C_1 e^{h_1 \theta_0} + C_2 e^{h_2 \theta_0} + A \cdot \cos \theta_0 + B \sin \theta_0, \quad (2.13)$$

$$V_0 = \omega \cdot (C_1 h_1 \dot{a}^{h_1 \theta_0} + C_2 h_2 \dot{a}^{h_2 \theta_0} - A \cdot \sin \theta_0 + B \cos \theta_0), \quad (2.14)$$

Розв'язок системи рівнянь (2.13) і (2.14) дає можливість визначити коефіцієнти  $C_1$  і  $C_2$  рівняння (2.10).

### 2.3 Висновки по розділу 2.

1. Очищене зерно і насіння пшениці в господарствах зони Полісся мають низьку якість, в основному, через вміст насіння, яке важко відділити звичайним очищенням, це така дикоросла культура як вівсюг та інших культурних рослин (ячмінь, овес і жито).

2. Підвищення продуктивності обладнання і якості вихідного насіння пшениці можна досягнути шляхом використання фракційної технології, з обґрунтуванням комплексу машин і обладнання, розробки рекомендацій щодо вибору розміру комірок трієрних циліндрів щодо максимальної довжини коротких зерен.

3. На основі аналізу математичної моделі технологічного процесу очищення зерна від домішок (3.1) обґрунтована фракційна технологія очищення зерна, що включає попереднє очищення, розділення зернового матеріалу на фракції лопатевим металником і обробку його дрібною фракцією в вівсюжних і кукільних циліндрах.

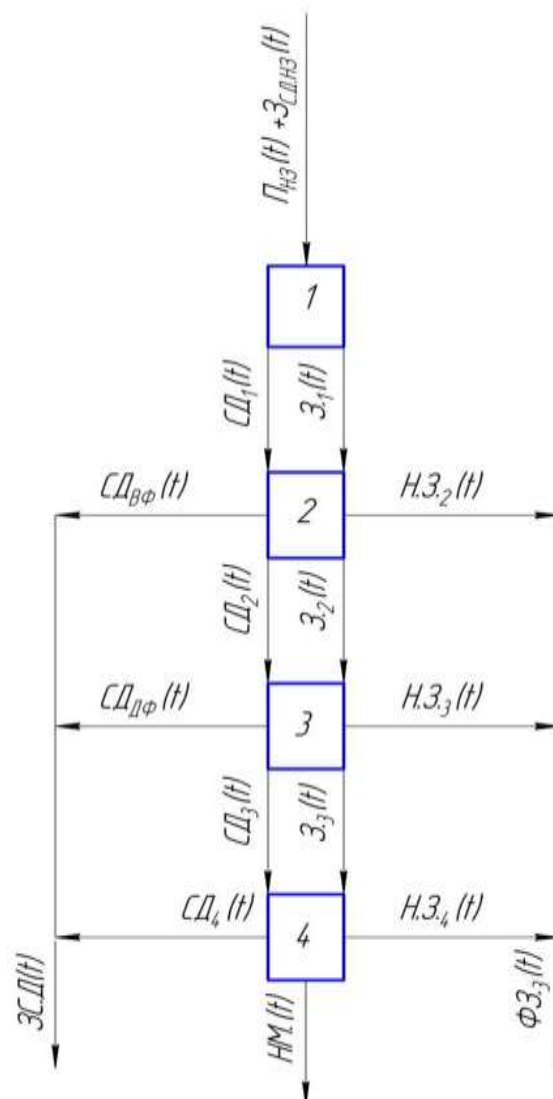
4. Досліджено рух зернівки по поверхні решета для очищення і фракційного розподілу та лопаті металника і на основі виведених математичних залежностей можна визначати основні конструкційні і технологічні параметри такого типу машин і обладнання.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Результати математичного моделювання процесу очищення насіння пшениці

На основі функціональної моделі (2.1) і математичного обґрунтування, що описане в п.2.1 виконали удосконалення технологічного процесу очищення насіння пшениці за рахунок поділу на фракції вихідних складових зернового вороху. Структурна схема відображена на рис.3.1.



**Рисунок 3.1** Структурна схема технологічного процесу очищення насіння пшениці з розподілом на фракції.

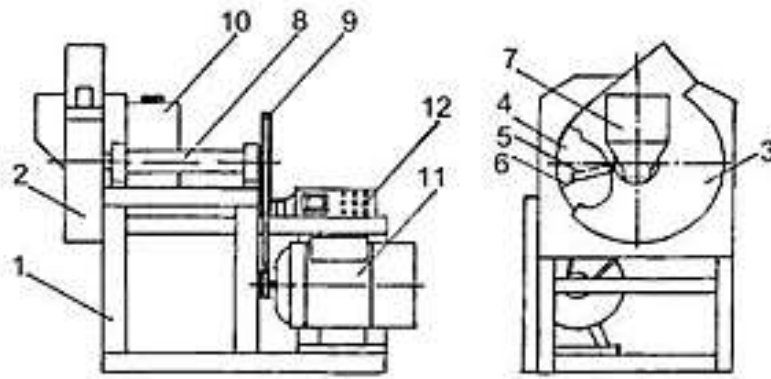
Ефективність даного технологічного процесу ґрунтується методом отримання поетапних ефектів при обробці зерна. Як бачимо зі схеми 3.1 весь технологічний процес складається з чотирьох етапів:

- перший - це попереднє очищення зернового вороху що надходить від комбайна. Виконується на зерноочисних машинах типу ЗВС- 20;
- другий - це відділення від зернового потоку сміттєвих домішок великих фракцій і некондиційного зерна на решетах з обов'язковим поділом на фракції;
- третій - це відділення дрібної фракції сміттєвої домішки і очистка зерна від насінневих домішок інших культур. Третій етап виконується на вівсюжних циліндрах, трієрах або удосконаленим металником зерна;
- четвертий етап виконується за потреби довести насінневий матеріал до найвищих кондицій і в основному використовується на селекційних станціях. Використовують для такого очищення кукільні циліндри.

За даними проведених досліджень, повноту виділення сміттєвої домішки (вівсюга) при очищенні зерна за пропонованим способом можна збільшити до 0,94-0,96.

### **3.2 Обґрунтування конструкції лопатевого металника для очищення зернового вороху з розподіленням на фракції**

На основі проведених пошукових і теоретичних досліджень було удосконалено конструкцію металника зерна. При фракційному очищенні насіння пшениці зерновий матеріал розділяється на фракції удосконаленим лопатевим металником з виділенням легких домішок (вівсюга) в дрібну фракцію і обробку даної фракції в вівсюжних циліндрах. Схема удосконаленого лопатевого металника приведена на рис. 3.2.



**Рисунок 3.2** Схема лопатевого металника зерна: 1. рама; 2. кожух; 3. кришка кожуха; 4. лопатевий барабан; 5. фракційне решето з піддоном; 6. лопать барабана; 7. бункер; 8. привідний вал; 9. пасова передача; 10. випрямляч ВСА-5К; 11. електродвигун; 12. панель управління.

Зерновий ворох, що підлягає очищенню і розподілу на фракції подається з бункера металника по зернопроводу до барабану і знаходиться між обертовими привідними і кільцевими дисками, що з'єднаними між собою лопатями. Порція зерна захоплюється фракційним решетом і переміщається по ній, де основна частина зерна проходить через його отвори і, переміщаючись по піддону, потрапляє на лопать. Легкі довгі домішки (вівсюг) з невеликою частиною цільного матеріалу сходять з решета і надходять на нижню сторону порції зерна, в сторону, куди відхиляються легкі домішки в процесі метання зернового матеріалу. Вихід порції зерна з комірки барабану в зоні вивантаження здійснюється ковзанням по її задній стінці (лопаті).

Підставивши в рівняння (2.7), згідно зі схемою дії сил на зернівку, розташовану на лопаті металника (рис. 2.2, б), замість  $\beta'$ ,  $\alpha'$  і  $F = f_p N \beta$ ,  $(\alpha_n + 90)$  і  $F = fN$  було отримано диференціальне рівняння руху частинки (порції зерна) по лопаті металника в зоні викиду порції зерна з комірки барабану в напрямку випускного патрубку і було вирішено аналогічним чином. Рішенням отриманих рівнянь графоаналітичним методом були визначені траєкторії абсолютного руху частинки (порції зерна) по решету, піддону і лопаті барабану металника в зоні вивантаження порції зерна з комірки барабану. На основі їх аналізу обґрунтовані раціональні значення кута нахилу фракційного решета і піддону

до радіусу барабана  $\beta' = 15-20^\circ$ , лопаті до дотичного кола барабана  $70-75^\circ$  ( $\beta = 15-20^\circ$ ) при діаметрі барабана 0,8 м, початкової швидкості вкидання порції зерна 10 м/с, куті метання  $\alpha_0 = 45^\circ$ , товщині порції зерна 0,05 м.

Для розробки рекомендацій щодо вибору розміру комірок трієрного циліндра щодо максимальної довжини коротких зерен і установці робочої кромки жолоба з метою підвищення якості очищення насіння по довжині розглянуто процес випадання довгих і коротких зерен з комірок трієрних циліндрів перекиданням навколо своєї нижньої точки опори. При цьому були прийняті наступні допущення:

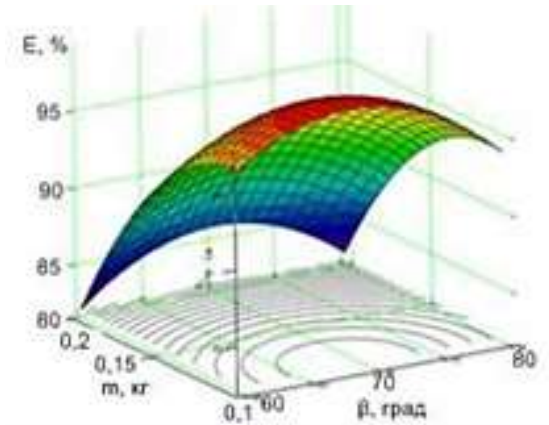
а) силою впливу повітряного середовища на зернівку і переміщенням центру маси частинки відносно осі циліндра;

б) вісь трієрного циліндра розташована в горизонтальній площині. Зони випадання довгих (вівсюга) і коротких зерен (насіння пшениці) з комірок вівсюжного трієра не перекриваються, і вони можуть бути розділені при співвідношенні діаметра комірок і максимальної довжини насіння основної культури  $\mu=1,10-1,25$ . Максимальна довжина насіння пшениці сягає 7,2-7,6 мм. Значить, для умов Полісся насіння рекомендується обробляти в вівсюжних і лялькових циліндрах з діаметром комірок, відповідно, 8,0-8,5 мм.

За допомогою математичного моделювання процесу очищення і розподілу на фракції удосконаленою конструкцією металника зерна і обробкою отриманих даних за допомогою програмного забезпечення побудували графічну залежність ефективності розділення зерна від кута  $\beta$  нахилу лопаті металника і маси  $m$  порції зернового вороху при  $n = 8$  шт. представлена на рис. 3.3.

При підвищенні кута  $\beta$  нахилу лопатей від  $60$  до  $80^\circ$  ефективність розділення і очищення зерна від легкої домішки при інших рівних умовах спочатку підвищується, а потім знижується. При підвищенні маси порції зерна від  $0,1$  до  $0,2$  кг ефективність розділення і очищення зерна знижується. При збільшенні кількості лопатей на барабані ефективність очищення зерна від легкої

домішки знижується, тому приймаємо кількість лопатей в барабані із зовнішнім діаметром 0,8 м, рівним 8.



**Рисунок 3.3 – Графічна залежність ефективності розділення зерна від кута  $\beta$  нахилу лопаті метальника і маси  $m$  порції зернового вороху ( $n = 8$ )**

Ефективність розділення і очищення зерна становить 96% при значенні кута нахилу лопатей  $\beta = 70^\circ$  і масі порції зерна  $m = 0,15$  кг.

Попереднє розшарування порції зерна в удосконаленому метальнику забезпечує підвищення ефективності розділення і очищення на 6-7%.

### 3.3 Висновки по розділу 3

1. На основі визначення якісних показників технологічного процесу очищення зерна і шляхом їх аналізу обґрунтована фракційна технологія очищення зерна з поділом зернового матеріалу на фракції удосконаленим лопатевим метальником, що забезпечує, у порівнянні з потоковою обробкою зерна, підвищення продуктивності лінії і зниження експлуатаційних витрат.

2. Параметри лопатевого метальника зерна, обладнаного пристроєм для попереднього розшарування зерна. Початкова швидкість 10 м/с, кут метання зерна  $45^\circ$ , кут нахилу фракційного решета до радіусу барабана -  $18^\circ$ , лопаті установлені під кутом  $70^\circ$  до дотичного кола барабана, кількість лопатей - 8, діаметр барабана 0,8 м, маса порції зерна - 0,15 кг, ширина лопаті 0,1 м. Розрахункова продуктивність метальника становитиме 17,0 т/год.

## ВИСНОВКИ

1. Зернова маса, що надходить на обробку від комбайнів, має підвищену вологість і засміченість: містить насіння основної культури, інших культур і бур'янів, домішки органічного і мінерального походження, а також дефектні (щуплі, биті, роздроблені і ін.) зерна основної культури, що знижує її товарну якість.

2. Для забезпечення високої якості очищення, сепарації і поділу на фракції немає однієї універсальної технології чи машини щоб відповідали усім вимогам. Є конкретні машини які виконують певні операції для яких дана конструкція призначена.

3. Підвищення продуктивності обладнання і якості вихідного насіння пшениці можна досягнути шляхом використання фракційної технології, з обґрунтуванням комплексу машин і обладнання, розробки рекомендацій щодо вибору розміру комірок трієрних циліндрів щодо максимальної довжини коротких зерен.

4. На основі аналізу математичної моделі технологічного процесу очищення зерна від домішок (3.1) обґрунтована фракційна технологія очищення зерна, що включає попереднє очищення, розділення зернового матеріалу на фракції лопатевим металником і обробку його дрібної фракції в вівсюжних і кукільних циліндрах.

5. За допомогою математичного моделювання процесу очищення і розподілу на фракції удосконалено конструкцією металника зерна що має такі параметри: початкова швидкість 10 м/с, кут метання зерна  $45^\circ$ , кут нахилу фракційного решета до радіусу барабана -  $18^\circ$ , лопаті установлені під кутом  $70^\circ$  до дотичного кола барабана, кількість лопатей - 8, діаметр барабана 0,8 м, маса порції зерна - 0,15 кг, ширина лопаті 0,1 м. Розрахункова продуктивність металника становитиме 17,0 т/год.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Быков В.С. Интенсификация процесса сепарации зерновых смесей на плоских качающихся решетках: Дис...канд. техн. наук / В.С. Быков. – Воронеж, 1991. – 230с.
2. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. К.: УСХА, 1960. – 216 с.
3. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Д. Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. - К.: Урожай, 1994. - 448 с
4. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины. – М.: Машгиз, 1961. – 368с.
5. Гупка Б.В. Рогатинська О.Р. Моделі контактної взаємодії частинок технологічного середовища з робочими поверхнями деталей машин / Б. В. Гупка, О.Р. Рогатинська // Наукові нотатки: міжвузівський зб. Луцьк: Вид-во ЛДТУ, 2002. Вип. 11. С.114-120.
6. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. – К.: Ред.-вид. відділ УкрНДІССІ, 2003. – 172 с.
7. ДСТУ 3768:2009. Пшениця. Технічні умови. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 12 с.
8. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням: навчальний посібник / В. В. Душинський. К.: НТУУ “КПІ”, 1998. – 408 с.
9. Заика П.М. Движение сыпучих смесей по поверхности вибросепаратора / П.М. Заика, Д.Н. Тищенко, Д.И. Мазоренко и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. - №1. – С.26 – 27.
10. Камінський В.Д. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. Одеса: Аспект, 2000. – 460 с.
11. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. – М.: Машиностроение, 1974. – 200с.

12. Комаристов В. Е. Сельскохозяйственные машины / В. Е. Комаристов, Н. Ф. Дунай. М. : Колос, 1984. 478 с.
13. Крейерман Г. И. Пути снижения травмирования семенной пшеницы при обработке на хлебоприемных и семяобработывающих предприятиях / Г. И. Крейерман, В. Б. Лебедев. М.: ЦНИИТЭИ Мингаза, 1971. 50 с.
14. Кузнєцов Ю. М. Теорія технічних систем / Ю. М. Кузнєцов, І. В. Луців, С. А. Дубиняк. – Київ-Тернопіль, 1997 – 310 с.
15. Пік А. І. Динамічна модель взаємодії частинок сипкого вантажу між собою та з робочими поверхнями машин / А. І. Пік, О. Р. Рогатинська, О. В. Дудін // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Харків, 2004. Вип. 24. С. 120-127.
16. Подпряттов Г. І. Технологія обробки, переробки зерна та виготовлення хлібопекарської продукції. К. : НАУ, 2000. 126 с.
17. Проектування сільськогосподарських машин: навч. посіб. / [Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін.] ; за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. – 640 с.
18. Пути реконструкции и совершенствования зерноочистительных агрегатов / А.П. Тарасенко, М.Э. Мерчалова, А.А. Гехтман, Н.Н. Хабрат; Тракторы и с.- х. машины. – 2001. - №4. - С. 34-35
19. Резниченко, В.И. Интенсификация процесса предварительной обработки невялого вороха: Дис.... канд. тех. наук/ В.И. Резниченко; Воронеж.гос. аграр. ун-т.- Воронеж., 1991.- 250 с.
20. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, та ін.; За ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005.-464 с.
21. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: Навч. посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю, Гвоздев В. О.; за ред. О. В. Дацишина. Вінниця: Нова Книга, 2009. 488 с.
22. [https://aeromeh.com.ua/catalog/separatory-sad/?gclid=Cj0KCQiAk53-BRD0ARIsAJuNhpsZUXxa2xW24vV8QC0M1V4yHKP8L984mYakCjhlQaP6qbysai0urpm8aArhmEALw\\_wcB](https://aeromeh.com.ua/catalog/separatory-sad/?gclid=Cj0KCQiAk53-BRD0ARIsAJuNhpsZUXxa2xW24vV8QC0M1V4yHKP8L984mYakCjhlQaP6qbysai0urpm8aArhmEALw_wcB) (дата звернення: 1.10.2020).