

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА
Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **«Дослідження фізико-механічних властивостей зернових
матеріалів з обґрунтуванням конструктивно - кінематичних параметрів
кульового млина»**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62

Спеціальності **208 «Агроінженерія»**

Хілярський Микола Миронович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф. Кузмінський Роман Данилович
(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 ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
«28» 04. 2023 р.
Завідувач кафедри _____
к.т.н. доцент Шарібур А.О.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

_____ Хілярський Микола Миронович

(підпис)

1. Тема роботи: **«Дослідження фізико-механічних властивостей зернових матеріалів з обґрунтуванням конструктивно - кінематичних параметрів кульового млина»**

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

Затверджено наказом по університету від 28.04.2023 року №133/к-с.

2. Термін здачі студентом магістерської роботи до 15. 01. 2024 р.

3. Вихідні дані для магістерської роботи: 1. *Технологічні вимоги до машин для подрібнення зерна.* 2. *Патентний огляд.* 3. *Дослідний зразок кульового млина, насіннєві суміші зернових.* 4. *Наукова та довідкова література.*

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

ВСТУП

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Способи подрібнення зернових матеріалів; 1.2. Класифікація та принцип роботи барабанних млинів; 1.3. Млини і принцип їх дії; Висновки

2. ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬОВОГО МЛИНА

2.1. Процеси дроблення та подрібнення; 2.2. Особливості взаємодії ядра з зерном; 2.3. Розрахунок технологічної взаємодії ядра з зерном; 2.4. Розрахунок технологічної взаємодії ядра з зерном; 2.5. Розрахунок параметрів кульового млина; Висновки

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень; 3.2. Оцінки якісних показників роботи кульового млина; 3.3. Дослідження міцності зерна, та його фізичних властивостей

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Показники геометричних характеристик зерна; 4.2. Маса 1000 зерен, та його коефіцієнт внутрішнього тертя; 4.3. Механічні властивості зерна; 4.4 Величина і вирівняність зерна; 4.5. Експериментальне визначення коефіцієнта завантаження млина; Висновки

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналітичне дослідження виробничого травматизму при виконанні технологічних операцій; 5.2. Вимоги до виробничого обладнання та засобів механізації; 5.3. Розрахунок захисного заземлення; 5.4. Визначення необхідного обсягу повітрообміну;

6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

ДОДАТКИ

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання 28.04. 2023 р.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | Виконання першого розділу | 25.06-05.7 | |
| 2 | Виконання другого розділу | 05.7-15.8 | |
| 3 | Виконання третього розділу | 16.8-25.9 | |
| 4 | Виконання четвертого розділу | 26.9-29.10 | |
| 5 | Написання розділу «Охорона праці» | 30.10-09.11 | |
| 6 | Розрахунок економічної ефективності | 10.11-15.12 | |
| 7 | Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів доповіді | 15.12-25.12 | |
| 8 | Завершення проекту в цілому | 10.01.24 | |

Студент _____ Хілярський М. М.

Керівник дипломної роботи _____ Кузмінський Р.Д.

УДК 631.355.072.1

Дослідження фізико-механічних властивостей зернових матеріалів з обґрунтуванням конструктивно - кінематичних параметрів кульового млина. // Хілярський М. М. Дипломна робота на здобуття ОКР "Магістр". – Дубляни: ЛНУП, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича, 2024. – 57 стор. текст. част.; 10 таблиць; 22 рисунки; 25 літературні джерела.

Проведено аналіз сучасного стану механізації подрібнення зернових сумішей, засобів механізації для виконання технологічного процесу подрібнення. На основі патентного огляду та з використанням отриманих результатів на лабораторному обладнанні побудовані графіки та варіаційні криві подрібнення зернової суміші, обґрунтована необхідність удосконалення кінематичних режимів роботи та технологічної схеми нового кульового млина.

Наведені результати експериментальних досліджень окремих фізико-механічних властивостей зернових матеріалів, залежності міцності та якісних показників роботи кульового млина від його конструктивно-технологічних параметрів. Розроблені заходи з техніки безпеки, проведено розрахунок економічної ефективності використання знаряддя запропонованої конструкції.

Ключові слова: подрібнення, шаровий млин, матеріал, фракції.

Key words: grinding, ball mill, material, factions.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ | 9 |
| 1.1. Способи подрібнення зернових матеріалів | 9 |
| 1.2. Класифікація та принцип роботи барабанних млинів | 10 |
| 1.3. Млини і принцип їх дії..... | 11 |
| Висновки..... | 12 |
| 2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬОВОГО МЛИНА..... | 13 |
| 2.1. Процеси дроблення та подрібнення..... | 13 |
| 2.2. Особливості взаємодії ядра з зерном..... | 14 |
| 2.3. Розрахунок технологічної взаємодії ядра з зерном | 16 |
| 2.4. Розрахунок параметрів кульового млина..... | 19 |
| Висновки..... | 20 |
| 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.. | 21 |
| 3.1. Програма експериментальних досліджень | 21 |
| 3.2. Оцінки якісних показників роботи кульового млина | 23 |
| 3.3. Дослідження міцності зерна, та його фізичних властивостей | 25 |
| 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 29 |
| 4.1. Показники геометричних характеристик зерна | 29 |
| 4.2. Маса 1000 зерен, та його коефіцієнт внутрішнього тертя | 30 |
| 4.3. Механічні властивості зерна..... | 31 |
| 4.4. Величина і вирівняність зерна | 34 |
| 4.5. Експериментальне визначення коефіцієнта завантаження млина..... | 35 |
| Висновки..... | 37 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ | 38 |
| 5.1. Аналітичне дослідження виробничого травматизму при виконанні технологічних операцій | 38 |
| 5.2. Вимоги до виробничого обладнання та засобів механізації | 39 |
| 5.3. Розрахунок захисного заземлення | 42 |
| 5.4. Визначення необхідного обсягу повітрообміну | 44 |
| 5.5. Розрахунок системи вентиляції та розробка її схеми..... | 45 |
| 5.6. Вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища..... | 48 |
| 6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ | 50 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 55 |
| БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК..... | 57 |

ВСТУП

Процес подрібнення застосовується у багатьох галузях виробництва, в яких той чи інший матеріал доводиться подрібнювати (молоти). Міра витрат енергії на подрібнення в сумі загальних витрат для різних галузей виробництва неоднакова і коливається в межах від 30% до 70% . Так в борошномельному виробництві на подрібнення витрачається 35 - 60% енергії, а в комбікормовій промисловості залежно від виду комбікормів. Витрати на подрібнення становлять від 40 до 70%.

Інтенсифікація процесу подрібнення може здійснюватись тільки на підставі глибоких знань як принципу дії машини, так і основних особливостей їх експлуатації. Тому, аналізуючи стан теорії і практики подрібнення, можна зробити наступні висновки:

- економічність сучасних подрібнювачів відносно низька, отже резерви у підвищенні їх ефективності великі;
- жоден з відомих типів подрібнювальних машин поки що не містить таких елементів, вдосконалення яких, привело би до радикального підвищення ефективності робочого процесу подрібнення.

На сучасному етапі розвитку господарства України актуальним є підвищення ефективності використання і зниження енергоємності існуючого технологічного обладнання шляхом його модернізації. Але разом з цим у розвитку способів і засобів подрібнення матеріалів спостерігається деякий застій: традиційні підходи вже практично вичерпали свої можливості, а нові ідеї ще далекі до широкого впровадження у виробництво. В цих умовах особливе, значення має вивчення механіки подрібнювальних машин в яких використовується кілька способів подрібнення і формулювання раціональних схем та принципів організації процесу.

Серед відомих способів руйнування матеріалу в процесі подрібнення найчастіше, застосовується стиск і удар. Використання того чи іншого способу руйнування матеріалу зумовлюється його механічними властивостями і якістю

готового продукту. Існує думка, що найбільш ефективно робочий процес подрібнення відбувається під час удару, бо динамічні навантаження, які виникають у матеріалі, у кілька разів перевищують статичні.

Серед подрібнювальних машин значного поширення набули дробарки ударної дії, з яких основними є роторні і молоткові. Роторні машини найкраще зарекомендували себе на подрібненні великих кусків матеріалу. Проте під час руйнування дрібного матеріалу з утворенням продуктово-повітряного шару (ППШ) придатні молоткові дробарки. Це пояснюється тим, що молотки, хитаючись навколо осей підвішування, міняють свою швидкість, напрямок та глибину занурення в ППШ, і цим порушують його рівномірне кільцеве переміщення.

Подрібнювальні машини ударної дії відрізняються високим ступенем подрібнення їх питома вартість на одиницю продуктивності складає лише 20 - 30% вартості відповідних щоккових, конусних чи валкових дробарок. Споживча потужність, маса і розміри обладнання ударної дії на одиницю продуктивності в 2 - 5 разів менші, ніж в машинах, які працюють за іншим принципом.

Перспективність і важливість науково-дослідних і конструкторських робіт у цьому напрямку пояснюється невикінченою теорією ударного подрібнення, методикою інженерного розрахунку цього типу машин, що в подальшому приводить до різноманітності конструкцій, які мають спільний недолік – низький енергетичний коефіцієнт корисної дії.

Мета дослідження. Підвищення ефективності роботи відцентрово-барабанного млина. Досягається мета розв'язком наступних задач досліджень:

1. На основі вивчення стану в теорії і практиці подрібнення зерна (експериментально-теоретичні дослідження) запропонувати нові схеми машин, в яких робочий процес суміщає кілька технологічних операцій.

2. Для відомих і нових схем подрібнювальних машин вібраційної дії розробити узагальнену математичну модель їх роботи із врахуванням фізичних характеристик матеріалу.

3. Для нових конструктивних схем проаналізувати вплив їх конструктивних рішень і параметрів та властивостей матеріалу на ефективність подрібнення.

4. Дати практичні рекомендації, щодо вибору параметрів машин нових схем на стадії проектування і режимів їх ефективного використання.

Наукова новизна. Запропоновано нову конструкцію стаціонарного відцентрово-барабанного млина. Методом чисельного і натурального експериментів з'ясовано вплив параметрів машини та фізико-механічних характеристик зерна на енергомісткість робочого процесу подрібнення та гранулометричний склад готового продукту.

Практична цінність. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано схему стаціонарного відцентрово-барабанного млина. Використання результатів виконаних досліджень на практиці дозволять підвищити ефективність робочого процесу подрібнення зерна.

Під час досліджень застосовувались статичний, розрахунково-конструктивний, експериментальний, кореляційний методи. Математичне опрацювання результатів досліджень проводилось у обчислювальному центрі ЛНУП.

Публікації. Результати досліджень пройшли апробацію в 1 роботі.

Одержані результати досліджень:

- одержана математична модель роботи машин ударного подрібнення;
- оптимізовані конструктивно-технологічні параметри модернізованого робочого органу млина;

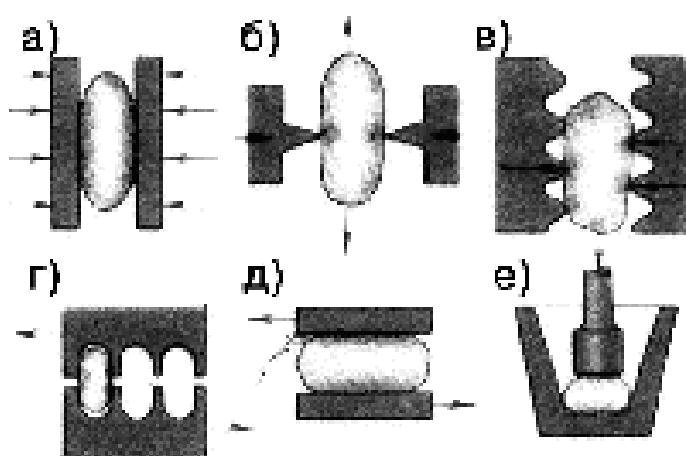
Впровадження одержаних результатів досліджень дозволить підвищити ефективність робочого процесу подрібнення зернового матеріалу, зменшити питому енергомісткість і металомісткість обладнання.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Способи подрібнення зернових матеріалів

Дроблення, **crushing, breaking, ***Brechen, Zerkleinerung, Quetschen - процес руйнування структури зернового матеріалу до необхідних розмірів, потрібних для подальшого споживання чи перепобки.

Комплекс обладнання, що застосовують на переробних заводах, поділяють на чотири види: дробарки, лушильники, дезинтегратори, кулькові млини.



Під технологічною операцією дроблення підрозумівають процес зміни розмірних показників продукту переробки, від початкових до кінцевих.

Рисунок 1.1 - Методи дроблення:

а - розчавлювання; б – розколювання; в – ламання; г) - різання; д – стирання; е – роздавлювання з крученням і перетиранням

Щоб оцінити енергозатратність процесу подрібнення використовують кілька гіпотез. Всі вони базуються на припущенні, що робота подрібнення прямопропорційна:

- приросту площі поверхні матеріалу, (П.Рітінгер, 1867);
- зміні об'єму матеріалу (В.Л.Кірпічов 1874; А.Кік 1885);
- зміні об'єму матеріалу і приросту площі зовнішньої поверхні (П.А.Ребіндер, 1944).

1.2. Класифікація та принцип роботи барабаних млинів

Для барабанних млинів характерним є те, що процес подрібнення матеріалу відбувається в їх середині. Матеріал, що знаходиться в барабанному млині, руйнується під дією ударних і стираючих зусиль, створених предметами круглої або циліндричної форми. Барабан обертається, а металеві кулі, що знаходяться в ньому, перетирають і подрібнюють зерно.

Перевагою барабанних млинів є висока надійність, простота в обслуговуванні, легко можна задати необхідні режими роботи для подрібнення зерна до потрібної фракції, на виході отримується продукт з високою однорідністю за крупністю. Їх не доліками вважають низьку продуктивність і високу енерговитратність. Основними конструктивними параметрами барабанних млинів є діаметр і довжина барабана.

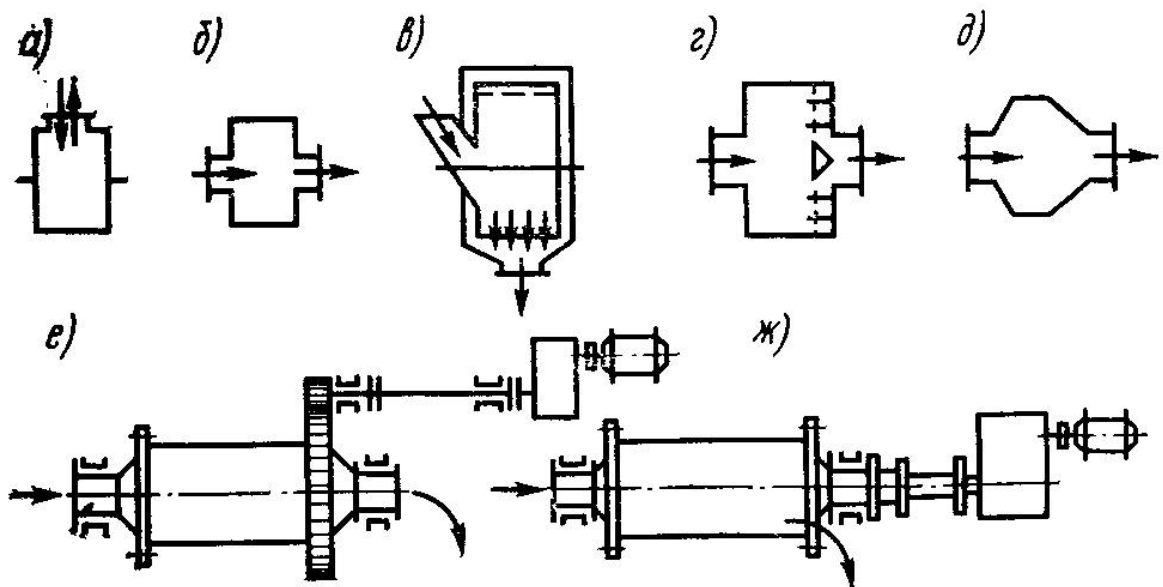


Рисунок 1.2 - Схеми барабанних млинів:

а - циклічної дії; б - безперервної дії з рухом матеріалу через пустотілі цапфи; в - безперервної дії з рухом матеріалу через сито; г - безперервної дії з розвантаженням матеріалу через решітку; д - конусний млин; е - трубний млин з зовнішнім приводом; ж - трубний млин з центральним приводом

У більшості барабанних млинів співвідношення між довжиною циліндра і його діаметром становить $L/D=2... 3$, в трубних $L/D=3... 6$.

1.3. Млини і принцип їх дії

Барабанні млини класифікують, за умовами використання, і особливостями виконання технологічних операцій.

Стержневі млини з центральним розвантаженням використовують переважно на першій стадії процесу подрібнення рудних матеріалів.

Кульові млини з центральним розвантаженням використовують для мілкового дроблення продукту, для отримання фракції менше 0,2 мм.

Кульові млини з ситовим розвантаженням використовують для мілкового дроблення продукту, для отримання фракції менше 0,4 мм.

Барабанні млини – в залежності від робочих елементів класифікують, як кульові, стержневі. В них основним елементом подрібнення є сталеві або чавунні ядра (діаметром до 150 мм), у стержневих – сталеві стрижні (діаметром до 100 мм).

Основною характеристикою млина є його габаритні розміри: внутрішній діаметром D циліндра і його довжина L (рис. 1.3). Стандартні розміри їх виготовлення $D \times L = 4500 \times 6000$ мм.

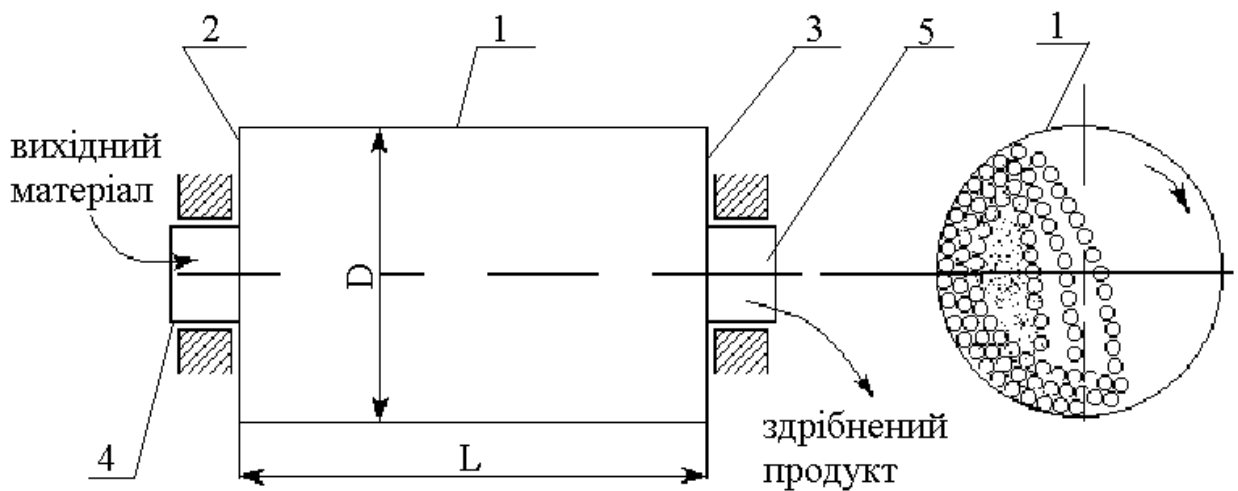


Рисунок 1.3 - Схема барабанного кульового млина

Продуктивності кульового млина залежність від діаметра і довжини барабан:

$$Q = kD^{2,5}L, \quad (1.1)$$

де Q – продуктивність барабанного млина, т/год;

k – коефіцієнт подрібнення.

Продуктивність барабанних млинуів обмежується їх швидкістю обертання. І збільшенням обертів барабана, зростає відцентрова сила, що діє на металеві кулі. В певний момент її величина може стати більшою сили земного тяжіння, і тоді кулі бідуть притиснуті до внутрішньої частини барабана, а отже процес дроблення припинеться. Ця швидкість для барабанних млинів вважається критичною..

Стержневі млини конструктивно подубні до кульових млини з єдиною відмінністю, що вних використані не тіла круглої, а циліндричної форми. Відношення розмірних показників для стержневих млинів $L=(1,5\div 2)D$.

Переваги кульових млинів: вихід продукції вирівняної за крупністю; висока ремонтпридатності; надійність в роботі; конструктивна простота.

Висновки

На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити наступні підсумки, що робочий процес подрібнення у кульових млинах, є більш ефективним порівняно з іншими способами, і є предметом наукових досліджень, в напрямку їх модернізації, з метою насамперед в напрямку збільшення їх продуктивності, підвищення коефіцієнта корисної дії та покращення рівномірності гранулометричного складу кінцевої продукції.

Все це свідчить, що необхідно звернути увагу на покращення процесу подрібнення і принципові схем подрібнювальних машин барабанного типу, адже незначне зростання їх ефективності, дає великий економічний ефект.

З вище наведеного можна зробити висновки, що жодна із конструкцій цих машин не є досконалою і має свої переваги та недоліки. Тому стоїть питання над розробкою нових подрібнювальних машин барабанного типу, для більш якісного подрібнення зерна.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬОВОГО МЛИНА

2.1. Процеси дроблення та подрібнення

Дроблення та подрібнення - це процеси розділення зерна на дрібніші частини, долаючи внутрішні сили їх зчеплення та міцність зовнішньої оболонки.

Всю роботу, що витрачається на забезпечення процесу дроблення, можна поділити на наступні види, робота що затрачається на розколювання зерна та руйнування його структури, робота , що витрачається на подолання шкідливих опорів (сил тертя, нагрівання матеріалу та ін.), і робота, що затрачається на утворення нових частинок дроблення.

Згідно закону Ребіндера:

$$A = A_{\delta} + A_n = \kappa \cdot \Delta V + \delta \cdot \Delta S , \quad (2.1)$$

де A – робота, що затрачається на подрібнення;

$A_{\delta} = \kappa \cdot \Delta V$ – робота, що затрачається на деформацію та руйнування об'єкта впливу;

$A_n = \delta \cdot \Delta S$ – робота, що затрачається на збільшення площі поверхонь;

ΔV - деформований об'єм тіла;

ΔS - площа новоутвореної поверхні;

κ і δ - коефіцієнти пропорційності.

За законом Ріттінгера робота, що затрачена на руйнування зерна, пропорційна збільшенні площі поверхні:

$$A = k_R D^2 , \text{ або } A = k \Delta S; \quad (2.2)$$

де k_R та k – коефіцієнти пропорційності;

D – розмір новосформованого продукту подрібнення;

ΔS – площа ново утвореної поверхні.

Кік-Кірпічов стверджує, що затрата енергії затрачені на подрібнення зерна пропорційна його масі:

$$A = k_k D^3; \quad (2.3)$$

де k_k – коефіцієнт пропорційності.

Згідно закону Бонда робота, витрачена на руйнування, пропорційна площі зруйнованого зерна:

$$A = k_k D^{2.5}; \quad (2.4)$$

2.2. Особливості взаємодії ядра з зерном

Проведемо теоретичні розрахунки кульового млина.

Розрахуємо довжину ділянки робочої зони барабанного млина, на якій зерно піддається деформації стиску металевою кулею [3].

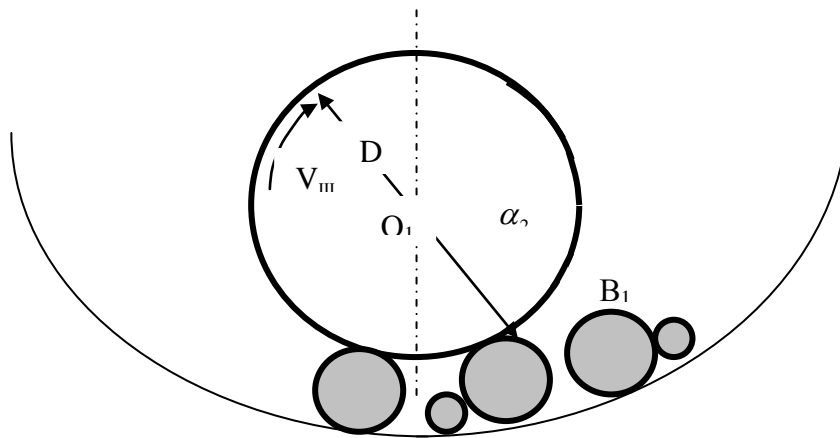


Рисунок 2.1 – Взаємодія кулі з зерном

Якщо позначити кут між лінією центрів 1 і радіусом B , що проведений через точку контакту до куска матеріалу з поверхнею кулі зі сторони надходження в робочу зону, через α_1 , діаметр кулі D (мм), відстань між кулею і зерном (робочий зазор) l (мм) і розмір куска матеріалу на вході d_1 (мм), тоді отримаємо $\cos \alpha_1 = O_1C/O_1A$.

Приймемо що зерно має кулясту форму, то:

$$\cos \alpha_1 = O_1C/O_1A = \frac{(D+l)/2}{(D+d)/2} = \frac{D+l}{D+d}. \quad (2.5)$$

Вираз для α_2 буде дещо відмінний, оскільки під час плющення зерна між металевою кулею, розміри на вході і на виході будуть відрізнятися і чим менша відстань l , тим різниця буде суттєвішою.

Довжина шляху стиску L_{cm} (мм) зернини в робочій зоні барабана визначиться, як довжина дуги B_1B_2 . (2.5)

$$\alpha_1 = \arccos \frac{D+l}{D+d},$$

звідки

$$L_{cm} = \frac{2\pi r}{360} \arccos \frac{D+l}{D+d}. \quad (2.6)$$

Підставивши цифрові значення $D=200$ мм, $l=2 \div 8$ мм і $d_l=50 \div 100$ мм, отримаємо:

$$L_{cm \min} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100}{360} \arccos \frac{200+2}{200+50} = 63,0 \text{ мм};$$

$$L_{cm \text{ cr}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100}{360} \arccos \frac{200+2}{200+100} = 83,2 \text{ мм};$$

$$L_{cm \text{ cr}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100}{360} \arccos \frac{200+8}{200+50} = 58,8 \text{ мм};$$

$$L_{cm \max} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100}{360} \arccos \frac{200+8}{200+100} = 80,5 \text{ мм}.$$

Отже, L_{cm} залежить від діаметра барабанів, розмірів кулі і подрібнюваного матеріалу і не залежить від колової швидкості барабана.

Розрахуємо довжину зони, на якій зерно піддається руйнуванню.

Так як, кулі барабана обертаються приблизно з однаковою коловою швидкістю, то і шлях їх взаємодії з подріблюваним матеріалом буде приблизно однаковий L_{cm} .

Під час рівномірного руху за певний проміжок часу куля пройде шлях від моменту зустрічі з зерном (т. B_1) до моменту виходу її з робочої зони (т. B_2). Тоді L_{zc} можна визначити з рівняння:

$$\frac{L_{cn} - L_{zc}}{V_m} = \frac{L_{cm}}{V_{ув}}, \quad (2.7)$$

звідки

$$L_{zc} = L_{cm} - \frac{L_{cm} V_m}{V_{ув}},$$

або

$$L_{zc} = L_{cm} \left(1 - \frac{1}{k}\right) = \frac{L_{cm}(k-1)}{k}. \quad (2.8)$$

Якщо відома колова швидкість, то

$$L_{zc} = \frac{L_{cm}(V_{ув} - V_m)}{V_{ув}}. \quad (2.9)$$

Показник L_{zc} це шлях, на якому сили тертя, що виникають при взаємодії між кулею і зерном, сприяють руйнуванню її оболонки.

До параметрів, що характеризують роботу кульового барабана, належить продуктивність Q і затрати потужності N .

Продуктивність кульового барабана розраховують:

$$Q = K\pi DLg, \text{ кг/ГОД}, \quad (2.10)$$

де K – розмірний коефіцієнт, ($K=0,8\dots0,95$);

D – діаметр барабана, м;

L – довжина робочої барабана, м;

g – щільність матеріалу, кг/м²ГОД.

При подрібненні зерна у барабанних млинах зі стальним ядрами $g=400\text{-}4500$ кг/м²ГОД.

Затрати потужності становлять:

$$N = PV_r = Qn, \quad (2.11)$$

де P – руйнівне зусилля;

Q – продуктивність, т/ГОД;

V – кутова швидкість барабана;

r – радіус барабана;

n – питомі витрати енергії.

2.3. Розрахунок технологічної взаємодії ядра з зерном

Умова технологічності роботи барабанного млина:

$$V_{ck} \leq [V_{max}], \text{ або } K_T = [V_{max}] / V_{ck} \geq 1,$$

$$\text{при цьому } \frac{m_k M_{\bar{a}\hat{a}}}{m_k + M_{\bar{a}\hat{a}}} \cong 1. \quad (2.12)$$

Проекції складових швидкостей ядра:

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_X &= \bar{V}_{Xk} - \bar{V}_e = \bar{V}_k \cos \varphi - \bar{V}_e; \\ \bar{V}_Y &= \bar{V}_n; \\ \bar{V}_Z &= \bar{V}_{Zk} = \bar{V}_k \sin \varphi, \end{aligned} \right\}; \quad (2.13)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_X &= (\bar{\omega} \times \bar{R}_y) \cos \varphi - (\bar{\omega}_e \times \bar{r}_e); \\ \bar{V}_Z &= (\bar{\omega} \times \bar{R}_y) \sin \varphi \end{aligned} \right\}. \quad (2.14)$$

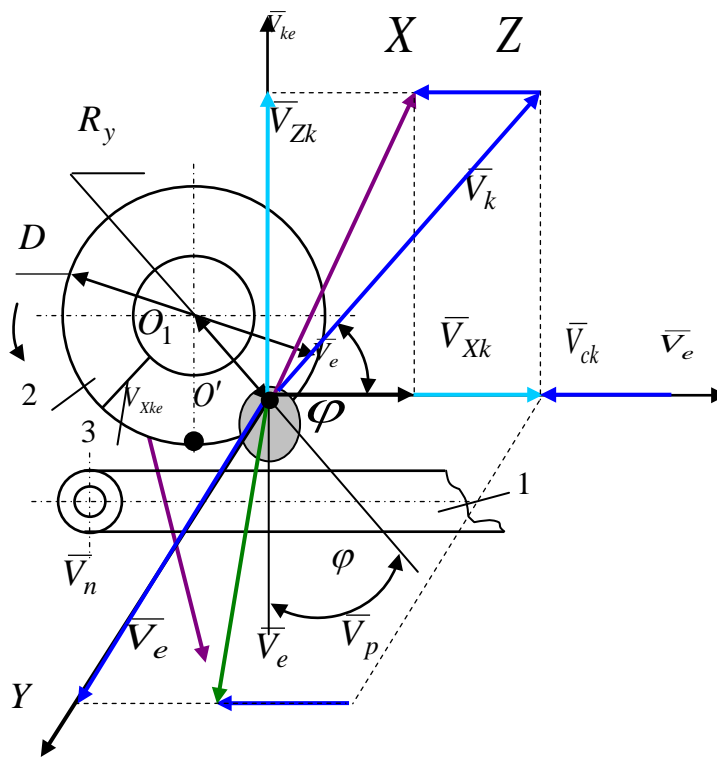


Рисунок 2.2 - Схема взаємодії ядра з зерном: 1 – ядро; 2 – циліндр; 3 – зернівка.

Проекції результуючих швидкостей ядра:

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_{ke} &= \sqrt{\bar{V}_k^2 - \bar{V}_e^2}; \\ \bar{V}_p &= \sqrt{\bar{V}_{Xk}^2 + \bar{V}_n^2} = \sqrt{\bar{V}_k^2 \cos^2 \varphi + \bar{V}_n^2}; \\ \bar{V}_{ck} &= \sqrt{\bar{V}_p^2 + \bar{V}_e^2} = \sqrt{\bar{V}_k^2 \cos^2 \varphi + \bar{V}_n^2 + \bar{V}_e^2}, \end{aligned} \right\}; \quad (2.15)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_{ke} &= \sqrt{(\bar{\omega} \times \bar{R}_y)^2 - (\bar{\omega}_e \times \bar{r}_e)^2}; \\ \bar{V}_p &= \sqrt{(\bar{\omega} \times \bar{R}_y)^2 \cos^2 \varphi + \bar{V}_n^2}; \\ \bar{V}_{ck} &= \sqrt{(\bar{\omega} \times \bar{R}_y)^2 \cos^2 \varphi + \bar{V}_n^2 + (\bar{\omega}_e \times \bar{r}_e)^2} \end{aligned} \right\}, \quad (2.16)$$

при цьому

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_k &= \frac{d\bar{R}_y}{dt} = \bar{\omega} \times \bar{R}_y; \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi} = \frac{\pi n}{30}; \\ V_n &= V_{nT} K_{Vn} = \frac{TnK_{Vn}}{60}; \quad T = \pi D_y \operatorname{tg} \beta; \\ \bar{V}_e &= \frac{d\bar{r}_e}{dt} = \bar{\omega}_e \times \bar{r}_e; \quad \omega_e = \frac{\pi n_e}{30}, \end{aligned} \right\}, \quad (2.17)$$

де V_k - колова швидкість барабана;

V_e, V_n - швидкість ядра;

ω, n, n_e - кутова швидкість і частота обертання зерна;

T, β - кут встановлення барабана; град.;

K_{Vn} - коефіцієнт, зниження V_n порівняно з V_{nT} .

Сумарна швидкість V_{ck} взаємодії ядра з зерном:

$$V_{ck} = \frac{\pi}{60} \sqrt{D^2 n^2 (\cos^2 \varphi + K_{Vn}^2 \operatorname{tg}^2 \beta) + n_e^2 D_e^2}. \quad (2.18)$$

Коефіцієнт технологічної взаємодії зерна з поверхнями плющилки

$$K_T = \frac{60[V_{max}]}{\pi \sqrt{D^2 n^2 (\cos^2 \varphi + K_{Vn}^2 \operatorname{tg}^2 \beta) + n_e^2 D_e^2}} \geq 1, \quad (2.19)$$

де $[V_{max}]$ - максимально допустима швидкість співудару ядер з зерном;

D - діаметр точки взаємодії; D_e - діаметр ядра.

2.4. Розрахунок параметрів кульового млина

Щоб визначити оптимальну швидкість обертання кульового млина, вихідну потужність і його продуктивність використаємо рис. 2.3.

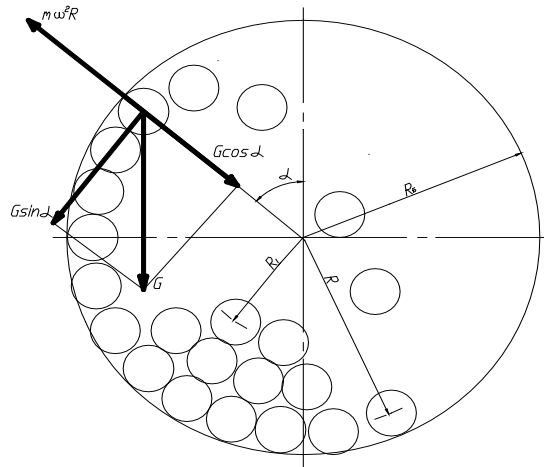


Рис. 2.3. До розрахунку параметрів барабанного млина

Для розрахунків приймаємо стандартний діаметр $d=1200$ мм; з довжина кульового барабана $D=2400$ мм.

Діаметр куль:

$$d_{ш}=(D-d_i)/18; \quad (2.20)$$

звідки

$$d_{ш}=\frac{1200}{19}=93 \text{ мм.}$$

Розрахунковий радіус циліндра барабана:

$$R=(d-d_{ш})/2; \quad (2.21)$$

$$R = \frac{1200 - 63}{2} = 568 \text{ мм} \approx 0,57 \text{ м.}$$

Зредукований радіус кульового завантаження

$$R_0=0,785*0,57=0,447 \text{ м;}$$

або

$$R_0=\sqrt{\frac{R^2 + R_1^2}{2}}. \quad (2.22)$$

Допустима швидкість обертання кульового барабана:

$$n_{\text{опт}} = \frac{22,8}{\sqrt{R_0}} = \frac{22,8}{\sqrt{0,447}} = 33,5 \text{ об/хв.}$$

Загальна вага завантажених куль:

$$G = \frac{\pi D D}{4} L \varphi \gamma \gamma ; \quad (2.23)$$

$$G = \frac{3,4 * 1,2 * 1,2}{4} 2,4 * 0,4 * 7,8 * 0,5 = 4,25 \text{ т.}$$

Продуктивність кульового млина:

$$Q = A G^{0,6}; \quad (2.24)$$

де A – дослідний коефіцієнт, для зерна $A=2,4$.

$$Q = 2,4 * 4,25^{0,6} = 5,7 \text{ т/год,}$$

Затрати потужності на виконання технологічного процесу:

$$N = 0,01 G \sqrt{R_0}; \quad (2.25)$$

$$N = 0,01 * 425 \sqrt{0,6} \approx 3,3 \text{ кВт.}$$

Висновки

Всю роботу, що витрачується на забезпечення процесу дроблення, можна поділити на наступні види, робота, що затрачається на розколювання зерна та руйнування його структури, робота, що витрачається на подолання шкідливих опорів (сил тертя, нагрівання матеріалу та ін.), і робота, що затрачається на утворення нових частинок дроблення.

До параметрів, що характеризують роботу кульового барабана, належить продуктивність Q і затрати потужності N .

Продуктивність кульових млинів з стандартними конструктивними параметрами не перевищує 5 т/год .

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

3.1.1. Методика визначення розмірних характеристик зерна

Мета досліджень – виявити основні відмінності в розмірних показниках, формі й кутах тертя різних зернових матеріалів.

Згідно аналіз досліджень [5, 7], важливим параметром у процесі дроблення є співвідношення:

$$L/b, \quad (3.1)$$

де L – довжина зерна;
 b – ширина зерна (рис. 3.1).

Із збільшенням цього показника, процес подрібнення сповільнюється із-за збільшення площ ударних поверхонь зерна.

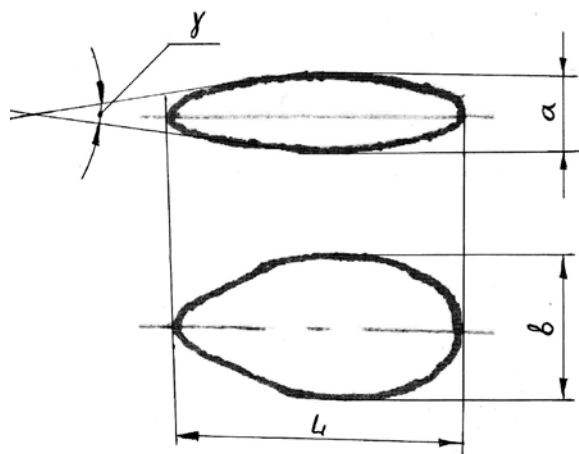


Рисунок 3.1 - Розмірні показники зерна:

а – схема; б – момент замірів.

Вимірювання розмірних показників зерна здійснювали електронним штангенциркулем з точністю вимірювань 0,01 мм. З кожної наважки відбирали 50 насінин, і здійснювали їх заміри, за кінцевими результатами визначали середнє значення показників, середнє квадратичне відхилення (σ^2) і похибку ($\pm\sigma$).

3.1.2. Коефіцієнт зовнішнього тертя ковзання насіння

Важливість динамічного коефіцієнта ковзання полягає в тому, що він характеризує взаємодію зерна з поверхнею циліндра барабана і ядра. Його визначали згідно методики В.А.Желіговського (рис. 3.2).

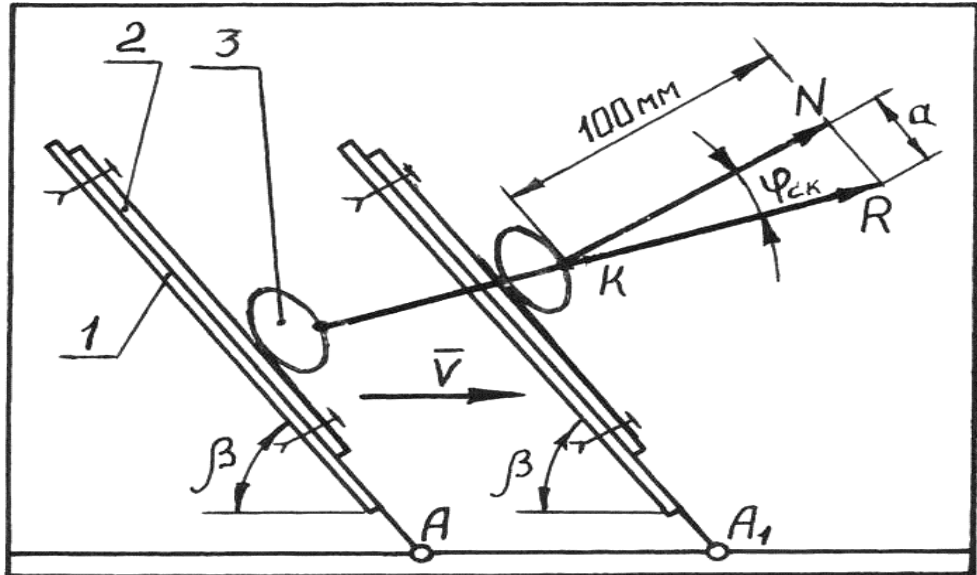


Рисунок 3.2 - Принципова схема для визначення коефіцієнта зовнішнього тертя ковзання за методикою В.А. Желіговського.



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд приладу В.А. Желіговського



Рисунок 3.4 - Вигляд кріплення дослідних зразків.

Прилад складається і креслярської дошки, встановленої горизонтально. Поверхню дошки 1 покривали листовим металом 2 з властивостями, що відповідають матеріалу барабана. Рейку 1 встановлювали під кутом $\beta = 30^\circ - 60^\circ$.

Кут між рівнодійною R , і горизонтальною твірною поверхні дошки і є шуканий кут тертя ковзання.

3.2. Оцінки якісних показників роботи кульового млина

Оцінка роботи кульового млина виконувалась за наступними критеріями:

- процент цілого насінин;
- енерговитрати процесу подрібнювання зерна;
- продуктивність кульового млина;
- технологічна надійність обладнання.

Показники якості, визначали за сталої безупинної роботи кульового млина. Досліджували проби на виході кінцевого продукту. Дослід проводили з

пятикратною повторністю, для вирівняного режиму роботи млина з партіями зерна у 5 кг кожна.

Тривалість відбору проб фіксували секундоміром. Час проведення одного досліду відповідав одному циклу роботи кульового млина.

Якість помолу зерна перевіряли візуально [8]. Для проведення лабораторних дослідів відокремлювач насіння був обладнаний спеціальними пробовідбірниками.

Показник повноти подрібнення зерна Δ , який характеризує швидкість просіювання по довжині барабана, розраховують з виразу:

$$\Delta = M_x / q_c, \quad (3.2)$$

де M_x – маса зерна, що пройшло через кульовий млин, кг;

q_c – маса зерна, що поступає на помол, кг.

Ефективність подрібнення кульовим млином (p , %) визначали з формули:

$$p = (m_c / m_e) \cdot 100, \quad (3.3)$$

де m_c – кількість вільних зерен на ділянці довжини барабана, кг;

m_e – кількість подрібненого зерна на цій ділянці, кг.

Ступінь подрібнення зерна (A , %) розраховують за формулою:

$$A = \frac{m}{M} \cdot 100, \quad (3.4)$$

де M – загальна вага проби, г;

m – вага подрібненого зерна в пробі (без сумішей), кг.

Досліди проводили на п'яти подачах завантаження кульового млина. Правильність регулювань режимів роботи кульового млина перевірялась трьохразовими дослідними пробами.

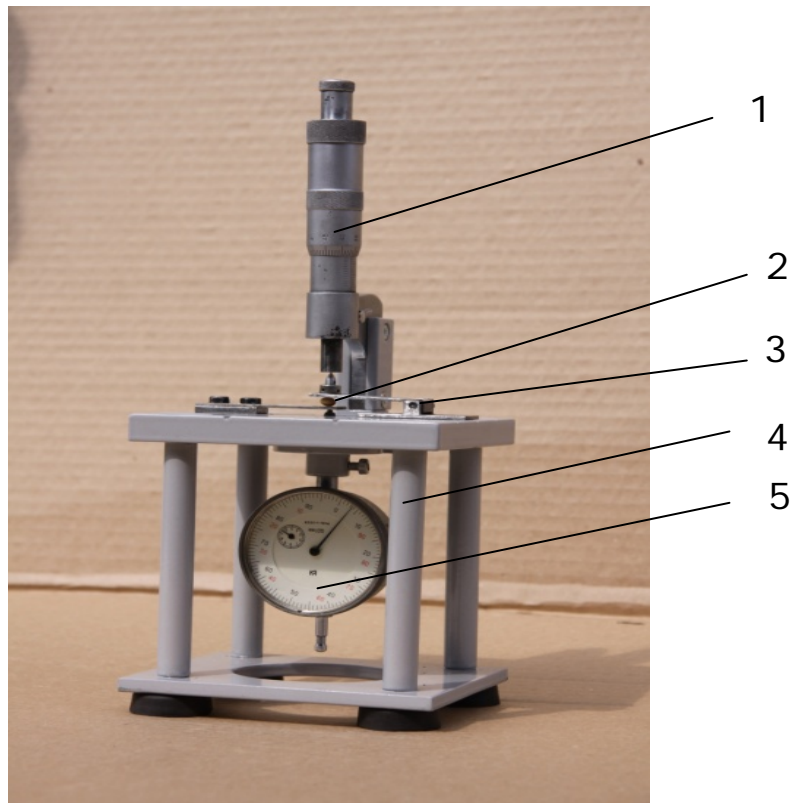
Обробку проб здійснювали вручну з використанням приладів, вказаних в ГОСТ 70.10.8.84. [12].

Оптимальне число польових дослідів, вибирали за кожним досліджуваним фактором, виходячи з точності ± 5 % і достовірності дослідів 0,95. На основі отриманих результатів, будували графічні залежності, що

дозволяють розглянути сутність впливу змінних факторів на досліджувані режими. Перевірку гіпотези про адекватність математичної моделі і опису експериментальних даних виконували з використанням F_d – критерію Фішера [24].

3.3. Дослідження міцності зерна, та його фізичних властивостей

Лабораторна установка для дослідження зусилля стиску зернового матеріалу, складається з столу 4, на якому закріплена пластина 3 (комплект змінних пластини різної жорсткості), мікрометра 1, індикатора годинникового типу 5 з ціною поділки 0,01 мм.



- 1.-мікрометр
- 2.-насінина
- 3.-пластина
- 4.-стіл
- 5.-індикатор годинникового типу
- 6.-калібрована пластина

Рисунок 3.5 - Стенд для визначення зусилля руйнування зерна

Для визначення максимального зусилля руйнування зернового матеріалу використовуємо лабораторну установку (рис. 3.5).

Лабораторна установка працює наступним чином: зернина поміщається між мікрометром і пластиною, через мікрометр передаємо зусилля на натискну пластину 3, вона тисне на зернину 2 і притискає її до каліброваної пластини 6, аж до моменту руйнування. Прикладене зусилля стиску передається через калібровану пластину 6 на індикатор годинникового типу 5. Під дією навантаження шток індикатора переміщається, відхиляючи стрілку індикатора. Зусилля, що діє на зернину 2 через калібровану пластину 6 передається на шток індикатора 6, який переміщається відхиляючи стрілку на циферблаті індикатора. Знаючи жорсткість пластини і ціну поділки індикатора можемо визначити зусилля руйнування зернового матеріалу.

В процесі випробувань визначаєм максимальне зусилля стиску F , яке необхідне для руйнування зерна. На основі результату експериментальних досліджень визначаємо максимальне зусилля стиску F , яке розрахуємо за формулою [1]:

$$F=kn. \quad (3.5)$$

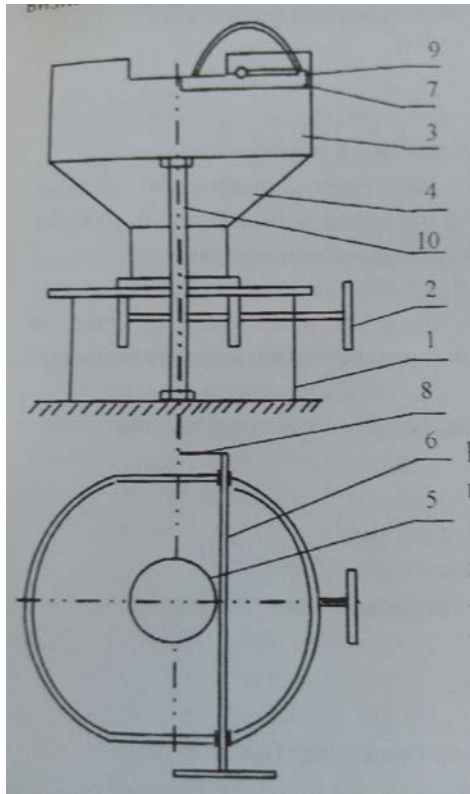
де F – зусилля, що передається на натискну пластину, Н;

k - жорсткість пластини, Н/мм;

n - відхилення стрілки індикатора.

Для забезпечення рівномірного переміщення зернового матеріалу по поверхні циліндра барабана, необхідно вибрати правильно кут його ухилу, зкий залежить на пряму від динамічного кута природнього відкосу зерна.

Динамічний кут природного відкосу зерна визначають дослідним шляхом з допомогою спеціального приладу рис.3.6.



Рисисунок 3.6 - Прилад для визначення динамічного кута природнього відкосу: 1-станина; 2-механізм зміни зворотно-поступального руху; 3-рухомий бункер; 4-корпус; 5-повзун; 6-рухомий вал; 7-транспортер; 8 - прапорець; 9- нульова відмітка; 10-направляючі

Послідовність визначення динамічного кута природнього відкосу зсипання. Прилад встановлюють горизонтально. Механізмом 2 зворотно-поступального руху, встановлюють рухомий бункер 3 в крайнє верхнє положення так, щоб площина повзуна 5 і нижня частина рухомого бункера 3 співпадали. В рухомий бункер 3 засипають сипучий матеріал і механізмом 2 зміни зворотно-поступального руху встановлюють бункер 3 в крайнє нижнє положення, в такому випадку повзун 5 знаходиться в крайньому верхньому положенні, на площині якого утвориться внаслідок осипання конусна виямка, кут при основі якої, знаходимо за допомогою транспортера 7 і прапорця 8, обертаючи рухомий вал 6 за годинниковою стрілкою до моменту визначення значення кута природнього відкосу зсипання, відносно нульової відмітки 9.

Для сипучих матеріалів, з підвищеною шорсткістю поверхні, твірна поверхні конуса не прямолінійна, через це визначають середній кут природного відкосу. Цей кут більший від кута внутрішнього тертя і залежить від способу формування відкосу насипання.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Показники геометричних характеристик зерна

При підготовці зерна для подальшої переробки, необхідно знати його основні фізико-механічні властивості, які суттєво впливають на процес переробки зерна в муку (табл.4.1). Форма і лінійні розміри зерна впливають на номер решета очисної машини, сита сепаратора, а також на характеристику мукомельного обладнання.

Для характеристики геометричних особливостей зерна недостатньо вказати тільки його розміри, необхідно знати особливості форми.

Таблиця 4.1- Розмірна характеристика зернових і круп'яних культур

| Культура | Розміри, мм | | | Об'єм U , мм ³ | Площа зовнішньої поверхні F , мм ² | Сферичність y | Співвідношення U/F ,мм |
|-----------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| | довжина, l | Ширина, a | Товщина, b | | | | |
| Пшениця | 4,2-8,6 | 1,6-4,0 | 1,5-3,8 | 19-42 | 40-75 | 0,82-0,85 | 0,49-0,64 |
| Жито | 5,0-10,0 | 1,4-3,6 | 1,2-3,5 | 10-30 | 30-45 | 0,45-0,75 | 0,28-0,42 |
| Ячмінь | 7,0-14,6 | 2,0-5,0 | 1,4-4,5 | 20-40 | 35-60 | 0,80 | 0,45-0,65 |
| Овес | 8,0-16,6 | 1,4-4,0 | 1,2-3,6 | 19-36 | 30-65 | 0,72 | 0,36-0,54 |
| Рис | 5,0-12,0 | 2,5-4,3 | 1,2-2,8 | 12-35 | 30-55 | 0,84 | 0,35-0,60 |
| Кукурудза | 5,5-13,5 | 5,0-11,2 | 2,5-8,0 | 140-260 | 80-145 | 0,55-0,80 | 0,70-0,90 |
| Просо | 1,8-3,2 | 1,2-3,0 | 1,0-2,2 | 5-6 | 10-18 | 0,90 | 0,50-0,80 |
| Сорго | 2,6-5,8 | 2,4-5,6 | 2,0-5,0 | 50-85 | 60-95 | 0,95 | 0,75-0,85 |
| Горох | 4,0-10,0 | 3,7-10,0 | 3,5-10,0 | 114-320 | 150-270 | 0,96 | 0,80-0,95 |
| Гречка | 4,4-8,0 | 3,0-5,2 | 2,0-4,2 | 9-20 | 30-55 | 0,60 | 0,50-0,70 |

Результати таблиці 4.1 свідчать, що показники розірних параметрів зерна змінюються в широких межах. Це пояснюється тим, що зерно- біологічно жива субстанція, і на його процес формування впливає маса зовнішніх факторів (температура, волога, освітленість та ін.).

Для гороху, сорго, проса високий показник сферичності і їх зерно в практичних розрахунках можна вважати круглим.

Великий вплив мають геометричні параметри подрібнених сполук на виробництво сумішей, комбікормів. Чим більш вирівняні їх параметри, тим легше і з меншими затратами вони змішуються. Чим менша відмінність показників сферичності, тим вища ефективність цих процесів.

4.2. Маса 1000 зерен, та його коефіцієнт внутрішнього тертя

Статичні та динамічні коефіцієнти внутрішнього тертя суттєво впливають на процес змішування та переміщення зерна. Для більшості видів зерна він рівний 0,30-0,50. Для проса коефіцієнт тертя $f = 0,4..0,5$, для рису - 0,7...0,85, для жита - 0,45...0,7, для гороху - 0,40...0,55, для ячменю - 0,4...1,0, для пшениці - 0,45...0,75, для гречки - 0,60...0,75, для вівса – 0,50...0,70,.

На величину коефіцієнта внутрішнього тертя зерна суттєво впливає вологість, підвищена вологість, є причиною залипань робочих поверхонь очисних, сортувальних, переробних машин.

Таблиця 4.2 - Механічні характеристики зерна та його продуктів

| Матеріал | Вологість, % | f внутрішнє | f ст. | | | f дин. | | |
|---------------------|--------------|---------------|--------------------|------|--------|----------|------|--------|
| | | | Категорія поверхні | | | | | |
| | | | сталь | гума | дерево | сталь | гума | дерево |
| Пшениця | 12.8 | 0.54-0.67 | 0.42 | 0.40 | 0.42 | 0.38 | 0.4 | 0.4 |
| Крупа п. | 12.8 | 0.68-0.78 | 0.46 | 0.47 | 0.50 | 0.40 | 0.42 | 0.41 |
| П. дроблена | 12.9 | 0.67-0.79 | 0.45 | 0.60 | 0.55 | 0.39 | 0.45 | 0.48 |
| Ячмінь | 11.0 | 0.43-0.54 | 0.38 | 0.42 | 0.41 | 0.36 | 0.42 | 0.34 |
| Пенсак | 11.8 | 0.63-0.75 | 0.49 | 0.51 | 0.49 | 0.41 | 0.43 | 0.40 |
| Овес | 12.4 | 0.66-0.72 | 0.47 | 0.50 | 0.55 | 0.39 | 0.42 | 0.44 |
| О.шелуш. | 11.8 | 0.70-0.84 | 0.5 | 0.65 | 0.75 | 0.42 | 0.56 | 0.65 |
| О.дроблен. | 9.8 | 0.80-0.84 | 0.52 | 0.63 | 0.68 | 0.45 | 0.55 | 0.55 |
| Гречка | 10.4 | 0.56-0.62 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.35 | 0.31 | 0.32 |
| Ядро греч. | 12.4 | 0.67-0.78 | 0.36 | 0.41 | 0.36 | 0.34 | 0.39 | 0.35 |
| Кукурудза | 16.8 | 0.46-0.68 | 0.36 | 0.32 | 0.36 | 0.31 | 0.3 | 0.25 |
| Кукурудза шліфована | 13.8 | 0.70-0.83 | 0.39 | 0.43 | 0.51 | 0.33 | 0.37 | 0.42 |
| Кукурудза дроблена | 14.2 | 0.57-0.73 | 0.47 | 0.52 | 0.62 | 0.41 | 0.46 | 0.51 |

Результати досліджень кутів природнього відкосу зерна та його продуктів у залежності від матеріалу опорної поверхні наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Зміна кутів природнього відкосу зерна залежною від матеріалу опорної поверхні

| Зерно | Воло- гість, % | Кут природнього відкосу | | | | | | | | |
|----------|-------------------|----------------------------------|----|----|---------|----|----|-------|----|----|
| | | Матеріал | | | | | | | | |
| | | сталь | | | брезент | | | бетон | | |
| | | Кут нахилу опорної поверхні, грд | | | | | | | | |
| | | 0 | 10 | 15 | 0 | 10 | 15 | 0 | 10 | 15 |
| Пшениця | 12.8 | 34 | 29 | 22 | 29 | 25 | 22 | 29 | 26 | 24 |
| Крупа п. | 12.8 | 33 | 27 | 23 | 33 | 30 | 27 | 33 | 30 | 29 |
| Луска п. | 11.2 | 33 | 31 | 26 | 34 | 31 | 27 | 35 | 32 | 27 |
| Ячмінь | 11 | 28 | 21 | 16 | 28 | 23 | 21 | 28 | 25 | 22 |
| Пенсак | 12.2 | 34 | 28 | 23 | 34 | 32 | 30 | 34 | 33 | 30 |
| Луска я. | 10.6 | 39 | 32 | 25 | 39 | 35 | 32 | 39 | 35 | 34 |
| Гречка | 10.3 | 27 | 20 | 17 | 27 | 24 | 21 | 27 | 26 | 24 |
| Ядро г. | 11.8 | 30 | 25 | 18 | 32 | 28 | 22 | 32 | 27 | 23 |
| Луска г. | 11.5 | 35 | 27 | 20 | 39 | 37 | 31 | 39 | 32 | 31 |
| Просо | 11.9 | 25 | 20 | 16 | 26 | 22 | 18 | 25 | 21 | 18 |
| Пшоно | 13.4 | 31 | 24 | 18 | 31 | 26 | 22 | 31 | 28 | 26 |
| Луска п. | 11 | 44 | 30 | 22 | 44 | 35 | 32 | 44 | 40 | 35 |

4.3. Механічні властивості зерна

Міцність зерна – це здатність чинити протидію прикладеному зусиллю. Вона визначається, затратою енергії на одиницю площі створеної поверхні $P=E:F$ кДж/м².

Різниця у міцності зовнішньої оболонки зерна різних культур та сортів, може сягати 50%. Показник міцності мілкого зерна на 30-60% вищий, ніж крупного. Також є суттєвий діапазон коливань зусилля руйнування залежно

від сортових особливостей зерна та регіону вирощування. При вологості насіння 14-16%, межа міцності зернових оболонок, рівна $(88-133) \cdot 10^5$ Па; для плодових оболонок $(110,3-178,8) \cdot 10^5$ Па, а міцність ендосперми $(10-30) \cdot 10^5$ Па. Це свідчить, що при статичних навантаженнях зерна, в першу чергу починають руйнуватись його внутрішні шари, а вже потім зовнішні, що і стає результатом повного його руйнування.

Підвищена вологість і температура, негативно впливають на міцність зерна, висока вологість сприяє зниженню допустимого зусилля стиску. Одночасно з цим підвищується деформація, яку зерно витримує, до критичного порогу руйнування. Зростання вологості з 10,5 до 18%, є причиною росту опору зерна з $3,8 \cdot 10^5$ до $6,0 \cdot 10^5$ Па.

Зусилля руйнування вологого зерна і сухого, має певні відмінності.

Таблиця 4.4 - Міцність насіння зернових і зернобобових культур

| Культура | Вологість, % | Зусилля руйнування, Н | Мікротвердість, МПа | |
|------------------------|--------------|-----------------------|---------------------|------------|
| | | | оболонка | ендосперма |
| Пшениця тверда | 12.8 | 146-166 | 35-45 | 155-175 |
| Пшениця м'яка | 12.9 | 68-88 | 18-20 | 50-120 |
| Жито тверде | 11.2 | 120-155 | 22-25 | 120-140 |
| Жито м'яке | 11.3 | 60-90 | 15-18 | 50-70 |
| Ячмінь пивний | 12.1 | 165-200 | 370-580 | 120-150 |
| Кукурудза зубовидна | 11.0 | 150-350 | 30-200 | 50-350 |
| Горох | 12.1 | 45-105 | 20-65 | 48-105 |

Очевидно, що крихким зерно стає при вологості 7-8%.

Таблиця 4.5 - Вплив вологи на механічні властивості зерна

| Тип зерна | Вологість, % | Руйнівне зусилля, 10Н | Абсолютна деформація, мм |
|-----------|--------------|-----------------------|--------------------------|
| Мучне | 13,1 | 8,1 | 0,14 |
| | 14,5 | 6,8 | 0,25 |
| | 15,0 | 6,2 | 0,27 |
| | 16,5 | 5,8 | 0,35 |
| | 17,8 | 5,5 | 0,50 |
| Скловидне | 13,2 | 12,2 | 0,21 |
| | 15,5 | 9,2 | 0,32 |
| | 16,8 | 8,8 | 0,36 |
| | 18,2 | 4,8 | 0,39 |

Завдання гідротермічного обробітку зерна на мукомельних заводах – це підвищення міцності оболонок, а міцність ендосперми повинна бути зменшена.

Таблиця 4.6 - Вплив температури на механічні властивості зерна

| Тип зерна | Вологість,% | Температура, °С | Руйнівне зусилля, 10Н | Абсолютна деформація, мм |
|-----------|-------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|
| Мучне | 18,0 | 40 | 5,2 | 0,39 |
| | 18,0 | 50 | 5,0 | 0,43 |
| | 18,0 | 60 | 4,8 | 0,41 |
| Скловидне | 16,0 | 40 | 9,2 | 0,27 |
| | 16,0 | 50 | 9,0 | 0,23 |
| | 16,0 | 60 | 8,2 | 0,19 |
| | 12,5 | 0 | 6,6 | 0,170 |
| | 12,5 | -5 | 6,9 | 0,140 |
| | 12,5 | -10 | 7,2 | 0,125 |
| | 12,5 | -15 | 7,6 | 0,115 |
| | 12,5 | -20 | 7,8 | 0,105 |

Холодне і гаряче кондиціонування сприяє зниженню руйнівного напруження на 10-15%. Міцність зерна кукурудзи залежить від вологості: для вологості 13,4% , руйнівне зусилля $71,0 \times 10^5$ Па, а для 17,4% вже $57,6 \times 10^5$ Па.

Таблиця 4.7 - Руйнівне напруження при стиску (10^7 Па)

| Культура | Зерно | |
|----------|-----------|---------|
| | скловидне | Мучне |
| Ячмінь | 4,1-4,2 | 3,8-3,9 |
| Овес | 3,2-4,1 | 2,9-3,4 |
| Просо | 2,9-3,0 | 2,4-2,5 |
| Рис | 2,2-2,3 | 2,0-2,1 |

Також механічна міцність зерна залежать від виду прикладених зусиль, статичні чи динамічні (табл.4.8).

Таблиця 4.8 - Вплив швидкості деформації на механічні властивості пшениці

| Вологість, W% | Швидкість деформації, мм/хв. | Руйнівне зусилля, 10Н | Абсолютна деформація,мм |
|------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 13,0 | 0,7 | 9,0 | 0,35 |
| 13,0 | 6,0 | 12,7 | 0,21 |
| 16,0 | 0,7 | 7,2 | 0,50 |
| 16,0 | 6,0 | 8,2 | 0,40 |
| 18,5 | 0,7 | 4,9 | 0,60 |
| 18,5 | 6,0 | 5,5 | 0,68 |

Робочі процеси подрібнення використовуються не тільки у переробній промисловості, а й у сільському господарстві.

Від ступені подрібнення зернового матеріалу, залежить відсоток (%) засвоєння організмами тварин та людей.

4.4. Величина і вирівняність зерна

Для крупного зерна, є характерним підвищений вміст ендосперма. Цей фактор заставляє задуматись над тим питанням, чи не варто пускати на переробку, для отримання високоякісного борошна, з високим виходом тільки зерно найвищої крупності. В цьому випадку ми отримуємо високоякісну продукцію за зависоку ціну. З дрібним, щуплим зерном ситуація зворотня.

Збільшення крупності зерна також позитивно впливає на його щільність, для крупного зерна цей показник вищий 720 кг/м^3 , для середньої крупності 660 кг/м^3 . Із збільшенням об'ємної ваги зерна пшениці його мукомельні властивості покращуються. У них, вміст крохмальна частина ендосперма становить 83%, а у мілкої фракції – 72%.

Суттєву мають відмінність мілке і крупне зерно за значенням визначального розміру, U/F . Для мілкового рівний 0,32-0,40 мм, для крупного зерна 0,50-0,55 мм.

Вирівняність зернової партії за розмірами і масовими показниками важлива для вибору налаштувань робочих режимів обладнання, задіяного на переробці зерна (дробарки, млини, лушпилк та ін.). Чим краща вирівняність масових і розмірних показників партії зерна, тим рівномірніший розподіл навантажень на кожен зернину, краща працює обладнання, зростає його безвідмовний ресурс.

4.5. Експериментальне визначення коефіцієнта завантаження млина

Під час лабораторних досліджень, дослідний зразок кульового млина завантажували по мірі її технічних можливостей і визначали час T необхідний на переробку зерна вагою M . Згідно цих даних визначали фактичну продуктивність млина:

$$Q_{\phi} = M / T, \quad (4.1)$$

а за алгоритмом визначали теоретичну продуктивність Q_m , припускаючи при цьому що коефіцієнти $\phi_1 = \phi_2 = 1$. Тоді з співвідношення:

$$\varphi_2 = Q_m / Q_\phi , \quad (4.2)$$

визначали коефіцієнт завантаження об'єму циліндра барабанного млина, (табл.4.9). Згідно з експериментальними даними середнє значення коефіцієнта завантаження млина становить $\varphi_2 = 0,53$.

Таблиця 4.9 - Експериментальне визначення коефіцієнта завантаження млина

| № п/п | $M, кг$ | $T, с$ | $Q_\phi, кг/с$ | $Q_m, кг/с$ | φ_2 |
|--|---------|--------|----------------|-------------|-------------|
| 1 | 1,4 | 4,0 | 0,35 | 0,636 | 0,55 |
| 2 | 1,4 | 4,0 | 0,35 | | 0,55 |
| 3 | 1,4 | 4,7 | 0,30 | | 0,47 |
| 4 | 1,4 | 3,9 | 0,36 | | 0,57 |
| Середня величина коефіцієнта φ_2 | | | | | 0,53 |

Обґрунтовано методику та алгоритм визначення продуктивності барабанного млина, яку можна рекомендувати для використання в інженерній практиці.

Для інженерного розрахунку продуктивності барабанного млина, рекомендоване значення коефіцієнта завантаження для барабанного млина $\varphi_2 = 0,5...0,6$.

Висновки

На величину коефіцієнта внутрішнього тертя зерна суттєво впливає вологість, підвищена вологість, є причиною залипань робочих поверхонь очисних, сортувальних, переробних машин.

При вологості насіння 14-16%, межа міцності зернових оболонок, рівна (88-133) 10^5 Па; для плодових оболонок (110,3-178,8) 10^5 Па, а міцність ендосперми (10-30) 10^5 Па.

Зростання вологості з 10,5 до 18%, є причиною росту опору зерна з $3,8 \times 10^5$ до $6,0 \times 10^5$ Па.

Показник міцності м'якого зерна на 30-60% вищий, ніж крупного.

Для розрахунків приймаємо стандартний діаметр $d=1200$ мм; з довжину кульового барабана $D=2400$ мм.

Допустима швидкість обертання кульового барабана 33,5 об/хв.

Загальний розмір кулі 96 мм і маса 6 кг, а сумарна вага завантажених куль 4,25 т:

Продуктивність кульового млина 5,7 т/год,

Затрати потужності на виконання технологічного процесу помолу зерна 3,3 кВт.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналітичне дослідження виробничого травматизму при виконанні технологічних операцій

Дослідження причин виробничого травматизму в процесі подрібнення зерна дозволило виявити фактори, які спричиняють травматизм, а саме:

1. Незадовільні умови праці;
2. Недосконалість виконання технологічних операцій, технічного обслуговування у процесі роботи;
3. Використання несправного інструменту та обладнання;
4. Нехтування елементарними правилами безпеки праці;
5. Небезпечний рух транспортних засобів при розвантаженні;
6. Утворення умов, які викликають пожежонебезпечні ситуації.

Дослідження аварійності і травматизму при використанні машинно-тракторних агрегатів дозволило виявити основні причини їх виконання, а саме:

1. Зіткнення під час переїздів транспортних засобів;
2. Дія рухомих частин транспортних засобів під час розвантаження;
3. Наїзди при запуску ДВЗ на увімкненій передачі;
4. Вплив шкідливого середовища під час роботи із зерновими.

Серед ситуацій, що виникали, спостерігалися, можна виділити найбільш типові:

- Дорожньо-транспортні пригоди;
- Затягування одягу чи тіла обертовими частинами механізму;

Удари бортів кузова транспортного засобу об працівника під час процесу розвантаження чи піднімання кузова.

5.2. Вимоги до виробничого обладнання та засобів механізації

1. Конструкції машин і обладнання, які використовуються під час виконання робіт, повинні відповідати чинним стандартам із безпеки праці.

2. Приймання з ремонту й передавання в експлуатацію відремонтованих машин і обладнання здійснюється тільки на підставі акта ремонтного

підприємства (структурного підрозділу), який підтверджує відповідність відремонтованих виробів вимогам безпеки праці.

3. Не допускаються до експлуатації несправні машини та обладнання.

4. Виробниче обладнання повинно відповідати вимогам державних стандартів (ГОСТ 12.2.003-91), (ГОСТ 12.2.042-91), бути пожежо- і вибухобезпечним та відповідати вимогам безпеки праці протягом усього терміну використання.

5. Стан компресорних установок і повітропроводів повинен відповідати вимогам державного стандарту затверджених Держгіртехнаглядом України 07.12.21 (ДНАОП 0.00-1.13-21).

6. Кожна одиниця обладнання, яка знаходиться в експлуатації, повинна мати паспорт, схеми підключення електроживлення і комунікацій, дані про результати перевірки її технічного стану, про виконані ремонти та зміни, внесені в схему або конструкцію, документацію про приймання обладнання в експлуатацію, а також інструкцію з експлуатації.

7. Конструкція виробничого обладнання повинна унеможлилювати випадкове зіткнення працівників із гарячими та переохолодженими частинами або знаходження у безпосередній близькості від таких частин, якщо це може викликати травмування, перегрівання або переохолодження працівників.

8. Виділення та поглинання обладнанням тепла, а також виділення ним шкідливих речовин і вологи у виробничі приміщення не повинно перевищувати гранично допустимих концентрацій у межах робочої зони, які встановлюються стандартами, санітарними нормами та правилами.

9. Складові частини виробничого обладнання (у тому числі електричні проводи, кабелі, трубопроводи тощо), механічне пошкодження яких може спричинити небезпеку, повинні бути захищені огороженням або виконані таким чином, щоб виключити можливість їхнього випадкового пошкодження. Огороження повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.062-81.

10. Усі рухомі частини трансмісій, які розташовані на висоті менше ніж 2,5 м від опорної поверхні або поверхні робочої площадки, повинні бути огорожені.

У випадку неможливості огороження рухомих органів або частин виробничого обладнання через їх функціональне призначення мають бути передбачені засоби сигналізації, які попереджують про пуск обладнання, а також використані сигнальні кольори та знаки безпеки.

11. Виробниче обладнання, обслуговування якого пов'язане з переміщенням персоналу, повинно бути обладнане проходами, безпечними й зручними за конструкцією та розмірами, і пристроями для ведення робіт (робочими площадками, переходами, драбинами, поручнями тощо).

12. Виробниче обладнання потрібно забезпечувати місцевим освітленням, якщо його відсутність може спричинити перенапруження органів зору або викликати інші небезпечні ситуації.

13. Гідравлічні, парові, вакуумні лінії та кормопроводи повинні мати надійні та справні ущільнення, які виключають порушення герметизації.

14. Для гарантування безпечної роботи працівників слід не менше одного разу на тиждень проводити профілактичний огляд пристроїв та обладнання, які не мають регламентованого строку технічного обслуговування (фіксатори, завіси, перила, трапи, ворота тощо).

Млини, дробарки, вальцеві верстати, жорна та інші подрібнювачі встановлюються на фундаментах відповідно до експлуатаційної документації на обладнання.

16. Під час підготовки до роботи подрібнювачів необхідно перевірити балансування робочого органу, кріплення ножів, молотків і протиризальних пластин, справність і надійність кріплення кришки дробильної камери, наявність захисних огорожень на передачах та рухомих частинах машин.

17. Під час підготовки до роботи живильників та подрібнювачів слід перевірити кріплення болтових з'єднань, натягнення ременів і ланцюгів. Рухомі та нерухомі ножі подрібнювачів повинні бути закріплені болтами з

контргайками, а зазори між ними - відповідати значенням, вказаним у паспорті машини.

18. Перед пуском подрібнювача потрібно впевнитися у відсутності сторонніх предметів усередині нього і на живильниках.

19. подача продуктів у подрібнювач здійснюється тільки після виходу його ротора у робочий режим.

20. Очищати від забивання робочі органи потрібно тільки при виключеному і повністю зупиненому обладнанні з ужиттям заходів, які запобігають його випадковому пуску (знімання приводних пасів, відключення муфти, навішування на пусковий пристрій попереджувальної таблички "Не вмикати!" тощо).

21. Робочі місця та приміщення, де встановлені подрібнювачі, необхідно щоденно прибирати від пилу і бруду.

5.3. Розрахунок захисного заземлення

Металеві неструмоведучі частини електрообладнання і електроустановок при порушенні ізоляції між ними і їхніми струмоведучими частинами можуть опинитись під напругою. У таких аварійних умовах дотик до неструмоведучих частин установок рівнозначний дотику до струмоведучих частин.

Усунення небезпеки ураження електричним струмом при такому переході напруги на неструмоведучі частини електроустановок у мережах з ізольованого нейтраллю здійснюється за допомогою захисного заземлення.

При зміні заземлюючих пристроїв, що вийшли з ладу, а також при їх проектуванні разом з розробкою проектів реконструкції ремонтних майстерень, кормоцехів, пунктів технічного обслуговування сільськогосподарської техніки та в інших випадках інженер-енергетик повинен бути досконало обізнаний як з методикою розрахунку заземлюючих пристроїв, так і тими питаннями, що стосуються замовлення і придбання необхідних для цього матеріалів.

Основним параметром, що характеризує заземлюючий пристрій, є його опір розтіканню струму, який залежить від опору землі. Опір розтіканню

штучних заземлювачів залежить від ґрунту, в якому вони прокладені, їх довжини, глибини закладання, форми і ступеня прилягання заземлювача до землі. Наявність у ґрунті солей і кислот знижує опір розтікання. При промерзанні і висиханні ґрунту такий опір зростає.

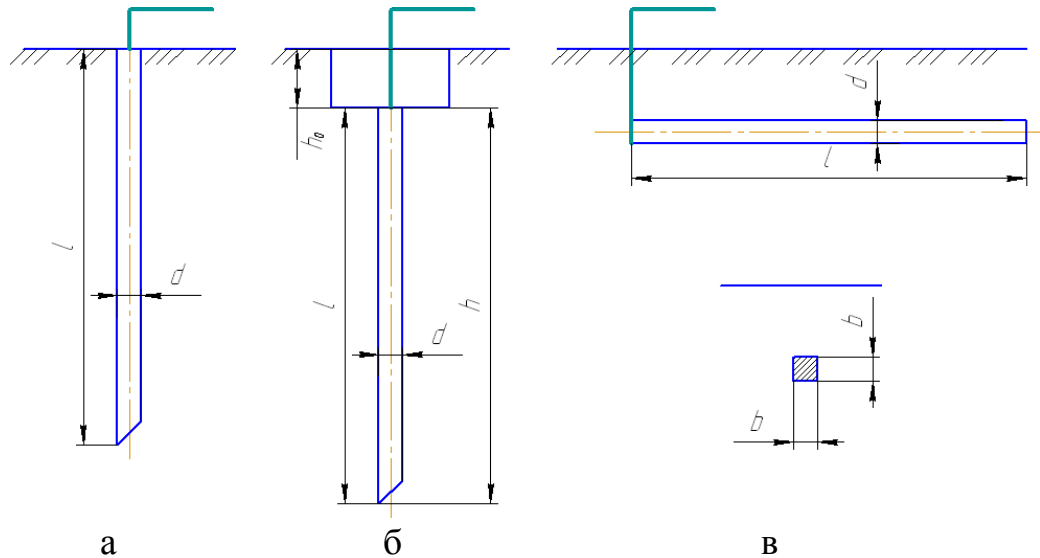


Рисунок 5.1- Схеми одиночних заземлювачів:

- а – трубчастий заземлювач біля поверхні ґрунту;
- б – трубчастий заземлювач в ґрунті;
- в – заземлювач із металевого квадрату в ґрунті.

Опір розтіканню струму для стержня, заглибленого на певну глибину від поверхні ґрунту, визначаємо за формулою:

$$R_o = 0,036 \frac{\rho}{l} \cdot \left[\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h-l}{4h-1} \right], \quad (5.1)$$

$$R_o = 0,036 \frac{140}{150} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot 150}{4} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 100 - 150}{4 \cdot 100 - 150} \right] = 0,60892 \text{ Ом}$$

де h - відстань від поверхні землі до середини заземлювача, см.

Складний заземлювач (див. рис. 5.1) має певну кількість електродів (стержнів) і одну штабу. Необхідну кількість вертикально розміщених заземлювачів (стержнів) визначають за формулою:

$$n = \frac{R_o}{R_o \cdot \eta_c}, \quad (5.2)$$

$$n = \frac{0,60892}{4 \cdot 0,5} = 0,188498, .$$

Так як $n = 0,188498 < 1$, то в даному розрахунку приймаємо один електрод (стержень), якого буде достатньо для створення опору захисного заземлення в даному приміщенні.

5.4. Визначення необхідного обсягу повітрообміну

У створенні сприятливих умов праці ефективним засобом є вентиляція - процес організованої і регульованої заміни в приміщеннях забрудненого повітря чистим і свіжим. Залежно від способу переміщення повітря вентиляція буває природна і механічна (штучна). Вона може бути призначена для розчинення в приміщеннях шкідливих речовин до допустимих концентрацій, видалення з приміщення надлишків пилу і вологи.

Механічна вентиляція - це примусове видалення з приміщень забрудненого повітря і заміна його свіжим за допомогою вентиляційних агрегатів. Сукупність вентиляційного агрегату (кількох агрегатів), повітроводів, регулювальних, пускових та інших пристроїв складають вентиляційну систему для конкретного виробничого приміщення.

Вентиляційні системи бувають витяжними, припливними і припливно-витяжними (комбінованими).

Вибір системи залежить від призначення виробничого приміщення, особливостей виробничого процесу, інтенсивності виділення шкідливих речовин та інших причин. Наприклад, у приміщеннях, де інтенсивно виділяються шкідливі речовини, щоб запобігти їх поширенню в інші приміщення, застосовують витяжну систему вентиляції. У хімічних лабораторіях, акумуляторних, деревообробних та інших цехах, де встановлені витяжні шафи, аспіраційні установки та пристрої, необхідно забезпечити відповідний приплив у приміщення свіжого повітря. У тракторах і комбайнах,

навпаки, щоб запилене повітря не потрапляло в кабінку крізь щілини ззовні, застосовують припливну систему вентиляції.

При проектуванні механічних систем вентиляції передбачають можливість очищення повітря, що надходить ззовні, а також повітря, що видаляється з приміщення, якщо шкідливі речовини негативно можуть впливати на екологічні системи.

Головним у виборі вентиляційних систем і установок є визначення необхідного ^повітрообміну в приміщеннях. Розраховують необхідний повітрообмін окремо для кожного конкретного випадку залежно від виду та інтенсивності шкідливих виділень.

Кількість повітря, необхідну для видалення з приміщення шкідливих речовин, можна визначити за значенням показника кратності:

$$L_1 = K \cdot V, \quad (5.3)$$

$$L_1 = 1 \cdot 2175 = 2175 \text{ м}^3/\text{год},$$

де K - показник кратності, $\text{м}^3/\text{год}$;

V - об'єм повітря в приміщенні, м^3 ;

Кратність повітрообміну K показує, скільки разів за годину повністю весь об'єм повітря замінюється свіжим (AW).

5.5. Розрахунок системи вентиляції та розробка її схеми

Одночасно з проектуванням виробничих приміщень (проекти кормоцехів, реконструкція ремонтних майстерень шляхом добудови окремих приміщень тощо) розробляють проекти вентиляційних систем. При цьому розрахунки ведуть поетапно.

1. Розробляємо схему вентиляційної мережі з поворотами, переходами, розгалуженнями та іншими елементами, розбиваючи її на окремі ділянки, і підбираємо розміри (діаметри) повітроводів (додаток 4):

$$d_1 = 0,24 \text{ м}^3; d_2 = 0,24 \text{ м}^3; d_3 = 0,12 \text{ м}^3; d_4 = 0,12 \text{ м}^3; \quad (5.4)$$

$$l_1 = 14\text{ м}; l_2 = 10\text{ м}; l_3 = 13\text{ м}; l_4 = 18\text{ м};$$

2. Визначаємо кількість повітря для необхідного обміну:

$$L = K_3 \cdot L_1, \quad (5.5)$$

$$L = 2 \cdot 2175 = 4350 \text{ м}^3/\text{год},$$

де K_3 - коефіцієнт запасу.

3. Визначаємо втрати напору на прямих ділянках повітроводів:

$$H_{\epsilon} = \frac{\psi_{\tau} \cdot l_T \cdot \gamma_{\epsilon} \cdot v_c^2}{2d_T}, \quad (5.6)$$

$$H_{\epsilon 1} = \frac{0,02 \cdot 14 \cdot 1,15 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,12} = 96,6 \text{ Па}$$

$$H_{\epsilon 2} = \frac{0,02 \cdot 10 \cdot 1,15 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,12} = 69 \text{ Па}$$

$$H_{\epsilon 3} = \frac{0,02 \cdot 13 \cdot 1,15 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,12} = 81,06 \text{ Па}$$

$$H_{\epsilon 4} = \frac{0,02 \cdot 18 \cdot 1,15 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,12} = 84,525 \text{ Па}$$

де ψ_{τ} - коефіцієнт, що характеризує опір повітроводів (для металевих труб $\psi_{\tau} = 0,02$);

v_c - середня швидкість повітря на розрахунковому відрізку повітряної магістралі (для ділянок, що прилягають до вентилятора вона приймається 8-12 м/с, а для віддалених приймається 1-4 м/с);

γ_{ϵ} - щільність повітря всередині приміщення, кг/м³;

l_T - довжина ділянки труби, м;

d_T - діаметр труби, що прийнятий на певній ділянці, м.

4. Обчислюємо місцеві втрати напору H_m (Па) у переходах, колінах, жалюзях тощо:

$$H_m = 0,5 \cdot \psi_m \cdot v_c^2 \cdot \gamma_{\epsilon}, \quad (5.7)$$

$$H_{m1} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 12^2 \cdot 1,15 = 41,4 \text{ Па},$$

$$H_{m2} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 12^2 \cdot 1,15 = 45,54 \text{Па},$$

$$H_{m3} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 12^2 \cdot 1,15 = 4,226 \text{Па},$$

$$H_{m4} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 12^2 \cdot 1,15 = 4,226 \text{Па},$$

де ψ_m - коефіцієнт місцевих втрат напору (додаток 5).

5. Визначаємо сумарні втрати напору H_d (Па) на ділянці і у цілому на лінії H_d :

$$H_d = H_g + H_m, \quad (5.8)$$

$$H_{d1} = 96,1 + 41,4 = 137,5 \text{Па},$$

$$H_{d2} = 69 + 45,54 = 114,54 \text{Па},$$

$$H_{d3} = 61,046 + 4,226 = 65,272 \text{Па},$$

$$H_{d4} = 84,525 + 4,2264 = 88,751 \text{Па},$$

де H_g - напір вентилятора, Па.

6. За величиною максимальних втрат, користуючись номограмою (додаток 6), вибирають номер вентилятора і коефіцієнт корисної дії це і безрозмірну величину A . При цьому пріоритет надається вентилятору з найбільшим ККД.

7. Визначивши A і N , обчислюють частоту обертання ротора вентилятора:

$$n_g = \frac{A}{N}, \quad (5.9)$$

$$n_g = \frac{3000}{5} = 600 \text{об/хв},$$

У процесі експлуатації вентиляторів виникає необхідність обчислювати окремі їх експлуатаційні характеристики. При цьому слід знати, що подача вентилятора прямо пропорційна частоті його обертання, повний тиск - квадрату частоти обертання, а затрачена потужність — кубу швидкості обертання.

5.6. Вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища

1 Техніка безпеки на підприємствах, які виготовляють, і в організаціях, які укладають асфальтобетонні суміші, повинна відповідати вимогам ДНАОП 5.1.14.1.01.

2 Концентрація шкідливих речовин виробничого середовища при приготуванні та укладанні асфальтобетонних сумішей не повинна перевищувати граничне допустимі концентрації (ГДК) згідно з ГОСТ 12.1.005 (наведені у таблиці 5.1).

Таблиця 5.1 - Граничне допустимі концентрації шкідливих речовин

| Шкідливі речовини | ГДК, мг/м ³ | Клас небезпеки (ГОСТ 12.1.007) |
|-------------------|------------------------|--------------------------------|
| Парафін | 300 | IV |
| Циклогексан | 80 | IV |
| Етанол | 1000 | IV |
| Кам'яний пил | 6 | IV |

3 Контроль за станом повітря робочої зони при приготуванні, слід здійснювати за ГОСТ 12.1.005; ГОСТ 12.1.014; ГОСТ 12.1.016. Концентрація пилу у повітрі визначається згідно з МУ № 4436.

4 Контроль показників мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання) при приготуванні повинен виконуватися згідно з санітарними нормами ДСН 3.3.6.042.

5 Персонал, який зайнятий на виробництві і укладанні сумішей, повинен проходити попередні і періодичні медичні огляди згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.94 № 45.

6 Рівень шумового навантаження на працюючих при приготуванні і використанні матеріалів повинен відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037. Контроль еквівалентних рівнів шуму на робочих місцях здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.050.

10 Еквівалентні рівні загальної вібрації на робочих місцях повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.039.

11 Викиди в атмосферу шкідливих речовин не повинні перевищувати ГДВ, встановлених вимогами ГОСТ 17.23.02 та СП № 4946. Контроль за вмістом летких речовин, що мігрують в атмосферне повітря у процесі використання сумішей, повинен здійснюватись згідно з вимогами СП № 4946 та РД 52.04.186.

12 Порядок накопичення, транспортування, знешкодження та захоронення некондиції та інших відходів, що утворюються у процесі використання сумішей, повинен відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.7.029.

Висновки

Проведено і визначено причини появи травматизму, який виникає у раз недотримання людиною правил і вимог техніки безпеки. На основі цього розроблено карту технологічних операцій для переробки зерна, а також подано до кожної операції травмонебезпечні та аварійні ситуації, що виникають під час виробничого процесу.

Подано вимоги щодо виробничого обладнання та засобів механізації для подрібнення зерна.

Розроблено для працівників інструкцію з охорони праці під час роботи на механізованих заводах.

Проведено розрахунки:

- Захисного заземлення млина;
- Необхідний повітрообмін і систему вентиляції, зображено схему вентиляції.

6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Економічна ефективність застосування кульового млина

Як зазначалося у 1 розділі для отримання асвальтобетону застосовують різноманітні подрібнювальні машини, які відрізняються між собою можливостями використання, конструктивно – технологічними ознаками, техніко-економічними показниками тощо. В сучасних умовах актуального значення набуває розробка енергозберігаючих машин та технологій.

Зараз у період реформування сільського господарства в Україні перед виробниками стоїть задача випуску обладнання для середніх спеціалізованих підприємств. Які потребують універсальних машин, що поєднують у собі декілька технологічних операцій і мають порівняно невеликі габаритні розміри.

6.2. Показники порівняльної економічної ефективності

Економіка процесу подрібнення матеріалів визначається багатьма чинниками: технологічними характеристиками машини, способами подрібнення, вартістю обладнання, витратами на обслуговування, стану робочих органів машини тощо.

Для визначення очікуваної економічної ефективності використовувалась порівняльна характеристика середньої витрати потужності на подрібнення в млинах, з яких є відцентрово-кульова подрібнювальна машина «ВРМД» із горизонтальною віссю обертання.

Враховуючи зміну цін на техніку, витратні матеріали, сільськогосподарську продукцію, а також зміну нормативів і заробітну плату, дані показники вважаються реальними для умов експлуатації. Розрахунок здійснюється з запропонованою методикою в наступній послідовності:

1. Річний економічний ефект від експлуатації подрібнювального млина у гривнях визначаємо за формулою:

$$E_p = \Pi_d \cdot T_p, \quad (6.1)$$

де Π_0 - зведені затрати, грн.;

T_p - річне напрацювання, год.;

$$E_p = 337,9 \cdot 200 = 67480 \text{ грн.},$$

2. Зведені затрати визначаємо:

$$\Pi_0 = E_{\text{затр}} + F + Z_{\text{оп.пр}}, \quad (6.2)$$

де $E_{\text{затр}}$ - прямі експлуатаційні витрати, грн.;

$Z_{\text{оп.пр.}}$ - витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.;

F - затрати на ПММ, кг/од. напр.;

$$\Pi_0 = 111 + 97,2 + 128,3 = 337,9 \text{ грн / т.},$$

3. Річна економія праці під час роботи на подрібнювально-змішувальній машині:

$$Z_p = Z_k \cdot T_p \quad (6.3)$$

де Z_0 - затрати праці, люд./год.;

T_0 - річне напрацювання, год.;

$$Z_p = 0,5 \cdot 2000 = 1000 \text{ год.},$$

4. Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу становлять:

$$Z_{\text{оп.пр.}} = (1/W_{\text{зм}}) \cdot \sum \Pi_i \cdot \tau_i \cdot K_i, \quad (6.4)$$

де $W_{\text{зм}}$ - продуктивність машини за дону годину змінного часу, тонн;

Π_i - чисельність виробничого персоналу, люд.;

τ_i - годинна тарифна ставка оплати праці, грн./год.;

K_i - коефіцієнт доплат.

$$Z_{\text{оп.пр.}} = (1/0,6) \cdot \sum 1 \cdot 70 \cdot 1,1 = 128,3 \text{ грн.},$$

5. Затрати на ПММ:

$$F = q \cdot Ц, \quad (6.5)$$

де q - витрата ПММ, кг/од. напр.;

$Ц$ - ціна 1 кг мастила, грн.;

$$F = 2,7 \cdot 36 = 97,2 \text{ грн / од.напр.},$$

6. Економічне використання нової машини визначаємо шляхом знаходження прямих експлуатаційних витрат:

$$E_{затр.} = Z_{оп.пр.} + E_{ел.} + B_{ТО,рем.} + A_{рен.}, \quad (6.6)$$

де $Z_{оп.пр.}$ - витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.;

$E_{ел.}$ - витрати на електроенергію, грн.;

$B_{ТО,рем.}$ - витрати на ТО і ремонт, грн.;

$A_{рен.}$ - витрати на реновацію, грн.

$$E_{затр.} = 128,3 + 111 + 25,0 + 30,0 = 294 \text{ грн} / \text{т},$$

7. Витрати на електроенергію визначаємо за формулою:

$$E_{ел.} = q \cdot Ц, \quad (6.7)$$

де q - витрати електроенергії, кВт. год/од. напр.;

$Ц$ - ціна одного кіловату електроенергії за год., грн./кВт. год.

$$E_{ел.} = 3 \cdot 37 = 111 \text{ грн.} / \text{год.}$$

8. Знаходимо річне завантаження машини за формулою:

$$T_p = D \cdot t, \quad (6.8)$$

де D - число днів роботи машини (приймаємо $D = 250$ днів);

t - число годин роботи машини за день (експлуатаційний час приймаємо 8 год.).

Отже,

$$T_p = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.},$$

9. Знаходимо термін окупності машини з виразу:

$$T = \frac{E_p}{\Pi_\delta}, \quad (6.9)$$

де Π_δ - зведені затрати, грн.;

E_p - річний економічний ефект, грн.;

$$T = \frac{67480}{337,9} = 199,7 \text{ год.},$$

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності наведені в табл. 6.1., де враховані тільки показники, що відносяться до робочого процесу помолу і впливають на економічний ефект.

Таблиця 6.1 - Дані для розрахунку економічної ефективності

| Показники | Базова | Нова |
|--|--------|--------|
| Продуктивність агрегату, т/год. | 4,5 | 5,7 |
| Балансова вартість, грн. | 250000 | 270000 |
| Чисельність виробничого процесу | 1 | 1 |
| Годинні тарифні ставки, грн. | 70 | 70 |
| Коефіцієнт на реновацію | 0,2 | 0,2 |
| Коефіцієнт на поточний ремонт та технічне обслуговування | 0,3 | 0,3 |
| Витрати електроенергії, кВт. год./кг. | 3,2 | 3 |
| Ціна 1 кВт. год. електроенергії, грн./кВт. год. | 3 | 3 |
| Витрати на електроенергію, грн../год | 180 | 111 |
| Економічне використання нової машини, грн./т | | 294 |
| Річний економічний ефект, грн | | 67480 |
| Приведені затрати, грн./т | | 337,9 |
| Термін окупності машини, год | | 199,7 |

Аналіз економічного ефекту проводився з використанням ЕОМ і електронно-обчислювальних таблиць EXELL.

Висновки

Із проведених розрахунків для визначення економічної ефективності видно, що дана машина цілком вигідна. Як показав розрахунок використання нової дослідної дробарки доцільне при річному напрацюванні до 3400 тонн. Аналізуючи результати наведені в табл. 6.1. і найбільший економічний ефект буде при річному напрацюванні 4200 тон зерна.

З порівняльного аналізу показників економічної ефективності видно, що економічний ефект від використання нової подрібнювальні машини забезпечується завдяки: зменшення металоємності обладнання, енергоємності робочого процесу, конструкція машини об'єднує два процеси в робочому циклі, що дає нам можливість зекономити витрати коштів на придбання додаткового обладнання (змішувачів), котрі потребують додаткової площі в приміщенні.

Річний економічний ефект від використання нового кульового млина 67480 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити наступні підсумки, що робочий процес подрібнення у кульових млинах, є більш ефективним порівняно з іншими способами, і є предметом наукових досліджень, в напрямку їх модернізації, з метою насамперед в напрямку збільшення їх продуктивності, підвищення коефіцієнта корисної дії та покращення рівномірності гранулометричного складу кінцевої продукції.

2. Все це свідчить, що необхідно звернути увагу на покращення процесу подрібнення і принципові схем подрібнювальних машин барабанного типу, адже незначне зростання їх ефективності, дає великий економічний ефект.

3. З вище наведеного можна зробити висновки, що жодна із конструкцій цих машин не є досконалою і має свої переваги та недоліки. Тому стоїть питання над розробкою нових подрібнювальних машин барабанного типу, для більш якісного подрібнення зерна.

4. Всю роботу, що витрачається на забезпечення процесу дроблення, можна поділити на наступні види, робота що затрачається на розколювання зерна та руйнування його структури, робота, що витрачається на подолання шкідливих опорів (сил тертя, нагрівання матеріалу та ін.), і робота, що затрачається на утворення нових частинок дроблення.

5. До параметрів, що характеризують роботу кульового барабана, належить продуктивність Q і затрати потужності N .

6. Продуктивність кульових млинів з стандартними конструктивними параметрами не перевищує 5 т/год .

7. На величину коефіцієнта внутрішнього тертя зерна суттєво впливає вологість, підвищена вологість, є причиною залипань робочих поверхонь очисних, сортувальних, переробних машин. При вологості насіння 14-16%, межа міцності зернових оболонок, рівна $(88-133) \cdot 10^5$ Па; для плодових оболонок $(110,3-178,8) \cdot 10^5$ Па, а міцність ендосперми $(10-30) \cdot 10^5$ Па. Зростання вологості з 10,5 до 18%, є причиною росту опору зерна з $3,8 \cdot 10^5$ до $6,0 \cdot 10^5$ Па.

8. Показник міцності м'якого зерна на 30-60% вищий, ніж крупного.

9. Для розрахунків приймаємо стандартний діаметр $d=1200$ мм; з довжину кульового барабана $D=2400$ мм.

10. Допустима швидкість обертання кульового барабана 33,5 об/хв.

11. Продуктивність запропонованої моделі кульового млина 5,7 т/год,

12. Затрати потужності на виконання технологічного процесу помолу зерна 3,3 кВт/год.

13. Розроблено інструкції з техніки безпеки при роботі та обслуговуванні машин для подрібнення матеріалу. Визначено і проаналізовано причини виникнення травмонезбезпечних чинників під час технологічного процесу подрібнення та способи уникнення травм.

14. Річний економічний ефект від використання нового кульового млина 67480 грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Коруняк П.С. Визначення кінетичної енергії вібраційної подрібнювальної машини молоткового типу // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. - Львів: Львів. Держагроуніверситет. 1997. - № 1. – С. 187-191.
2. Коруняк П., Боровець В., Лозовий І. Апробація методики аналізу роботи подрібнювальних машин ударного типу //Вісн. ДУ "Львівська політехніка": Оптимізація виробничих процесів) і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні. - Львів. - 1998. - №321. - С.45-48.
3. Ніщенко І., Коруняк П. Дослідження руху пружного робочого органу дробарки ударної дії. //Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. Львів: Львів, держагроуніверситет, 1998. - № 2. - С.91-95.
4. Гошко З.О., Крупич О.М. Обґрунтування конструктивно технологічної схеми машини для шелушіння зерна та насіння. Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження, №3.–Львів, 1999. -с.187-190.
5. Гошко З.О., Василькевич О.М. ”Процес шелушіння, його вплив на схожість насіння і проблеми пов’язані з ним”, Вісник ЛДТУ№7, Луцьк, 2000.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння. – Харків: Око, 2006. – 408 с.
7. Бердій Я. І., Джигрей В.С., Кидисюк А.І. та ін. Безпека життєдіяльності. – Львів, 1997. – 275 с.
8. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. – Київ: Урожай, 1990. – 184 с.
9. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002. – Вид-ня офіційне. – Київ: Держстандарт України, 2003. – 173 с.

10. Державний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. ДСТУ 2240-93. – Вид-ня офіційне. – Київ: Держстандарт України, 1993. – 74 с.
11. Морозов В.В., Щепилов Н.Я. Зерноочисні комплекси і потокові лінії. – Великі Луки, 2002. – 367 с.
12. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Масло В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. “Машини та обладнання с.-г. вир-ва”: У 3 кн. – Кн.. 2: Машини для рільництва / За ред. М.І. Чорновола. – Київ: Урожай, 2002. – 364 с.
13. Тищенко Л.Н. Інтенсифікація подрібнювання зерна. – Харків: Основа, 2004. – 224 с.
14. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – Київ: Урожай, 1994. – 448 с.
15. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / За ред. Д.Г. Войтюка. – Київ: Вища освіта, 2004. – 544 с.
17. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А., Луценков В.А., Работягов В.І. Охорона праці: Навчальне видання. – Київ: “Урожай”, 1994. – 272 с.
18. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. – Київ: “Урожай”, 1993. – 272 с.
22. СТП ХНТУСГ 01–05. Стандарт підприємства. Структура і оформлення дипломних та курсових проектів (робіт). – Харків: ХНТУСГ, 2005. – 27 с.
24. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
25. Шикуча М.К. Охорона докiлля: Навч. посiб. /, О.Ф.Ігнатенко, Л.Р.Петренко, М.В.Капштик. – Київ: Т-во “Знання”, КОО, 2001. – 398 с.