

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Ефективність технологічного
процесу приготування кормів на птахофермі**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Хрущ Володимир Володимирович

Керівник: _____ Івлєв Віталій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Хрущ Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Ефективність технологічного процесу приготування кормів на птахофермі

керівник роботи Івлєв Віталій Володимирович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«17» листопада 2021 року № 3539

2. Строк подання студентом роботи 07.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Аналіз стану питання процесів та обладнання для приготування комбикормів, зокрема подрібнювачів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання, мета і задачі досліджень. 2. Теоретичні дослідження молоткового подрібнювача. 3. Лабораторні дослідження процесу подрібнення зерна. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічне обґрунтування удосконаленого подрібнювача. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (3 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (2 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуші, А4). 4. Охорона праці (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Івлєв В.В., доцент		
2	Івлєв В.В., доцент		
3	Івлєв В.В., доцент		
4	Кравець В.В., доцент		
5	Вініченко І.І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О.С., доцент		

7. Дата видачі завдання: 10.10.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.10.2021 р.	
2	Теоретичний	до 20.10.2021 р.	
3	Експериментальний	до 09.11.2021 р.	
4	Охорона праці	до 19.11.2021 р.	
5	Економічний	до 26.11.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 30.11.2021 р.	

Студент

(підпис)

Хрущ В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Івлєв В. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Хрущ В.В. Обґрунтування конструктивних параметрів подрібнювача фуражного зерна для птахівництва /Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

В роботі наведено огляд і аналіз подрібнювачів фуражного зерна і їх робочих органів, а також стан досліджень процесу подрібнення. У другому розділі описана конструктивно-технологічна схема нового подрібнювача фуражного зерна з комбінованими робочими органами, виявлено вплив фізико-механічних властивостей продукту і конструктивно-режимних і технологічних параметрів подрібнювача на питомі витрати енергії процесу подрібнення зерна.

Третій розділ присвячено розробці програми та методики експериментальних досліджень та аналізу їх результатів. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: фуражне зерно, подрібнення, деки, молоток, питома енергоємність.

ЗМІСТ

	Вступ	8
1	Стан питання, мета і задачі досліджень	10
	1.1 Подрібнювачі фуражного зерна	10
	1.2 Питання теорії подрібнення кормового зерна	17
	1.3 Висновки	29
2	Фізико-механічні передумови зниження енергоємності процесу подрібнення	30
	2.1 Прокочування зернівок вальцевою парою	40
	2.2 Робочий процес молоткового ступеня подрібнювача	48
	2.3 Висновки	52
3	Лабораторні дослідження процесу подрібнення зерна	52
	3.1 Методика проведення експериментальних досліджень щодо уточнення фізико-механічних властивостей подрібнених кормів	54
	3.2 Фізико-механічні та міцнісні властивості зерна та продуктів його подрібнення	57
	3.3 Методика інженерного розрахунку основних параметрів двоступінчастого подрібнювача	64
	3.4 Висновки	66
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	67
	4.1 Загальні визначення та поняття	67
	4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	68
	4.3 Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних факторів	70
	4.4 Вимоги безпеки перед початком роботи	72
	4.5 Вимоги безпеки під час роботи	73
	4.6 Дії в разі настання надзвичайних ситуацій	73
	4.7 Висновки	74

5	Економічне обґрунтування удосконаленого подрібнювача зерна	75
5.1	Вихідні дані	75
5.2	Визначення питомих експлуатаційних витрат	76
5.3	Визначення питомих приведених витрат	79
5.4	Висновки	81
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	84

Вступ

Однією з найактуальніших проблем сучасного аграрного виробництва є забезпечення населення у достатній кількості якісними продуктами тваринництва. Його розвиток, відповідно до стратегії модернізації сільського господарства, пріоритетними національними проектами та галузевими програмами безпосередньо пов'язаний із створенням міцної кормової бази – найважливішим керуючим ресурсом продукційної та репродукційної функціями біологічних об'єктів. Забезпечення тварин та птиці повноцінними кормами, збалансованими за поживністю відповідно до продуктивності – одна з вирішальних умов додаткового виробництва та покращення якості продукції тваринництва. Якість кормів, ступінь збалансованості, а також раціони годівлі мають значний вплив на продуктивність тварин і якість продукції, а також на їх здоров'я.

У технології приготування кормів найпоширенішим та найважливішим процесом є подрібнення, зумовлене вимогами фізіології тварин. В результаті подрібнення утворюється безліч часток з високорозвиненою поверхнею, що сприяє прискоренню процесів травлення та підвищенню засвоюваності поживних речовин. З допомогою подрібнення зерна продуктивність тварин підвищується на 10...15 % . В інженерному відношенні подрібнення кормів є найбільш енергоємною та дорогою операцією.

Загалом актуальною залишається проблема підвищення якості подрібнення. Її рішення дозволить мінімізувати переподрібнення кормів та підвищити їх засвоюваність. Особливо це важливо при використанні концентрованих кормів із фуражного зерна, оскільки воно має тверду оболонку і якщо її не зруйнувати, то зерно «транзитом» проходить через шлунково-кишковий тракт тварини. Основним обладнанням для подрібнення кормового зерна у сільськогосподарському виробництві є молоткові дробарки. На сьогоднішній день відома велика кількість молоткових дробарок різних конструкцій, що використовуються в сільському господарстві та комбикормовій промисловості, суттєвими недоліками яких є висока витрата енергії та нерівномірність гранулометричного

складу готового продукту, що не відповідає ДСТУ і зоовимогам. Огляд літературних джерел, присвячених питанням підвищення ефективності застосування комбікормів, а також виконаних останнім часом досліджень, показав можливість суттєвого покращення енерготехнологічних характеристик процесів подрібнення фуражного зерна. Одним із перспективних напрямів у галузі подрібнення зерна стає розробка двостадійних подрібнювачів, у яких мінімізуються недоліки одноступеневих молоткових зернодробарок.

Подрібнювачі, що розробляються, відрізняє відносно низька енерго- і металоємність конструкції, більш висока зносостійкість ударних елементів, менші рівні шуму та вібрації. Проведені останні роки дослідження вказують на можливість значного підвищення ефективності засвоєння концентрованого корми за рахунок фракціонування його для кожного виду тварин. Переподрібнення зерна негативно відбивається не тільки на продуктивності тварин та їхнє здоров'я, але й значно погіршує умови праці протягом усього технологічного циклу, а також значно збільшує енергоємність процесу подрібнення. Один із шляхів отримання більш однорідного складу готового продукту при мінімізації енергоємності робочого процесу полягає в організації подрібнення згідно з теорією академіка В.П. Горячкіна, що враховує механічні, технологічні та біологічні особливості зернівки.

Поділ процесу подрібнення на етапи, що враховують ці фізико-хімічні особливості будови зернівок, може виявитися перспективним. На шляху вирівнювання фракційного складу та зниження витрат енергії на процес загалом. Мета дослідження. Розробка способу подрібнення та обґрунтування параметрів двоступеневого подрібнювача, що забезпечують зниження енергоємності процесу подрібнення кормового зерна та покращення фракційного складу продуктів помелу. Об'єктом досліджень є технологічний процес ступінчастого подрібнення кормового зерна. Предмет досліджень. Закономірності впливу параметрів вальцевої та молоткової секції на енергетичні та технологічні показники процесу подрібнення.

1 Стан питання, мета і задачі досліджень

1.1 Подрібнювачі фуражного зерна

Зміщення виробництва комбікормів безпосередньо у сільськогосподарські організації та малі форми господарювання, спеціалізовані на виробництві тваринницької продукції із зерна власного виробництва не знижує вимог до якості, відповідності ДСТУ та технічних умов, що включає обмежувальні показники та показники крупності розмелювання комбікормів – концентратів.

Технологія виробництва комбікормів включає наступні основні операції: прийом та очищення сировини від сторонніх домішок, лушення ячменю та вівса, подрібнення, дозування компонентів раціону, змішування, облік та видачу відповідно до нормативів годівлі технологічних та вікових груп тварин та птиці. Від якості подрібнення вихідних компонентів залежить точність наступних операцій: приготування комбікормів, яких пред'являються: допустимі похибки вагового дозування $\pm 0,1-2\%$ від маси дози; для об'ємного дозування інгредієнтів, що становлять у рецепті більше 30% - до $\pm 1,5\%$, від 11 до 30% - до 1%, від 3 до 10% - до $\pm 0,5\%$, менше ніж 3% - не більше 0,1% від маси всіх інгредієнтів рецепту. При змішуванні компонентів сухих комбікормів відхилення від рецептурного складу допускається не більше $\pm 1,5\%$, соковитих кормів $\pm 3,5\%$, рідких – $\pm 2,5\%$, мінеральних добавок – $\pm 1,0\%$. На процес змішування компонентів комбікорму впливають фізико-механічні, технологічні, кінематичні та конструктивні чинники. Чим менші розміри частинок суміші і чим більше ці розміри вирівняні, тим швидше досягається заданий ступінь однорідності суміші.

Подрібнення є енергоємною операцією в технологічному процесі приготування комбікормів. Концентровані корми подрібнюють на частинки заданої крупності відповідно до зоотехнічних вимог до зернового: корму: для великої рогатої худоби – не більше 3 мм, для свиней – до 1 мм; птиці – до 2-3 мм при сухому годуванні та до 1 мм при згодовуванні вологих мішанок. Стандартом на

сухі комбікорми встановлені три ступені розмелювання, що характеризуються середньозваженим діаметром частинок у мм (модулем): дрібний – 0,2-1мм, середній – 1,0-1,8 мм, великий – 1,8-2,6 мм, що визначається за допомогою решітного класифікатора з круглими пробивними отворами діаметром 1, 2, 3,4 і 5 мм, розсівання на фракції 100 грамової середньої проби протягом 5-10 хвилин. Решета 4 та 5 мм є контрольними.

Ситовий спосіб визначення модуля помелу найбільш поширений за порівняно з мікрометричним та седиментометричним. Він дозволяє з мінімальними витратами часу визначити величину модуля, побудувати помільну характеристику і дати гранулометричну оцінку результатів помелу. Модуль M помелу визначають за формулою:

$$M = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100}; \text{ мм} \quad (1.1)$$

де P_0 - масовий залишок на піддоні розсіву, %;

P_1, P_2, P_3 – масові залишки на ситах з отворами відповідно 1, 2 та 3 мм, %.

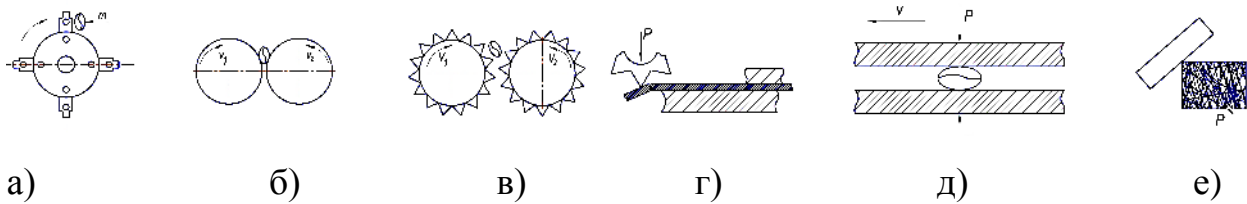
За результатами ситового аналізу будуються помольні характеристики плюсу» або «по мінусу», або диференціальні криві у вигляді варіаційного ряду – полігону розподілу розмірів частинок за класами, що дозволяють оцінити відповідність фракційного складу ДСТУ та зоовимогам для відповідних тварин і птиці. У тому числі науково-дослідні та зональні інститути академічної підпорядкованості. Більше половини з переліку розробляють та виробляють машини та обладнання для тваринництва та кормоприготування, у тому числі подрібнювачі зерна, що відрізняються широким діапазоном подач (продуктивності): від 50-100 кг до 10-30тонн на годину та різноманітністю робочих органів та технологічних схем. Подрібнювачами аналогічних конструкцій комплектуються кормові агрегати, комбікормові заводи та комбікормові цехи різної продуктивності. У галузевих довідниках і каталогах технічні характеристики подрібнювачів

чів фуражного зерна не містять відомостей про якість подрібнення, гранулометричний склад продуктів подрібнення та вміст фракцій, що лімітуються ДСТУ та зоовимогами. За даними досліджень у продуктах подрібнення зерна молотковими та іншими робочими органами міститься до 20-40 відсотків борошняних фракцій. Ця проблема обговорюється на роботах В.І. Сироватки, С.В. Золотарьова, В.В. Ляпіна, І.Я. Федоренко. В інформаційних матеріалах фірми Skiold примітка містить довідку про вміст у продуктах розмелювання 50% фракції до 1 мм. У каталозі характеристик «Установки фракційного подрібнення фуражного зерна» як її гідності показано зниження борошняної фракції на 9-17 відсотків, що вона має сепаратор, велика фракція спрямовується на повторне подрібнення. Відсутність класифікаційних підходів до оцінки великої різноманітності подрібнювачів фуражного зерна ускладнює вибір напрямів їх удосконалення відповідно до інноваційних вимог до техніки нового покоління.

Попередня оцінка найпоширеніших подрібнювачів зерна дозволяє співвідношення особливості їх схеми та конструкцій з відомими способами подрібнення.

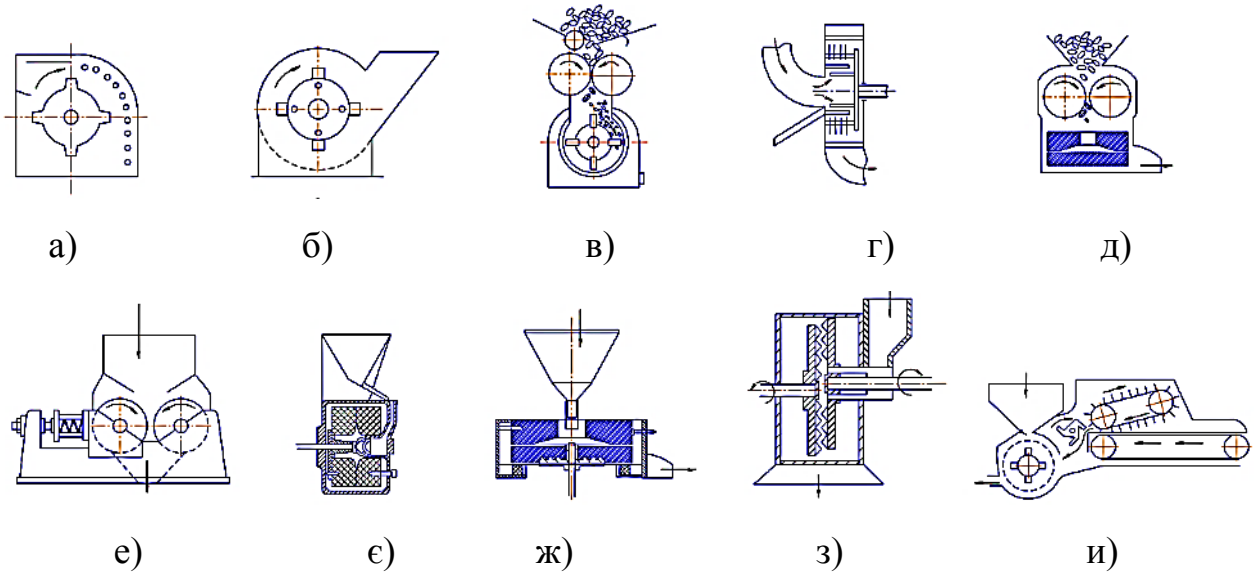
Технологічний результат різних способів подрібнення залежить від кінематики робочих елементів, сукупності їх взаємодії з подрібнюваним продуктом, організації руху продуктового потоку та ін. Молоткові дробарки відрізняються широким спектром конструкцій та орієнтацією – з шарнірним та жорстким кріпленням робочих органів, з горизонтальним і вертикальним розташуванням валу барабана. Вальцеві подрібнювачі з гладкими, рифленими та зубчастими вальцями працюють у різних кінематичних режимах залежно від технологічних вимог та виду подрібнюваних кормів. Жорнові та дискові подрібнювачі відомі з горизонтальним та вертикальним положенням осі обертання, роздільним приводом дисків з рухомим верхнім або нижнім жорном або диском. Фірма Skiold виробляє модельний ряд дискових подрібнювачів, у тому числі з похилою віссю.

Способи подрібнення



а) б) в) г) д) е)

Подрібнювачі кормового зерна



а) б) в) г) д)
е) є) ж) з) и)

Рисунок 1.1 – Схеми подрібнювачів кормового зерна та способи подрібнення: 1 – способи подрібнення: а – удар; б - плющення; розтирання-помел; в – стиснення-сколювання-помел; г - фарбування; д - стиснення-стирання; е – різання. 2 – подрібнювачі кормового зерна: молоткові дробарки – а – відкритого, б-Закритого типу; в, г, д – двоступінчасті; е – вальцьова; ж - жорнова з горизонтальною віссю; з - жорнова з вертикальною віссю; та – дисковий; и – комбінований.

Для отримання необхідного фракційного складу продуктів подрібнення дробарки, що встановлюються в потокових лініях цехів або агрегатів, включають загальну схему подачі матеріалу та відведення продукту шляхом аспірації. Дробарки, використовуються на фермах як поодинокі установки, обладнують системою трубопроводів, циклонами та фільтрами-пиловловлювачами, які в сукупності утворюють замкнуту пневмосистему. Це сприяє незапилюванню

приміщень, зменшує вибухонебезпечність і в цілому покращує умови праці в приміщеннях.

Робочими органами дробарок є молотки, грати, деки; допоміжними механізмами, що забезпечують безперервність перебігу технологічного процесу – транспортери-живильники, бункери з дозаторами, вентилятори, циклони, фільтри, системи трубопроводів та вивантажувальні транспортери. Основні енерговитрати з підготовки сировини до змішування пов'язані з її подрібненням. Тому робочі органи дробарок іноді мають ступінчасту побудову (рисунок 1.1, г, д). Як перший ступінь можуть застосовуватися пальцеві, штифтові та вальцьові робочі органи. Вихідним щаблем залишається молотковий барабан.

При такій побудові та, особливо з використанням вальців для попереднього руйнування зернових можна розраховувати на загальне зниження витрат енергії на процес подрібнення. Відомі технологічні схеми подрібнювачів передбачають зниження енерговитрат, покращення якості помелу, механізацію завантаження та розвантаження дробильної камери. Для робочого процесу молоткової дробарки з декою, встановленої безпосередньо в камері дроблення, характерні деякі недоліки. Так, подрібнення матеріалу до необхідного ступеня відбувається в дробильній камері, після чого його видаляють. При цьому утворюється велика кількість пилоподібних частинок при високих енерговитратах внаслідок високих робітників швидкостей. Подрібнення відбувається без циркуляції продукту у камері молоткового барабана. Структурна схема процесу такого дробарка (рисунок 1.1 а) називається схемою з відкритим циклом. Організація робочого процесу в дробарці з рециркуляцією матеріалу (рисунок 1.1 б) дозволяє значно знизити утворення пилоподібних частинок рахунок установки сепаратора замість решіт. Сепаратори різного типу (решітні, пневматичні, інерційні, комбіновані) поділяють подрібнюваний матеріал на дві фракції – готовий продукт і недоподрібнений (рециркулюють). Рециркулює після сепаратора прямує на доподрібнення в подрібнювальну камеру. Так як в камеру надходить як вихідний продукт, так і рециркулюють з дефектами міцності, відбувається переподрібнення матеріалу. Цей недолік усунений при організації процесу под-

рібнення вихідний і недоподрібнені продукти надходять у дробильну камеру по черзі за рахунок накопичувального бункера рециркуляту. Однак для цієї схеми характерне порушення безперервності технологічного процесу та передрібнення рециркуляту. Схема роботи дробарки, дає можливість не змішувати вихідний продукт і рециркулюють у подрібнювальній камері за рахунок її поділу по довжині ряд паралельних секцій, і навіть використання кількох незалежних сепараторів. Повернення рециркуляту в молоткову дробильну камеру з робочою швидкістю, що руйнує, необхідною для подрібнення зерна, призводить до збільшення вмісту борошняної фракції та пилу в кінцевому продукті помелу. Класифікаційна схема подрібнювачів кормового зерна на кшталт робочих органів, становищу їх у просторі та способу подрібнення (рисунок 1.2) дозволяє виділити найбільш проблемні недоліки останніх та сформулювати напрями енерго-ресурсозбереження в розробці перспективних способів подрібнення та пристроїв для їх реалізації. Наприкінці процесу подрібнення молотковими дробарками закритого типу впливають: окружна швидкість молотка, рівна сумі руйнівної швидкості та швидкості циркулюючого шару, маса циркулюючого завантаження, товщина повітряно-продуктового шару, щільність подрібнюваного продукту та механічні характеристики, схеми подачі його в робочу камеру та виведення з неї. Об'єм борошняний фракції при цьому накопичується при ударі молотків, ударі об деки та решета, а також у процесі руху молотків у циркулюючому повітряно-продуктовому шарі. Ці ефекти менш значимі у робочому процесі вертикальних конструкцій і особливо під час відбору (виведення з робочої камери різних фракцій).

Класифікаційна схема подрібнення кормового зерна

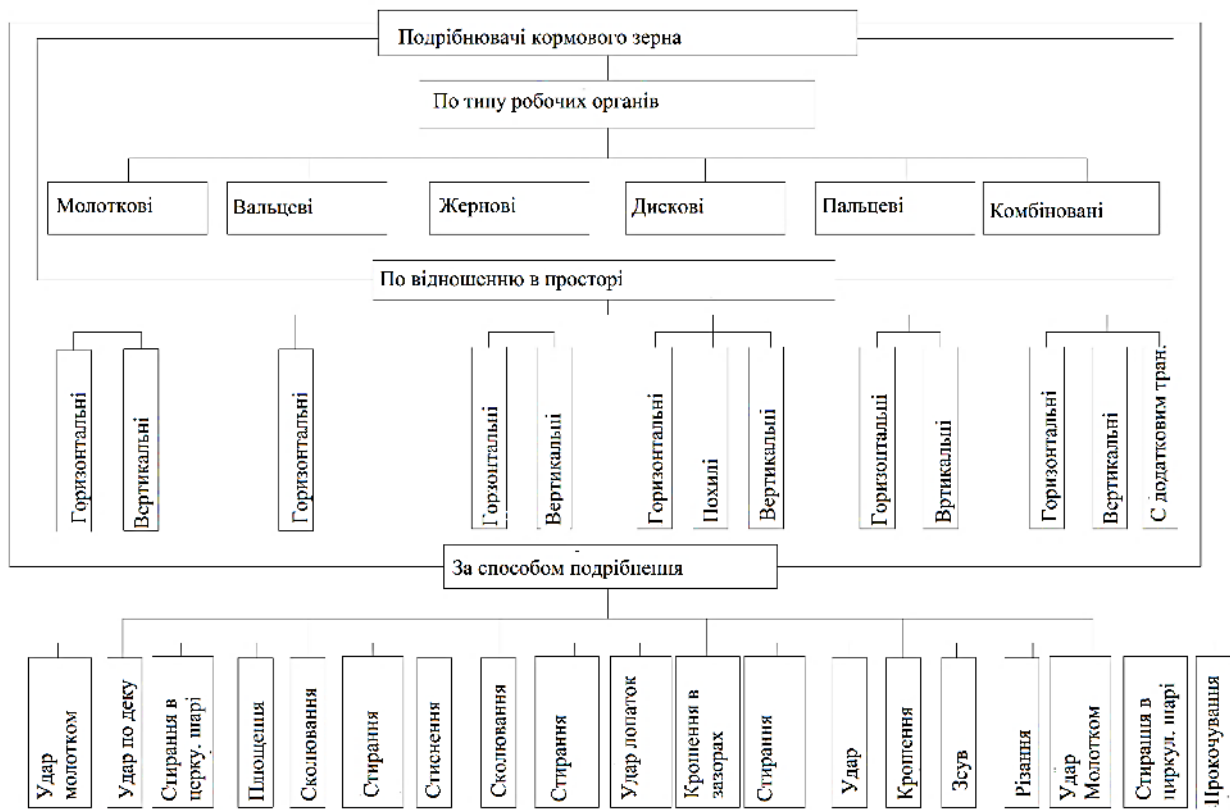


Рисунок 1.2 – Класифікаційна схема подрібнювачів кормового зерна.

Серед універсальних подрібнювачів найпоширеніші комбінації ножового та молоткового робочих органів (малюнок 1.1 до), двоступінчастих – вальці-молотки - в; пальці-молотки – г; вальці-жорна - буд. Інтенсивне утворення фракцій (0-1) мм має місце у дискових дробарок усіх модифікацій із горизонтальним валом (Skold до 50%). Однак основним фактором, що визначає високий вміст переподрібненої фракції в помолі, є швидкість робочих поверхонь молотків, пальців, дисків і ножів. У комбінації вальці-жорна (рисунок 1.1 д) результат подрібнення забезпечується як попереднім руйнуванням зерна до заданого ступеня, так і остаточним розмолотом при малих робочих швидкостях обох ступенів. Більше того, у міру подрібнення продукту жорнами збільшується прохідне переріз, що сприяє його евакуації без заторів і виключає появу мучки та борош-

няної фракції. Комбінаціям пальці-молотки практично притаманні загальні недоліки молоткових дробарок, хоча робочі швидкості поверхонь пальців значно нижче руйнівної швидкості молотків (рисунки 1.1 г). Короткий класифікаційний огляд найбільш поширених схем технологічних рішень подрібнювачів фуражної сировини та способів подрібнення не дає однозначної відповіді на прийняття рішення, що забезпечує зниження енерговитрат на процес отримання заданого фракційного складу продуктів подрібнення та покращення умов праці на об'єктах кормоприготування. Тому сучасний стан теорії процесів переробки та приготування комбікормів потребує додаткового аналізу для ухвалення рішень інноваційного розвитку техніки цієї галузі.

1.2 Питання теорії подрібнення кормового зерна

Корми відносяться до пружно-в'язко-пластичних матеріалів з вираженою анізотропією та значними змінами властивостей міцності залежно від фізичного стану. Це пов'язано з тим, що корми складаються з двох структурних елементів – скелета або каркаса, що володіє пружними та пластичними властивостями та заповнювача, що володіє в'язкими властивостями. Процес руйнування таких матеріалів можна подати як втомний під циклічною дією навантаження. При дії зовнішніх сил елементи скелета деформуються, а заповнювач в'язкий опір переміщенню частинок скелета, збільшуючи тим самим міцність і жорсткість тіла. Межа міцності скелета залежить від часу дії навантаження, а в'язкий опір заповнювача змінюється у часі.

При тривалій дії навантаження заповнювач практично не чинить опору і міцність тіла визначається міцністю скелета. Навпаки, при миттєвому дії сили наповнювач надає переважне опір. Тому для руйнування такого тіла потрібна вища ударна навантаження, оскільки опір руйнації визначається спільною міцністю скелета та заповнювача. Руйнування пластичного твердого тіла можна уявити як появу мікротріщин у скелеті, розвиток яких призводить до відділен-

ня його частин. У процесі подрібнення цей процес протікає зі зростаючою швидкістю. Причому зерно і коренеклубнеплоди мають просторову структуру у вигляді множини осередків або стільників, заповнених крохмальними зернами, а стеблові корми волокнисту структуру аналогічну деревині. Тому кожен із кормів цих видів має мінімальний опір певному виду деформації. Витрати енергії менші при подрібненні зерна та кореноплодів із застосуванням удару, а стеблових кормів – різання.

Внаслідок впливу робочих органів машин змінюються форма, розміри, фізико-механічні властивості кормів, що переробляються. Ці зміни залежать насамперед від фізико-механічних властивостей та біологічних особливостей вихідних кормів, основна з яких – міцність.

Вперше діаграми стиснення в координатах зусилля – деформація для зерна фуражних культур при статичному (повільному) навантаженні було отримано професором С. В. Мельниковим. З отриманих діаграм (Рисунок 1.3) встановлено, що руйнація зерна відбувається у три етапи: 1 – пружні деформації; 2 – пластичні деформації; 3 – поява тріщин, що призводять до утворення частинок. При динамічному (швидкому) навантаженні збільшуються руйнівні навантаження, оскільки пружні та в'язкі деформації, що призводять до утворення тріщин у кормових матеріалах, протікають при великих руйнівних зусиль. Тому при розрахунку витрат енергії на подрібнення корми кожного виду руйнівні зусилля, отримані в статичних умовах, повинні бути скориговані на величину, яка обумовлена динамічними режимами роботи машин, що подрібнюють.

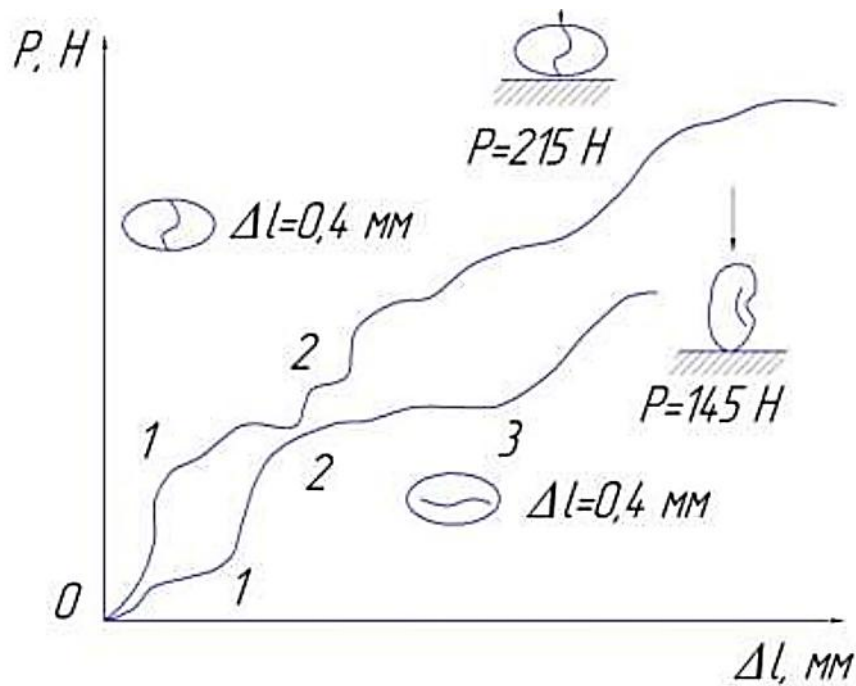


Рисунок 1.3-Діаграмма стиску зерен ячменю (по С.В. Мельникову)

Виходячи з діаграми, показник пластичності пропонується визначати по

Залежності:

$$e = \ln \frac{1}{1-\Psi'}, \quad (1.2)$$

де Ψ' – відносна деформація стиснення.

Залежність (1.2) – результат апроксимації даних експерименту, виконаного в певному режимі певного сорту зерна в деяких межах відносних деформацій і не може бути поширена на інші умови опису процесу і тим більше в обчислювальних цілях. Застосування терміну «пластичність» у дослідженнях цілого ряду авторів Некоректно, оскільки після пологих ділянок знову спостерігається зростання деформацій пропорційне зростанню зусиль з крутим сходженням. Побудова диференціальної кривої за сукупністю реалізацій вказує на пружно-в'язку природу поведінки зернівок основних фуражних культур і після розван-

таження, тоді як пластичні матеріали зберігають задану деформацією форму. Широко відомі у науковій та навчальній літературі діаграми стиснення (рис. 1.3) не супроводжуються поясненнями про тривалість експерименту та швидкості наростання деформації, що ускладнює їх аналіз і не дозволяє оцінити складові об'єкта та їх роль у процесі подрібнення, а також руйнівну напругу. Застосування терміну «пластичність» у дослідженнях цілого ряду авторів Некоректно, оскільки після пологих ділянок знову спостерігається зростання деформацій пропорційне зростанню зусиль з крутим сходженням. Побудова диференціальної кривої за сукупністю реалізацій вказує на пружно-в'язку природу поведінки зернівок основних фуражних культур і після розвантаження, тоді як пластичні матеріали зберігають задану деформацією форму. Широко відомі у науковій та навчальній літературі діаграми стиснення (рис. 1.3) не супроводжуються поясненнями про тривалість експерименту та швидкості наростання деформації, що ускладнює їх аналіз і не дозволяє оцінити складові об'єкта та їх роль у процесі подрібнення, а також руйнівну напругу. Для визначення роботи подрібнення вченими запропоновано дві енергетичні теорії: поверхнева та об'ємна. Поверхнева теорія, сформульована німецьким ученим П. Рітінгер заснована на тому, що робота A_R необхідна для подрібнення тіла, прямо пропорційна площі новоутвореної поверхні ΔS :

$$A_R = f(\Delta S). \quad (1.3)$$

Якщо взяти тіло кубічної форми з ребром C та подрібнити його до частинок-кубиків з ребром a , кількість отриманих частинок:

$$N_{\text{ч}} = \frac{C^3}{a^3} = \lambda^3 \quad (1.4)$$

Тоді площа новоутвореної поверхні ΔS складе:

$$\Delta S = 6c^2 N_{\text{ч}} - 6C^2 = 6C^2(\lambda - 1) \quad (1.5)$$

Якщо освіту одиниці площі нової поверхні витрачається робота A_R , то повна робота, витрачена на процес подрібнення (за П. Ріттінгер):

$$A_R = A_0 \Delta S = 6A_0 C^2 (\lambda - 1), \quad (1.6)$$

де A_0 - Питома робота утворення поверхні;

λ – ступінь подрібнення.

Поверхнева теорія застосовна для оцінки процесів тонкого подрібнення, коли виходить продукт із високорозвиненою питомою площею поверхні. Однак при розрахунках енергії на подрібнення великих шматкових матеріалів цієї теорії виходять великі похибки. У зв'язку з цим було розроблено об'ємну теорію ученим-механиком У. Л. Кирпичовим, а пізніше вона підтверджена стосовно процесів дроблення корисних копалин німецьким ученим Ф. Кіком. Відповідно до цієї теорії витрати енергії A_K на подрібнення тіла прямо пропорційні об'єму ΔV деформованої частини тіла:

$$A_K = f(\Delta V), \quad (1.7)$$

Але обсяг деформованої частини тіла пропорційний первісному його обсягу V . Отже, можна записати:

$$A_V = K_V C^{2.5} \quad (1.8)$$

де K_V - Коефіцієнт пропорційності.

Обидві ці теорії не враховують такі витрати енергії: перша - на деформування тіла, друга – на утворення нових поверхонь. Тому Ф. Бонд запропонував об'єднуючу, «примирювальну» теорію, згідно з якою робота, що витрачається на подрібнення матеріалів, пропорційна середньому геометричному V і S . Аналізуючи ці теорії, можна дійти невтішного висновку, що вони висловлюють лише окремі випадки перебігу процесу подрібнення та не враховують впливу на його енергоємність таких конкретних факторів, як дисперсність матеріалу, а також особливості конструкції та режимів роботи подрібнювачів. Академік П. А. Ребіндер, врахувавши недоліки поверхневої та об'ємної теорій, запропонував оцінювати роботу A подрібнення наступною формулою:

$$A = f(\Delta V) + f_1(\Delta S) \quad (1.9)$$

Вираз (1.9) записується у вигляді:

$$A = A_V + A_S = K\Delta V + \alpha\Delta S \quad (1.10)$$

де A_V - робота, що витрачається на деформації в деформованій частині тіла; A_S - робота, що витрачається на утворення нових поверхонь;

K – коефіцієнт пропорційності;

α - коефіцієнт пропорційності, що враховує енергію поверхневого натягу твердого тіла в рідині.

Якщо першу складову рівняння (1.10) вважати як роботу пружних деформацій, а другу як роботу перенапруги тіла, то корисною буде лише друга складова. Тому ефективність подрібнення тем більше, ніж менша міцність і відповідно менша робота пружних деформацій. Зазначені вище формули можна використовувати лише для якісного дослідження робочих процесів та порівняльних розрахунків з метою виявлення відносної величини енергії, що витрачається на подрібнення. Професор С. В. Мельников, на основі теорії академіка П. А. Ребіндера, запропонував робочу емпіричну формулу для визначення витрат на подрібнення:

$$A_{\text{под}} = c_n [c_v l g \lambda^3 + c_s (\lambda - 1)], \quad (1.11)$$

де c_n - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей зернового матеріалу, спосіб подрібнення, конструктивні особливості подрібнювача, Дж/кг;

c_v - Коефіцієнт питомої роботи пружних деформацій;

c_s - коефіцієнт, що виражає питому роботу, яка витрачається на утворення нових поверхонь.

У цій формулі коефіцієнт c_n виражає кореляційний зв'язок між теоретичними та дійсними витратами енергії на подрібнення. Експериментальне визначення коефіцієнтів c_v і c_s дуже трудомістке, тому при порівняльній оцінці подрібнювачів по енергоємності краще користуватися формулою:

$$A_{\text{под}} = c_1 l g \lambda^3 + c_2 (\lambda - 1), \quad (1.12)$$

де c_1 та c_2 - коефіцієнти пропорційності.

Оцінюючи розглянуті теорії подрібнення з позицій їх практичної значущості, слід зазначити, що в залежностях для визначення витрат енергії відсутні

характеристики самих матеріалів та будь-яких параметрів робочих органів, що ускладнює формування вимог щодо розробки нових технічних рішень або режимів. Так, наприклад, з широко поширеної моделі утворення нових поверхонь апіорі впливає, що для беззаторного процесу подрібнення площа робочого простору подрібнювача повинна відповідати при $\lambda=2$ величині $2c_2$, $\lambda=3$ – відповідно $3c_2$ тощо λc_2 для наступних шаблів чи ділянок. де c_1 та c_2 - коефіцієнти пропорційності. Оцінюючи розглянуті теорії подрібнення з позицій їх практичної значущості, слід зазначити, що в залежностях для визначення витрат енергії відсутні характеристики самих матеріалів та будь-яких параметрів робочих органів, що ускладнює формування вимог щодо розробки нових технічних рішень або режимів. Так, наприклад, з широко поширеної моделі утворення нових поверхонь апіорі впливає, що для беззаторного процесу подрібнення площа робочого простору подрібнювача повинна відповідати при $\lambda=2$ величині $2c_2$, $\lambda=3$ – відповідно $3c_2$ тощо λc_2 для наступних шаблів чи ділянок. Ця умова не виконується у всіх роторних, молоткових і навіть ударно-відцентрових подрібнювачах, що і визначає їх високу енергоємність і неминуче переподрібнення. У дисковому подрібнювачі зерна за вимога поверхневої теорії вирішується співвідношенням площ подають борозенок та майданчиків релаксації. Площа борозенок F^b і класифікаторів F^k поясу, що подає, визначаються за залежностями:

$$F^b = \frac{\pi(R_M^2 - R_0^2)}{(\lambda - 1)}; F^k = \frac{\pi(R_M^2 - R_0^2)\lambda_1}{(\lambda_1 + 1)}, \quad (1.13)$$

де R_0 - радіус приймального поясу, м;

R_M - радіус модульного поясу, м;

λ_1 – ступінь подрібнення в поясі, що подає при переході з борозенок на майданчики релаксації.

Тоді площа F_c поверхні подрібнюючого модульного поясу складе відповідно:

$$F_c = (F_A + F_B)\lambda_2, \quad (1.14)$$

де λ_2 – ступінь подрібнення продукту модульному поясі.

Ця вимога не стосується вальцових схем, оскільки умова відповідності має місце в будь-якому діапазоні λ , а підвищене перетирання, необхідне технологією, що регулюється величиною диференціала. До цього часу інженерна думка розвивалася у напрямі вдосконалення окремих робочих органів подрібнення зерна. Один із таких прикладів – це покращення техніко-енергетичних показників вальцової робочої пари. Механізм призначений для попереднього руйнування та плющення зерна. Машина включає станину, два вальця, що мелють, кожен з яких виконаний у вигляді осі, на якій встановлена бочка, міжвальцеву передачу, подає механізм і механізм пропускання сторонніх предметів між вальцями, що мелють. Пристрій дозволяє зменшити металоємність, енергоємність та габарити машини. Іншим напрямом удосконалення залишаються зернодробилки з робочими органами у вигляді молотків. Відмінною особливістю такої дробарки є дека, виконана з можливістю переміщення в корпусі дробильної камери щодо молоткового ротора в осьовому напрямку. Крупність готового продукту збільшується за рахунок зменшення зони взаємодії молотків ротора з декою шляхом її усунення в осьовому напрямку в корпусі дробильної камери. Технічний результат полягає у підвищенні надійності молоткової дробарки в роботі за рахунок збільшення пропускної спроможності та підвищення якості готового продукту шляхом регулювання крупності. Її подрібнювач кормів (рис. 1.4) містить молоткову дробарку та ріжучу машину. Циліндричні корпуси яких пов'язані між собою каналом, причому бічні стінки каналу виконані з двох частин, одна з яких закріплена на циліндричному корпусі молоткової дробарки, а інша частина - на циліндричному корпусі різальної машини з можливі-

стю повороту навколо осі їх кріплення та переміщення щодо один одного, при цьому кожен циліндричний корпус встановлений з можливістю повороту навколо своєї осі по або проти годинникової стрілки для зміни кута сполучення стінок каналу з корпусами молоткової дробарки і ріжучої машини. Винахід дозволяє отримувати помел різного розміру та знизити витрати енергії на процес подрібнення за рахунок зменшення маси циркуляційного шару

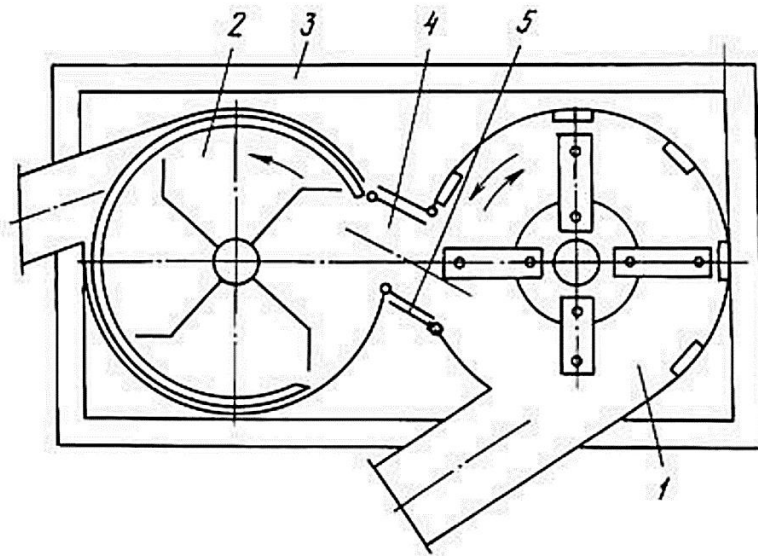


Рисунок 1.4 – Дробарка з двома робочими органами:

1- Молоткова дробарка; 2 – ріжуча машина; 3 – рама; 4 – з'єднувальний канал; 5 – стінки каналу показали можливість двоступеневого відцентрового подрібнення фуражного зерна, знизити енергоємність процесу та покращити технологічні властивості продуктів помелу.

Розгінні та відбійні елементи подрібнювача розміщені на загальному роторі, що має автономний привід. Проміжний ротор розміщено між розгінним та відбійним і обертається у протилежному напрямку.

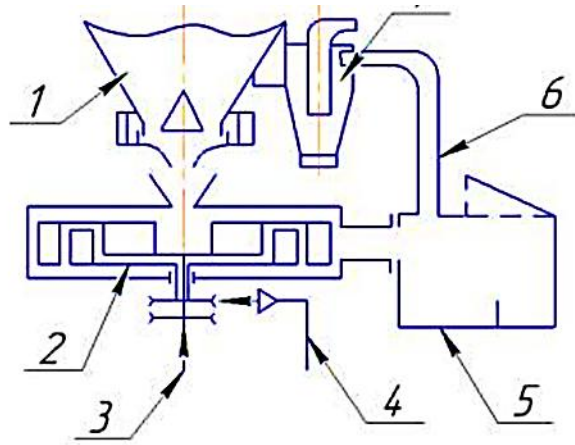


Рисунок-1.5 – Схема двоступінчастого відцентрового подрібнювача фуражного зерна: 1 – вібраційний дозатор; 2 – ударно-відцентровий подрібнювач; 3, 4 – тахометри; 5 – приймач готового матеріалу; 6 – сполучний рукав; 7 – циклон. Робочими органами подрібнювача є розгінний, проміжний та відбійний ротори.

Простори між роторами утворюють два ступені подрібнення: перший – удар лопатки проміжного ротора; друга – удар об лопатки відбійного ротора. Напруги, що виникають при першому ударі, близькі до руйнівних, але не досягають таких. Руйнівними стають «косі» удари зернівок та їх частин, що сходять з лопаток проміжного лопатки відбійного ротора, абсолютна швидкість поверхонь яких і швидкість сходу становлять векторну суму, що забезпечує до руйнування. Напруга σ_n , що у матеріалі зернівок, автор визначає залежністю від кількості ударів n :

$$\sigma_n = \sigma_f + (\sigma_1 - \sigma_f) * e^{\left(\frac{n-1}{n_1-1}\right)} \quad (1.15)$$

в якій σ_f – напруга, при дії якої не відбувається руйнування при будь-якому числі ударів (межа витривалості) МПа; σ_1 – руйнівна напруга при одному ударі (динамічна межа міцності), МПа; n_1 – характерна кількість ударів, за якого $(\sigma_1 - \sigma_f)$ зменшується в e разів.

При цьому робочі швидкості для ячменю знаходилися в діапазоні 45-95 м/с, для пшениці – 30-60 м/с, що вказує на неефективність робочого простору між розгінним та проміжним роторами. Остаточне руйнування відбувається за рахунок ковзного удару зернівок про поверхню лопаток відбійного ротора. Іншим способом ступінчастого нарощування дефектів міцності та подрібнення зерна вирішується в ударно-відцентровому подрібнювачі (рис. 1.6).

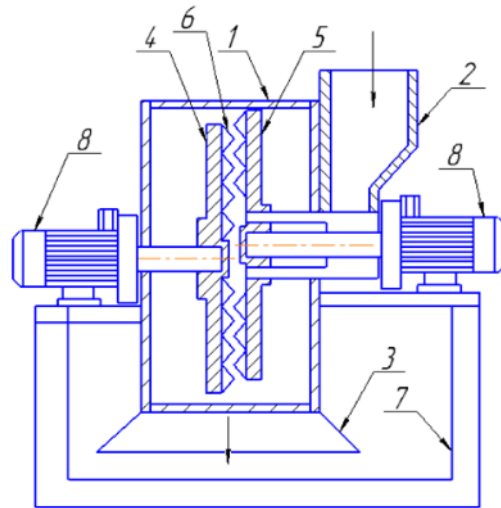


Рисунок-1.6 – Ударно-відцентровий подрібнювач

1 – корпус; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – вивантажувальна камера; 4 і 5 – лівий та правий диски з кільцевими виступами; 6 – ножі на робочих гранях; 7 – рама; 8 – електродвигуни.

Зерно подається в осьовому напрямку з боку правого диска, захоплюється виступами і рухається з вершин виступів одного диска до підстав виступів іншого і, потрапляючи в проміжні зазори, під дією відцентрових сил переміщається у радіальному напрямку. Ступінь подрібнення продукту при ударно-скеляюча дія подрібнювальних виступів залежить від радіальної швидкості зерна і частинок, зазору між виступами і западинами і зазору між дисками.

Ступінчастість процесу подрібнення досягається за рахунок наростання швидкості від центру до периферії дисків. Наведені в роботі результати експериментального визначення залежностей енергоємності та продуктивності від

швидкості робочих органів, модуля помелу від величини радіального зазору між виступами носять дискусійний характер. В обох роботах відсутні дослідження фізико-механічних та технологічних характеристик фуражного зерна, а також залежність енергетики від основних параметрів процесу.

1.3 Висновки

Корми є головним керуючим фактором продукційної та репродукційної функцій тварин та птиці. Рівень цих функцій на 60...80% визначає годування. Оскільки годування є головною статтею витрат у тваринництві, інвестиції у вдосконалення організації годівлі дають великий прибуток. Найенергоємнішою операцією є подрібнення концентрованих кормів. Конструкції та способи, що використовуються в даний час подрібнення є не ефективними як з технологічної, так і з економічної точок зору, що дозволяє сформулювати мету дослідження.

Метою дослідження є розробка способу подрібнення та обґрунтування параметрів двоступеневого подрібнювача, що забезпечують зниження енергоємності процесу подрібнення кормового зерна та покращення фракційного складу продуктів помелу. З результатів аналізу, й у досягнення поставленої мети дослідження, сформульовані такі основні завдання дослідження:

- уточнити пружно-в'язкі характеристики зерновок основних кормових культур;
- розробити теоретичні залежності процесу подрібнення зерна у двоступінчастому подрібнювачі;
- обґрунтувати раціональні конструктивні та режимні параметри двоступеневого подрібнювача;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

2. Фізико-механічні передумови зниження енергоємності процесу подрібнення

Виконані в останні роки дослідження та запропоновані технічні рішення подрібнювачів дозволяють суттєво покращити енерготехнологічні характеристики процесів подрібнення. Однак вони орієнтовані на зменшення числа ударів при високих робочих швидкостях і спрямовані, переважно, отримання кількісних характеристик процесів. Основну увагу дослідники приділяють робочим органам, їх геометричним та кінематичним параметрам, ігноруючи одне з основних положень землеробської механіки, сформульоване академіком В.П. Горячкіним, - основним елементом у кожному технологічному процесі є матеріал, що підлягає переробці.

Відомі положення теорії дроблення твердих тіл, загалом, пояснюють енергетичну сутність процесу, але не повною мірою розкривають напрямки зниження енергетики дроблення та оптимізації його параметрів. Вони, головним чином, описують кількісний бік процесу подрібнення та часто використовуються для порівняльної оцінки подрібнювачів та визначення основних критеріїв при вдосконаленні робочих органів. Енерговитрати на руйнування зерна, у тому числі кормових культур, визначаються особливостями його будови та механічними властивостями складових, які мають у сукупності пружно-в'язкими реакціями на зовнішні впливи. Наприклад, для руйнування ендосперму твердої пшениці сколюванням потрібно напруга 0,95-1,10 МПа, м'яких сортів – 0,28-0,32 МПа. Тому питома енергія руйнування зерна також велика і становить 1,9-4 кДж/кг. Як і багато матеріалів рослинного походження, зернівки мятликових мають пружно-в'язкі властивості. Співвідношення між пружною та в'язкою складовими залежно від хімічного складу зернівок становить 10-35 (90-65)%. Таким чином, основні витрати енергії подрібнення знаходяться в області в'язких деформацій. Поділ процесу подрібнення на етапи, що враховують ці фізико-механічні та морфологічні особливості будови зернівок, є перспективним на

шляху зниження витрат енергії на процес загалом. Основні наукові результати з подрібнення зерна отримані за ударного стиснення, що дозволяє розглянути процес подрібнення з позицій графоаналітичного подання його енергетики академіком Горячкиним В.П. (Рисунок 2.1).

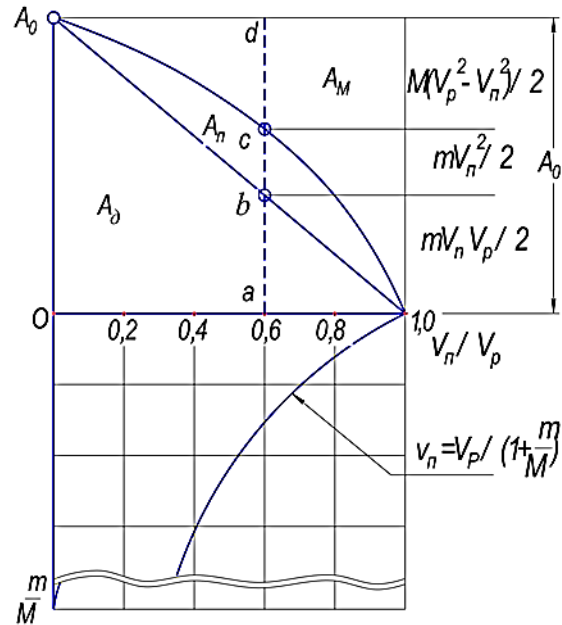


Рисунок-2.1 – Баланс енергії процесу подрібнення ударом по В.П. Горячкину: A_0 – повна кінетична енергія молотка; A_d - область корисної енергії; A_p - Енергія частинок; A_M – енергія холостого ходу; cd – ордината холостого ходу; bc - ординату енергії частинок; ab - ордината корисної енергії (деформації); V_n - швидкість частинок; V_p – швидкість молотка; m і M - відповідно маса частинок і молотка.

В області A_d вся кінетична енергія молотка, витрачається на деформацію зерна при $V_n = 0$. У міру руху праворуч від $V_n = 0$ частка енергії деформації зменшується й у точці $V_n/V_p = 1$ дорівнює 0. Відомо, що у цій зоні $V_n/V_p = 0,75-0,85$ працюють молоткові дробарки та інші швидкісні подрібнювачі, вирішуючи завдання подрібнення в одному кінематичному та силовому режимі. При цьому корисною енергією деформації може бути і енергія, повідомлена часткам, оскільки швидкість частинок після зіткнення з молотком може бути руйнівною. Аналізуючи діаграми стиснення зерен ячменю

(рисунок 2.2), можна достовірно стверджувати, що процес руйнування може бути виконаний у дві стадії: ділянці 0–1 та частково 1–2, залежно від структури зернівки, пружна деформація та зусилля зростають, а на ділянці 2–3 – в'язка деформація – практично без збільшення зусилля.

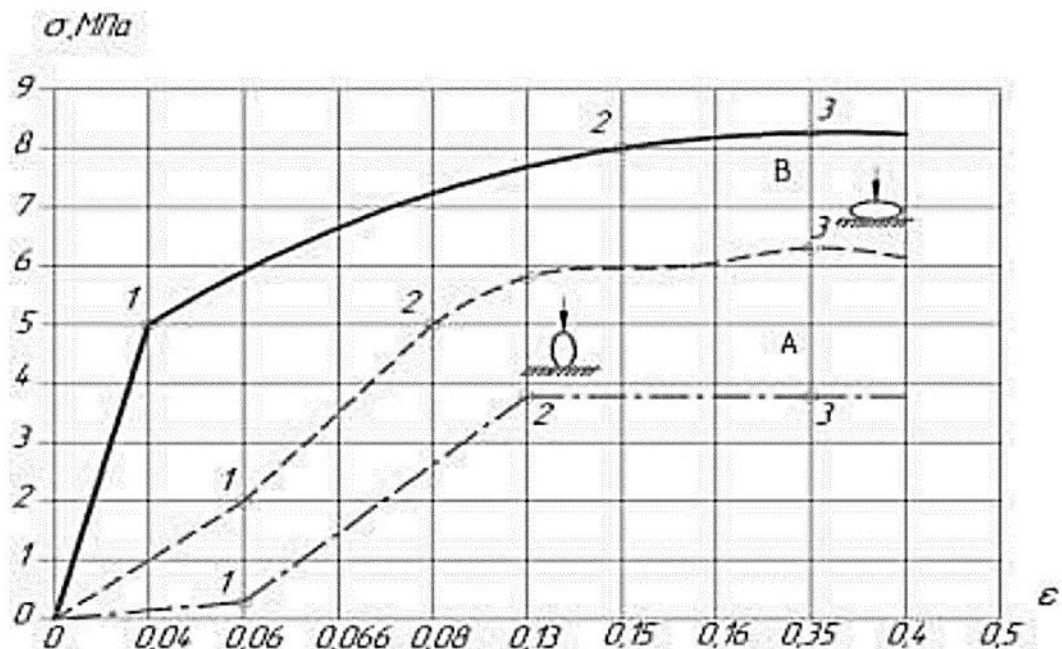


Рисунок-2.2 – Реалізації діаграм стиснення зерновок ячменю за С. В. Мельникову: σ – напруга; ε – відносна деформація; А - область осьових (поздовжніх) деформацій руйнування; В – область поперечних деформацій 0-1 – пружні деформації; 1-2 - пружно-в'язкі деформації; 2-3 - в'язкі деформації.

Зв'язок між σ та ε описується рівнянням ліній тренду у відрізках на осях у вигляді $\sigma = a + b\varepsilon$ з коефіцієнтом кореляції $R^2 = 0,866-0,724$ і може бути визнана функціональною, при $A = (0,637-0,297)$ і $B = (4,425-1,501)$, що дозволяє судити про стійкість процесів навантаження та руйнування у всьому робочому діапазоні $\varepsilon=(0,08-0,4)$. Скориставшись рисунком 2.1 пружну деформацію технічно можна виконати в області 1 вальцевою або дисковою парою, а в'язку остаточно з подрібненням у сфері 3. Фаза в'язкого та остаточного подрібнення може бути виконана молотками зі значно меншою робочою швидкістю $V_p < (0,4-0,6)V_m$, дисками або жорнами, пальцевими, штифтовими та іншими робочими

органами, що реалізують ефект П.А.Ребіндера, зниження міцності при циклічних навантаженнях, що отримали на першій стадії макродефекти міцності.

Експериментальне дослідження роздільного процесу подрібнення попередньо деформованих вальцями зернівок порційною пальцевою дробаркою підтвердило ефект зменшення тривалості остаточного подрібнення на 28-30% порівняно з подрібненням в один щабель при порівнянному модулі помелу. Відомо, що пружні деформації становлять до 30%, після чого починає деформуватися та руйнуватися ендосперм, заповнений крохмалистими зернами. Перехід деформацій за кордон пружності відповідає стадії перед руйнування і при великих швидкостях викликає непропорційне (випереджальне) збільшення напруги. У механіці систем, що деформуються у часі, поведінку таких матеріалів прийнято оцінювати спрощеним законом лінійного деформування:

$$Hn\dot{\epsilon} + E\epsilon = \sigma + \sigma', \quad (2.1)$$

де ϵ і σ – відносна деформація та напруга; $\dot{\epsilon}$ та σ' – їх похідні за часом, с⁻¹; H та E – миттєвий та тривалий модулі пружності, Па; n – тривалість релаксації, з. З наведеного закону, за А.Р. Ржаніцину, очевидно два слідства:

- при статичному навантаженні, нехтуючи похідними, маємо закон Гука із тривалим модулем пружності E ;
- при великих швидкостях навантаження (деформування), коли похідні великі, одержуємо закон Гука з миттєвим модулем H .

Залежно від швидкості деформації (навантаження), таким чином, в'язкий елемент виступає як абсолютно жорсткий чи податливий. Вплив часу навантаження на матеріал отримало у роботах Людвіга Больцмана назву післядії. Практичний інтерес для вдосконалення процесів подрібнення з явищами післядії представляють дві сторони:

- релаксація – зміна напруги у часі при постійній деформації;

- плинність – зміна деформації у часі за постійної напруги.

Алгоритмом розробки кінетики процесу може бути, по Больцману, становище – зменшення напруг при повторної деформації тим більше, що більше була перша деформація і що довше тривала і тим менше, що більше минуло часу від часу першої деформації. Розглядаючи різні режими навантаження упруго-в'язких матеріалів (УВМ) у процесах їх обробки, дослідники приходять до цілого ряду корисних висновків при розробці робочих органів пресів, брикетувальників, грануляторів різних типів. Значно рідше ці явища та його наслідки застосовуються розробки процесів руйнації з метою подрібнення, широко затребуваного у кормовиробництві. Справді, вирішуючи (2.1) для постійних E та σ А.Р. Ржаніцин наводить графіки зміни їх у часі (рисунок 2.3).

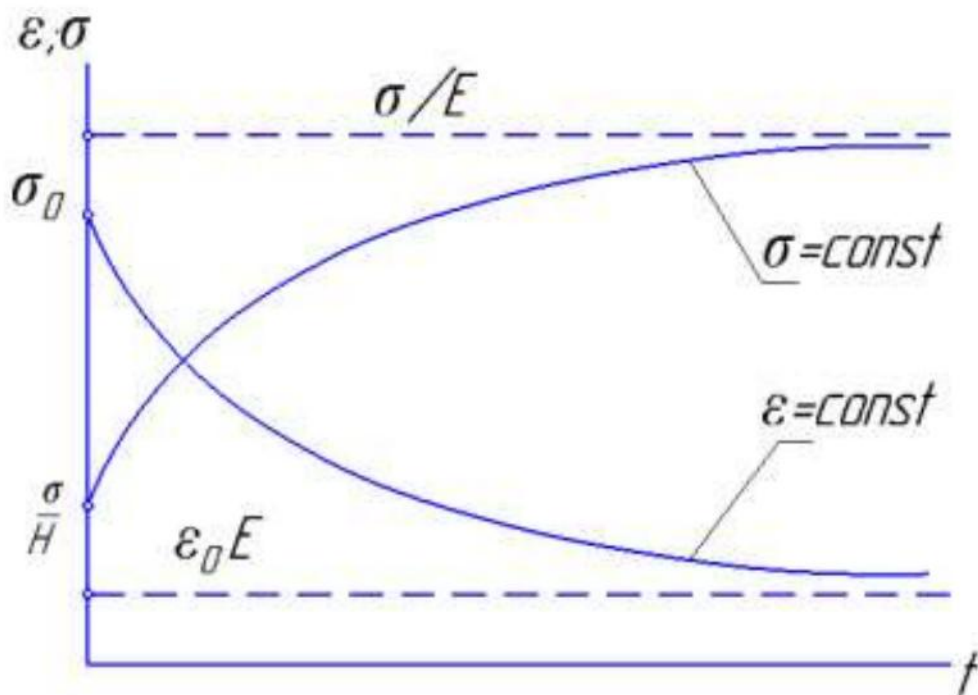


Рисунок 2.3 – Графіки функцій $\sigma = f_1(t)$ при $\epsilon = const$ та $\epsilon = f_2(t)$ при $\sigma = const$

Не менш корисним є рішення (2.1) для рівномірного наростання $\epsilon = \omega t$ и $\sigma = \upsilon t$. Тут υ - швидкість наростання напруги, Па/с; ω – швидкість відносної деформації, с⁻¹:

$$\sigma = E\omega t + n(H - E) * \omega [1 - \exp(-\frac{t}{n})], \quad (2.2)$$

$$\varepsilon = \frac{un}{E} * \left(1 - \frac{E}{H}\right) * \left[1 - \exp\left(-\frac{Et}{Hn}\right)\right] + \frac{ut}{E}. \quad (2.3)$$

З рівняння (2.3) випливає, що вже на початку навантаження швидкість деформації не дорівнює нулю, а при досить великому часі навантаження вона відрізняється тільки від пружної деформації на величину:

$$\Delta\varepsilon = \frac{un}{E^2} * (H - E), \quad (2.4)$$

З рівняння (2.3) також випливає, що за тривалого часу деформування напруга прагне значення:

$$\sigma = E\omega t + n(H - E) * \omega, \quad (2.5)$$

у якому величина $n(H - E)\omega$ показує динамічне випередження напруги порівняно зі статичним режимом, коли σ не перевищує значення $E\omega t$. Графічне уявлення цих режимів (рисунок 2.4) дозволяє зробити висновок про співвідношення складових залежності (2.5).

Очевидно (рисунок 2.4), що кожному УВМ зі своїми H , E та n , залежно від величини ω і часу, відповідають статична складова та динамічна, рівна випередженню, що залежить від швидкості відносної деформації k_d та часу релаксації n . Їх співвідношення може становити величину так званого динамічного коефіцієнта k_d , теоретичне обґрунтування якого у роботах з досліджень процесів подрібнення відсутня.

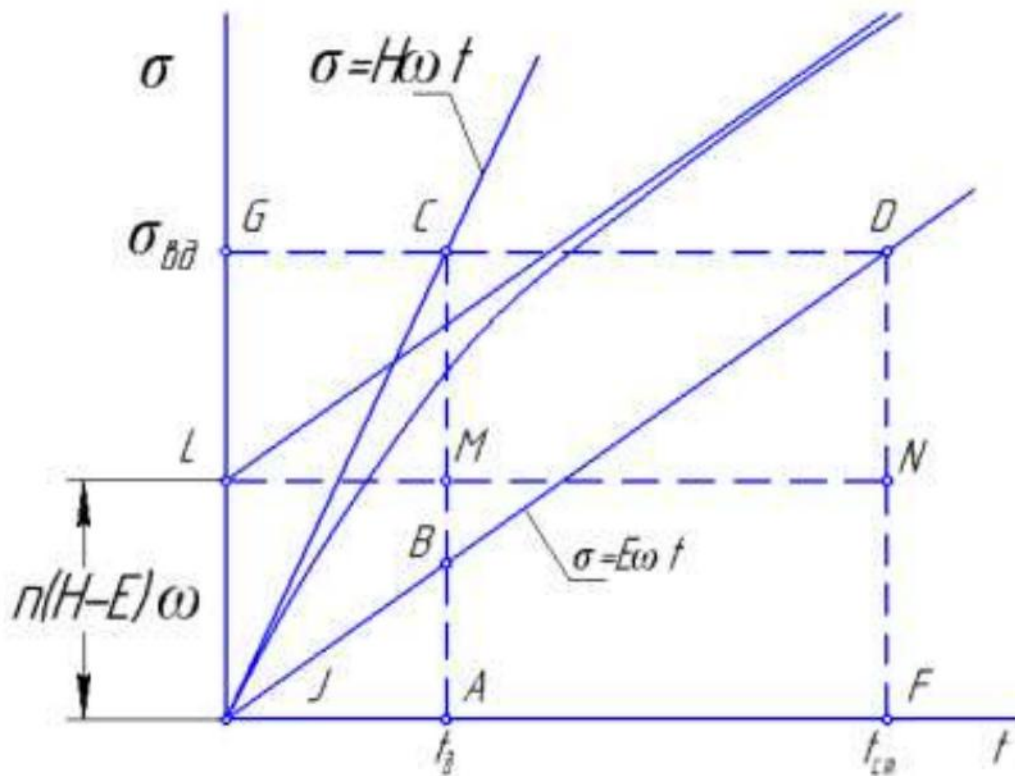


Рисунок 2.4- Графік формування напруг та деформацій при різних режимах навантаження УВМ

Враховуючи геометрична подоба елементів фігури JGDF за побудовою, ці співвідношення запишуться у вигляді:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{DG}{CG} = \frac{DF}{AB} = k_d, \quad (2.6)$$

Підстановка даних, отриманих за реалізаціями широко поширеними в літературі (2.6), дає трохи завищений результат $k > 2$ порівняно з відомими значеннями, отриманими експериментально для горизонтального становища зерна пшениці, хоч і одного порядку. При вертикальному положенні зерна коефіцієнт приблизно дорівнює $k_d \approx 1,76$. Ця обставина пов'язана з припущеннями, прийнятими для опису композиції (моделі УВМ) з релаксуючою та нерелаксуючою клітинок, параметри яких у реальних структурах зернівок варіюють у

межах. Для отримання більш точної інформації про зміну напруги і деформацій у часу в таких матеріалах як зерно слід розглядати три стадії:

- деформація оболонки (епікарпій, мезокарпій, пігментний та айлероновий) шари);
- деформація структурованого ендосперму (крохмалистий ендосперм та ендокарпій);

Спільна деформація, при майже постійній нарузі аж до руйнування.

Ці стадії досить чітко присутні у відомих реалізаціях, представлених у координатах (σ і ψ) – (напруга та відносна деформація), на яких відсутні відомості про умови проведення експерименту, в тому числі швидкості відносної деформації ψ та часу проведення разових руйнувань зерновок. Однак обсяг представлених вибірок дозволяє провести монотонну лінію тренду функції $\sigma = f(\epsilon)$ з достатнім ступенем кореляції $\sigma = \Phi(\psi)$ (рисунок 2.5).

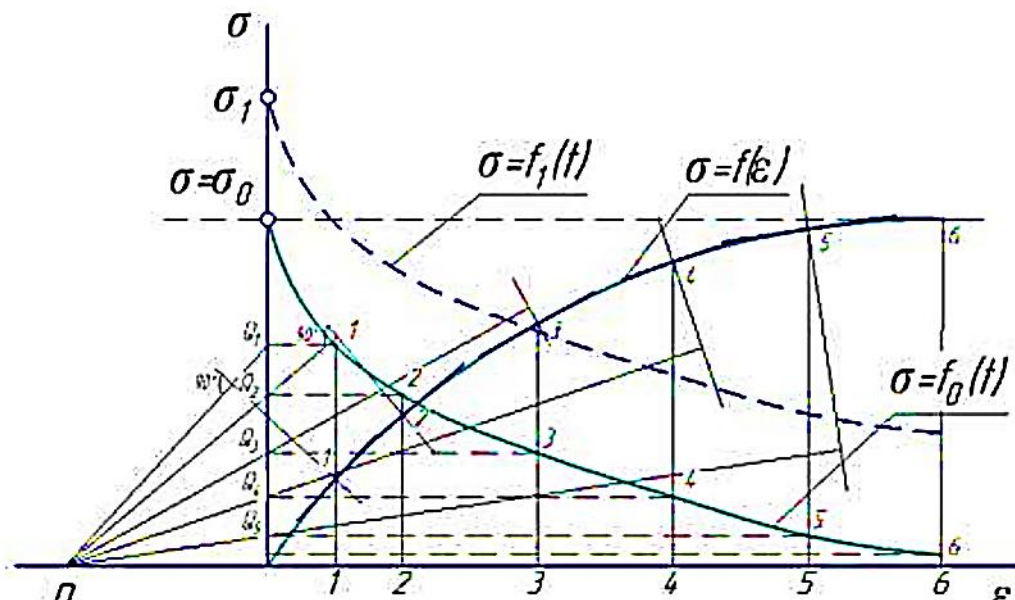


Рисунок 2.5 – Обґрунтування особливості деформації зернівок за їх реалізацією

Виконавши її графічне диференціювання та, побудувавши графік функції $\sigma = f_0(t)$, можемо з певним ступенем наближення стверджувати, що дотичні у відповідних точках функції $\sigma = f(\epsilon)$ ні що інше, як ізокліни диференціального

рівняння (2.1) у приватних похідних, що характеризує інтенсивність наростання напружень за постійної швидкості деформації. Чим менший час, тим більша швидкість і величина наростання напруги. Збільшення (зменшення) швидкості наростання деформації, згідно з (2.1), призведе до перенесення, підйому (опускання) функції графіка $\sigma = f_0(t)$ на деяку величину (графік $\sigma = f_1(t)$), а відрізок на осі ординат ($\sigma_1 - \sigma_0$) становитиме випередження (відставання) напруги, що відповідає новим параметрам УВМ, що деформується за рівнянням $\sigma = f_0(t)$ без урахування; $E_i; n_i$.

Однак ці особливості як у теорії молоткових дробарок, плющилок та вальцових млинів, так і дослідженнях, виконаних останніми роками не враховуються. Основними параметрами залишаються швидкість молотків, кількість ударів та межа міцності зерен на стиск. Тривалість деформації зерна вальцевою парою (рисунок 2.6а), від його захоплення до виходу із робочого зазору становить $(5-8) \cdot 10^{-3}$ с, тоді як час активної фази удару молотків по зерну та продуктам доподрібнення становить від $(4-5) \cdot 10^{-5}$ с до $(1,2-2,5) \cdot 10^{-5}$ с.

Кінетична енергія, що повідомляється при цьому продуктам помелу, об'єктивно пропорційна часу, використовується неефективно. Переходячи до аналізу кінетики процесу подрібнення продукту вальцями однакових розмірів і частоти обертання, запишемо рівняння швидкостей v_x і v_y :

$$v_x = \omega R_b \cos \left(\frac{\pi}{2} - \omega t \right) \quad (2.7)$$

$$v_y = \omega R_b \sin \left(\frac{\pi}{2} - \omega t \right)$$

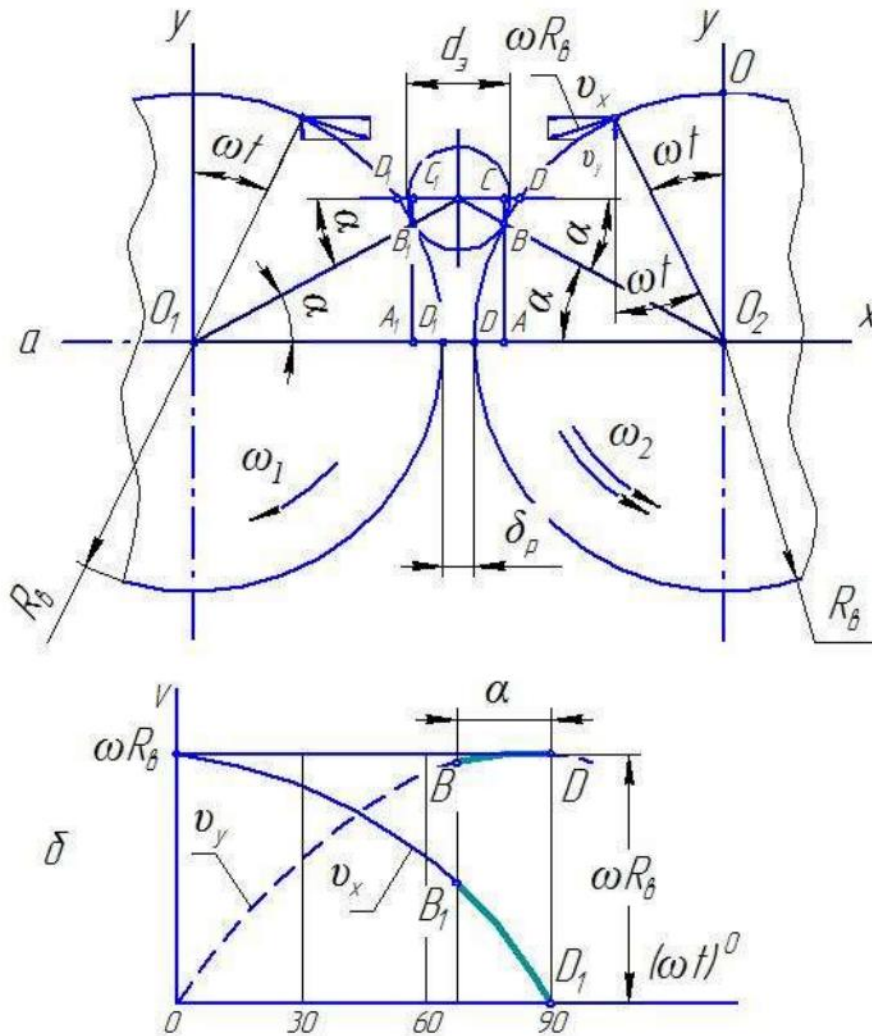


Рисунок 2.6 – Деформація зернівки гладкими вальцями при $\omega_1=\omega_2$ з яких випливає (рисунок 2.6 а), що v_y у від точок захоплення B і B_1 до точок виходу D і D_1 зростає (рисунок 2.6 б) до значення R_b , а v_x - швидкість деформації зменшується від величини $v_x R_b \sin$ до «0» (рисунок 2.6 б) а – робочий простір вальцевої пари; б – графіки швидкостей; δ_p - Робочий зазор, м; d_e – еквівалентний діаметр зернівки, м; R_b – радіус вальця, м.

Абсолютна деформація Δ зерна у робочому зазорі при цьому складає:

$$\Delta = d_e - \delta_p \quad (2.8)$$

Аналіз технологічних рішень, питань теорії, а також наступних них передумов дозволяє сформулювати основні вимоги до способу і пристрої для енергозберігаючого подрібнення зерна. Суть його полягає у нанесенні дефектів міцності оболонці зернівки вальцевою парою, що перевищують межу їхньої пружності. При цьому зернівки розташовуються у міжвальцевому клині по ширині щодо поверхонь робочих органів. При такій орієнтації відбувається розкриття оболонки по борозенці, вивільняючи ендосперм для прямого на нього впливу робочих органів подрібнювача і зниження витрат енергії на подрібнення.

2.1 Прокочування зернівок вальцевою парою

Нарощування дефектів міцності зернівок та руйнування до необхідних стандартів розмірів частинок може бути досягнуто безперервним або ступінчастим навантаженням без випереджальних напруги у міждисковому або вальцевому просторі (рисунок 2.7) подрібнювача.

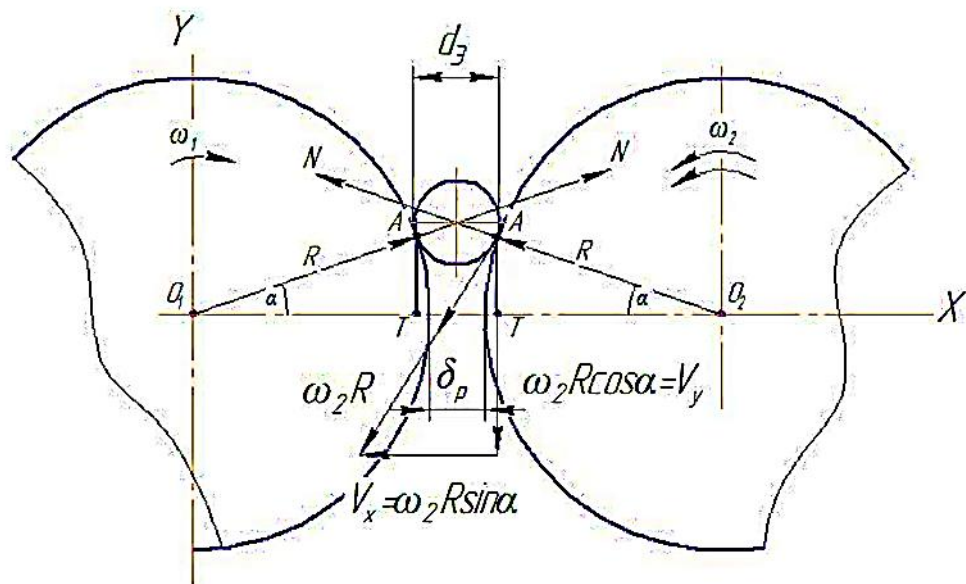


Рисунок 2.7 – Схема робочого простору вальцевої пари.

Умова захоплення зернівки парою вальців (рисунок 2.7) відома у вигляді $\alpha < \varphi$, якому φ – кут тертя зернівки про робочу поверхню вальця. Тоді, для відо-

мих розмірів зернівок та фрикційних характеристик поверхонь, мінімальний радіус вальців визначається за залежністю:

$$R_{min} = \frac{d_e \cos \varphi - \delta_p}{2(1 - \cos \varphi)}, \quad (2.9)$$

Стійка робота вальцевої пари та подача зерна в робочий зазор забезпечується умовою захоплення $\alpha < \varphi$, що визначається стосовно схеми робітника простору залежно:

$$\alpha < \arccos \frac{D + \delta_p}{D + d_e}, \quad (2.10)$$

де D - діаметр вальців, що мелють, м.

Подача вальцевої пари в режимі, що встановився, визначається за залежністю:

$$Q_{ВП} = l \delta_p V_n \rho \psi, \quad (2.11)$$

де l - Довжина вальця, м;

V_n - Швидкість продуктового шару в робочому зазорі, м·с⁻¹;

ρ - густина зерна, кг/м³;

ψ - Коефіцієнт заповнення робочого зазору рівний (0,30-0,35).

Умова захоплення вальцями, що мелють, реалізується в смузі варіювання фрикційних характеристик зерна та поверхонь вальців у діапазоні (9°-17°), еквівалентних розмірів зернівок (5-12) мм та технологічного зазору δ_p мм для відповідних модулів помелу. Дослідження пружно-в'язких та механічних характеристик зерна основних кормових культур показали, що вони варіюють у досить широких межах і повинні враховуватися під час аналізу енергетики процесів подрібнення. Для опису процесів впливу робочих поверхонь вальців на

зерно у робочому просторі та оцінки їх енергетики скористаємося спрощеним законом лінійного деформування, як досить універсальним та простим (2.1). Знаючи швидкість довільної точки А (рисунок 2.7) робочої поверхні вальця у проєкціях на осі ХУ, визначаємо швидкість відносної деформації зернівки в момент захоплення АА із співвідношення:

$$\dot{\epsilon} = \frac{2R\omega_0 \sin\alpha}{d_e \cos\alpha}, \quad (2.12)$$

Далі зазор між вальцями, що обертаються назустріч один одному, δ_i змінюється по залежності:

$$\delta_i = 2R * [1 - \cos(\alpha - \omega t)] + \delta_p, \quad (2.13)$$

і рівні осі ОХ, стане рівним δ_p – робочому зазору. Слід зазначити, що відношення сумарної швидкості деформації $2V_x = 2R\omega_0 \sin(\frac{\pi}{2} - \omega t)$ до δ_i (таблиця 2.1) являє собою монотонну функцію в діапазоні регулювань δ_p та кутів захоплення. Таблиця 2.1 – Кінетика деформації зерновок у робочому просторі вальцевої пари ($\omega_0 = 80 \text{ с}^{-1}$, $R = 65 \text{ мм}$, $\omega_1 = \omega_2$):

$$\sigma = \dot{\epsilon} [Et + n(H - E)(1 - e^{-\frac{t}{n}})] \quad (2.14)$$

де $\dot{\epsilon}$, з урахування (2.7) і (2.13), дорівнює

$$\dot{\epsilon} = \frac{2V_x}{\delta_i} = \frac{2\omega_0 R \sin(\frac{\pi}{2} - \omega t)}{2R[1 - \cos(\frac{\pi}{2} - \omega t)] + \delta_p} * c^{-1}, \quad (2.15)$$

З урахуванням (2.13), прийняття до роботи пару вальців, σ_p запишеться для робочих напруг у вигляді:

$$\sigma_p = \frac{2V_x}{\delta_i} [Et_d + n(H - E)(1 - e^{-\frac{t_d}{n}})], \quad (2.16)$$

Параметри і режими, од. вимірювання.	Значення складових								Примітка
	2	3	4	5	6	7	8	9	
$\alpha - \omega t$, град	15	12	10	8	6	4	2	0	
$\sin(\alpha - \omega t)$	0,259	0,208	0,174	0,139	0,104	0,069	0,035	0	
$\cos(\alpha - \omega t)$	0,966	0,978	0,985	0,990	0,994	0,997	0,999	1,0	
$2V_x$ (мм/с),	2693	2163	1809	1445	1081	717	364	0	
δ_i	4,42	2,86	1,95	1,3	0,78	0,39	0,13		$\delta_p=0$
$\omega = \dot{\epsilon}$	609	756	927	1111	1385	1838	2800		
δ_i , мм	6,42	4,86	3,95	3,30	2,78	2,39	2,13	0	$\delta_p=2$ мм
$2V_x / \delta_i$, с	419	445	457	437	388	300	170	0	
δ_i , мм	5,42	3,86	2,95	2,30	1,78	1,39	1,13	0	$\delta_p=1$ мм
$2V_x / \delta_i$, с	496	560	613	628	607	515	322	0	
δ_i , мм	4,92	3,36	2,45	2,8	1,28	0,89	0,63	0	$\delta_p=0,5$ мм
$2V_x / \delta_i$, с	547	601	738	802	844	805	577	0	

З даних таблиці 2.1 випливає, що максимальні значення $\dot{\epsilon}$, відносин сумарної швидкості деформації $2V_x$ (2.7) до величини поточного зазору δ_i (2.13) мають місце при малих δ_p , що відповідає діапазону регулювань вальців при розмелювання зерна на борошно. При збільшенні робочого зазору швидкості відносної деформації зменшуються і у найбільш ймовірному діапазоні кутів захо-

плення зерновок монотонно нарастають у межах 8-10 відсотків (таблиця 2.1). Тоді рішення (2.1) щодо σ можливе у вигляді:

$$\sigma = \dot{\epsilon}[Et + n(H - E)(1 - e^{-\frac{t}{n}})] \quad (2.17)$$

При попаданні зернівки в робочий зазор δr вальцевої пари, що вимірюється з її розмірами, вона деформується в межах пружності та залишає робочий простір. Задаючи вальцям одного діаметра різні частоти обертання (ω_1 ω_2), а зазору – величину, що викликає необхідні залишкові деформації у структурі зернівки та дефекти в оболонках, можна підготувати до поділу на необхідні частинки без застосування високих швидкостей та ударних (динамічних) режимів, що призводять до утворення пилоподібних фракцій та перевитрати енергії на процес. Прокочування зерновок без концентрації та випередження напруг можливе, як мінімум, за умови їх повного обороту по поверхнях вальців у межах дуги деформації $R\alpha$ за співвідношенням:

$$R(\omega_1 - \omega_2)t_d > \pi d_e, \quad (2.19)$$

де $t_d = \alpha / \omega_2$.

Після підстановки t_d (2.17) і рішення щодо ω_1 / ω_2 , отримаємо з достатнім ступенем точності:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} > \frac{\pi d_e}{\alpha R} + 1, \quad (2.20)$$

де $\alpha \approx \varphi$ - кута тертя в рад.

З (2.18) випливає, що співвідношення кутових швидкостей вальців при виконанні процесу прокатування зерен залежить від їх розмірів, фрикційних параметрів і радіусу вальців (2.9), який залежить від робочого зазору δr . При

виході з робочого зазору ($\dot{\epsilon} = 2V_x / \delta_p = 0$) напруга ζ в деформація потоку подрібнюваного матеріалу складе з урахуванням (2.1):

$$\sigma_B = E \frac{d_e - \delta_p}{d_e}, \quad (2.21)$$

Площа S_T трапеції епюри напруги (рисунок 2.8) складе:

$$S_T = \frac{\sigma_\varphi + \sigma_B}{2} R \sin \alpha, \quad (2.22)$$

Зусилля деформації потоку зерновок у робочому зазорі вальцевої пари довжиною λ визначиться залежно від:

$$P_D = \psi \lambda \frac{\sigma_\varphi + \sigma_B}{2} R \sin \alpha, \quad (2.23)$$

Тоді момент опору обертанню пари вальців визначиться з урахуванням форми трапеції (рисунок 2.8), за формулою:

$$M_c = \psi \lambda R (\sigma_\varphi + \sigma_B) h \sin \alpha, \quad (2.24)$$

де $h = R \sin \alpha \cdot \sigma_\varphi / \sigma_B$, м;

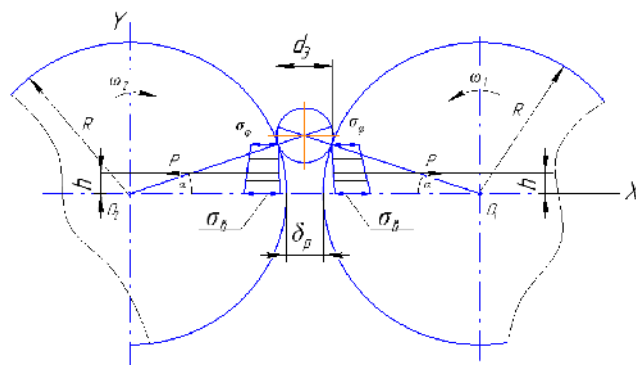


Рисунок 2.8 – Епюри навантажень вальцевої пари на зернівку.

Сумарна потужність на привід пари вальців при $\omega_1 = \omega_2 = \omega_p$ – «прокатування» відсутня, з урахуванням (2.23) та (2.24) складе:

$$N = \Psi \omega_p \lambda R^2 (\sigma_\varphi + \sigma_B) \frac{\sigma_\varphi}{\sigma_B} \sin^2 \alpha, \quad (2.24)$$

Сумарна потужність на привод пари вальців при $\omega_1 > \omega_2$ і δr , що відповідає деформації передруйнування «прокатування», буде:

$$N_n = \Psi \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \lambda R^2 (\sigma_\varphi + \sigma_B) \frac{\sigma_\varphi}{\sigma_B} \sin^2 \alpha, \quad (2.25)$$

Для складання аналітичної моделі процесу необхідний зв'язок потужності (2.24) та подачі (2.11) вальцевої пари. Залежно для визначення подачі швидкість потоку при «прокатуванні» дорівнює:

$$V_n = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R, \quad (2.26)$$

Ця складова залежить від (2.25), але відсутні величини δr та r . Тоді модель процесу «прокатування» зерна вальцевою парою з урахуванням (2.11), (2.24) та (2.25) запишеться в остаточному вигляді:

$$N_n = \frac{Q_{ВП} (\sigma_\varphi + \sigma_B) \sigma_\varphi}{\delta_p \rho \sigma_B} R \sin^2 \alpha, \quad (2.27)$$

Представлена модель процесу пов'язує джерело енергії та її споживача – процес «прокатування», що реалізується із заданою подачею в технологічному пристрої з параметрами $R, l, \omega_1, \omega_2, \delta, r$, що дозволяє вирішувати задачу мінімізації енерговитрат у межах зоотехнічних вимог та ДСТУ на комбікорми. Структура (2.27) свідчить про багатофакторну залежність потужності на "прокатування". До керованих незалежних факторів можуть бути віднесені такі як $\delta, r, \omega_1, \omega_2$ і $Q_{вп}$, які визначають форму гіперплощини функції відгуку N_n .

Тривалість t_n прокатування потоку зернівок вальцьовим щаблем залежить від робочого зазору, фрикційних та геометричних параметрів поверхонь, кінематики вальців, що забезпечують умови процесу:

$$t_n = 2\varphi_0 / (\omega_1 + \omega_2), \quad (2.28)$$

де φ_0 – кут захвату компонентів потоку, рад.

Потужність, необхідна для розгону потоку зерновок у робочому зазорі до швидкості V_n , буде:

$$N_{рп} = Q_{вп} V_n^2 / 2, \text{ Вт} \quad (2.29)$$

2.2 Робочий процес молоткового ступеня подрібнювача

Далі подрібнюваний матеріал з отриманими мікро-пошкодженнями міцності надходить в молоткову ступінь подрібнювача. Під впливом прискорення сили тяжкості швидкість потоку рівно-прискорено зростає. Тоді час проходження потоком відстані L між ступенями подрібнювача визначиться з рівності:

$$V_n t_i + \frac{g t_i^2}{2} = L, \quad (2.30)$$

Перетворюване на повне ненаведене квадратичне рівняння виду:

$$a x^2 + b x + c = 0, \quad (2.31)$$

де $a \neq 1$, з урахуванням значень коефіцієнтів при t_i (2.30), запишеться

$$g t_i^2 + 2 V_n t_i - 2 L = 0$$

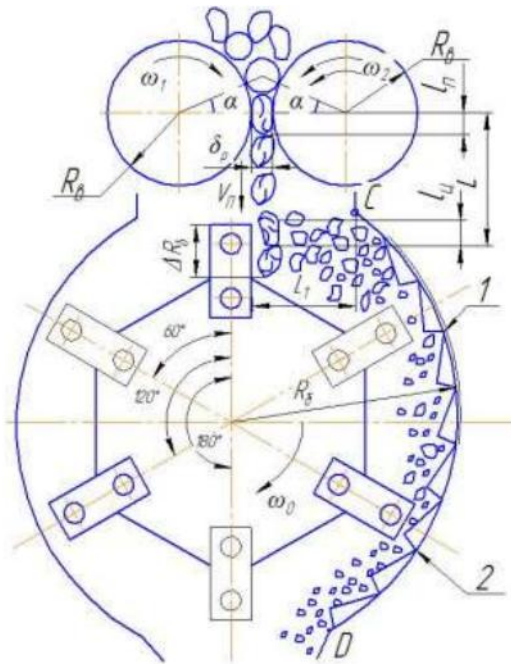


Рисунок 2.9 – Робочий процес двоступеневого подрібнювача має рішення:

$$t_g = -\frac{V_n}{g} \pm \sqrt{\left(\frac{V_n}{g}\right)^2 + \frac{2L}{g}}, \quad (2.32)$$

дійсний корінь якого t_g – тривалість досягнення потоку прокатаних зернівок робочого простору пакетів молотків другого ступеня подрібнювача.

Радіальна подача потоку забезпечує максимальну дію пакету молотків на зернівки, що мають дефекти міцності за рахунок ортогональної орієнтації внутрішніх елементів їхньої структури щодо робочих поверхонь внаслідок «прока-

тування». Швидкість потоку під дією прискорення g за час t_g зросте та становитиме:

$$V_g = V_n + gt_g, \quad (2.33)$$

При встановленому режимі роботи обох ступенів подрібнювача маса m_{Π} продуктового потоку, що припадає на кожен пакет складе:

$$m_{\Pi} = Q_{\text{ВП}} * t_n, \quad (2.34)$$

де t_n - проміжок часу між проходами пакетів точки зустрічі з потоком, що дорівнює

$$t_n = 60/nZ, \text{ с};$$

n – частота обертання молоткового барабана, хв-1;

Z – число пакетів барабані (2, 3, 6...z). Після підстановки в (2.34) значень складових маємо:

$$m_{\Pi} = 60Q_{\text{ВП}}/nZ, \quad (2.35)$$

За проміжок часу між проходами пакетов t_n потік, досягне їх траєкторії, продовже рух до центру барабану і пройде шлях ΔR рівний:

$$\Delta R_{\delta} = V_g * t_n, \text{ м} \quad (2.36)$$

Після підстановки складових в (2.36) отримаємо:

$$\Delta R_{\delta} = 60(V_n + gt_g)/nZ, \text{ м} \quad (2.37)$$

де $t_g = -\frac{v_n}{g} \pm \sqrt{\left(\frac{v_n}{g}\right)^2 + \frac{2L}{g}}$ згідно з (2.32).

Зернівки, після руйнування їх вальцьовим щаблем «прокатуванням» по запропонованого способу, не мають пружності і тому частина потоку площею $S_{\Pi} = \Delta R \cdot B_{\Pi}$ і масою m_{Π} , після удару пакетом молотків зі швидкістю меншою руйнівною для цілих зерна почне рухатися (рисунок 2.9) в напрямку деки зі швидкістю пропорційною відношенню його маси до масі МП пакета молотків за залежністю (2.20) (рисунок 2.7):

$$N_{n2} = Q_{ВП} V_{\Pi 2}^2 / 2, \text{ Вт} \quad (2.38)$$

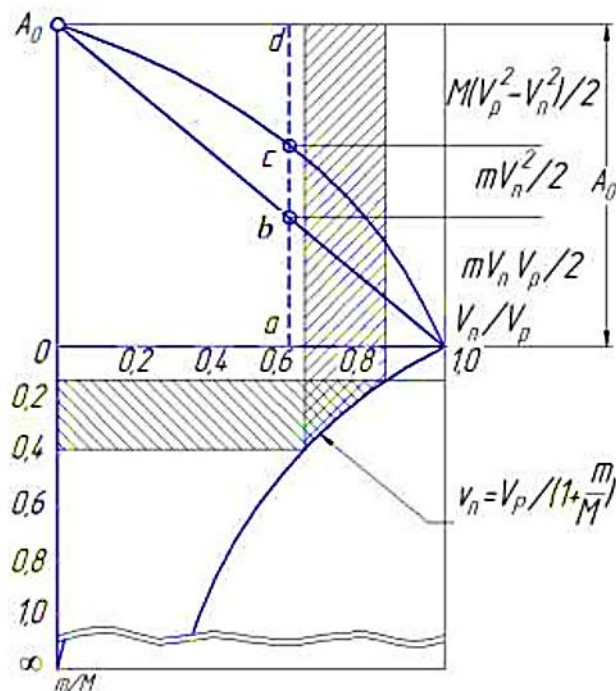


Рисунок 2.10- Области варіювання відносної маси та швидкостей складових процесу подрібнення

Величина $m_{\Pi} M_{\Pi}$ залежить від робочих параметрів вальцового ступеня та структури молоткового барабана – маси одиничного пакета, їх кількості на барабані, діаметра барабана, частоти обертання і знаходиться в смузі їхнього варіювання (рисунок 2.10). Залежно від величини імпульсу сили та співвідношення швидкостей після удару, енергія удару розподілиться на енергію деформації – руйнування зернівок ab (рисунок 2.10) та енергію зміни кількості руху потоку bc . Після чого частина кінетичної енергії пакета cd , що залишилася, забезпечить обертання барабана з робочою частотою.

2.3 Висновки

1. Запропоновано енерго- та ресурсозберігаючу конструктивно-технологічну схему руйнування зернівок кормових культур, що полягає в послідовному проходженні пружних складових міцності у вальцевій парі та остаточному руйнуванні молотковим барабаном;

2. Отримані аналітичні залежності визначення кінематичних, енергетичних та технологічних параметрів двоступеневого подрібнювача, містять основні фактори та їх взаємодії, вимагають достовірної експериментальної перевірки та оцінки адекватності опису характеристик процесу;

3. Обґрунтовано геометричні параметри та структуру деки двоступінчастого подрібнювача, наведено умови взаємодії подрібнюваного матеріалу з робочими органами молоткового барабана та елементами деки;

4. Запропонована математична модель двоступеневого подрібнення дає можливість оптимізувати параметри та режими роботи процесу подрібнення, що враховують морфологічні особливості зернівок основних кормових культур.

3 Лабораторні дослідження процесу подрібнення зерна

Сучасні технології годівлі сільськогосподарських тварин передбачають використання якісних концентрованих кормів із мінімальними фінансовими витратами. Запропонований спосіб та схемо-технологічне рішення подрібнювача кормового зерна та висновки, отримані з аналітичного описи двоступінчастого подрібнювача, що вимагають експериментального підтвердження.

Для перевірки математичної моделі, що описує запропонований спосіб, та визначення оптимальних параметрів функціонування, було складено програма досліджень, що включає: уточнення фізико-механічних властивостей та пружно-в'язких характеристик подрібнюваних кормів;

- обґрунтування факторної моделі двоступеневого подрібнювача зерна;
- розробку та виготовлення експериментальної установки для проведення експериментальних досліджень;
- Проведення експериментальних досліджень;
- обробку експериментальних даних та отримання рівнянь регресії, характеризують спосіб та пристрій подрібнення зерна;
- Визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів функціонування двоступеневого подрібнювача зерна. У ході експериментальних досліджень підлягали вирішенню завдання:
- експериментальне підтвердження теоретичних передумов зниження енергоємності;
- Отримання технологічних характеристик пристрою, що реалізує запропонований спосіб подрібнення;
- Визначення вихідних даних для методики інженерного розрахунку.

Експериментальні дослідження проводилися згідно з комплексною методикою, що включає відомі та адаптовані методики визначення фізико-механічних властивостей зерна, якісних та енергетичних показників процесів, що забезпе-

чують необхідну точність, достовірність, відтворюваність та адекватність результатів.

3.1 Методика проведення експериментальних досліджень щодо уточнення фізико-механічних властивостей подрібнюваних кормів

Для визначення даних та побудови діаграм деформації зернівок основних кормових культур сімейства мятликових, оцінки меж пружних та в'язких реакцій на зовнішні навантаження та уточнення міцнісних характеристик був розроблено настільний вимірювальний комплекс (рисунок 3.1) та адаптовано відома методика дослідження пружно-в'язких властивостей матеріалів рослинного походження.

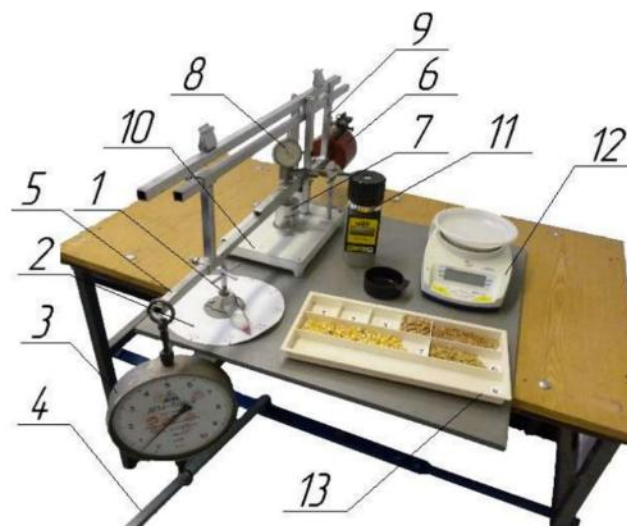


Рисунок 3.1 – Настільний вимірювальний комплекс для багаторазових вимірів:
 1 – настановний гвинт; 2 – шкала; 3 – динамометр ДПУ-0,01-2; 4 – шарнірно закріплений важіль динамометра; 5 – навантажувальний важіль; 6 – балансирний вантаж; 7 – предметний майданчик; 8 – мікрометрична головка; 9 – стійка; 10 – основа; 11 – експресвологомір; 12 – ваги електронні; 13 – проби зернових кормових культур.

При проведенні дослідів використовувалися зернівки пшениці озимої сорту Юка, ярого ячменю Вакула, кукурудза Вілксон. Вологість зерна становила

10-12%. Вологість визначалися експрес вологоміром. Точність вимірювань становила $\pm 0,5\%$. Визначення фізико-механічних властивостей зернівок здійснювалося за відомими технологіями для середніх проб, відібраних у зерносховищах агротехнологічного центру інституту. Для визначення величини зусилля на зернівку від положення рухомого вантажу 3 (рисунок 3.2) проводилося тарування комплексу. Процедура тарування проводилася 3-х кратним навантаженням та розвантаженням. За результатами тарування будувалась шкала навантажень 7.

Для визначення руйнівного зусилля $\sigma_{розр}$ за великої кількості циклів Дослідів використовувався 1-й варіант компоновання вимірювального комплексу (рисунок 3.1). Балансиром 6 важільна система встановлювалася в нейтральне (рівноважне) положення, зернівка містилася на предметний майданчик 5 під натискний пристрій. Мікрометрична головка 8 переводилася в положення "вимір" і обнулялась. За допомогою важеля 5 переміщенням вантажу 3 створювалося руйнівне зусилля для зернівки, мікрометричною головкою вимірювалася деформація. Результати вимірів заносилися до журналу дослідів. Після статистичної обробки результатів 5-кратної повторності дослідів будувалися залежності $\varepsilon=f(t)$ при $\sigma=const$, $\sigma=f_1(t)$ при $\varepsilon=const$ (рисунок 2.3).

Настільний вимірювальний комплекс у 2-му варіанті компоновання (рисунок 3.2) дозволяв визначати:

- миттєвий H та тривалий E модулі пружності;
- Тривалість релаксації n ; - Коефіцієнт динамічності kd .

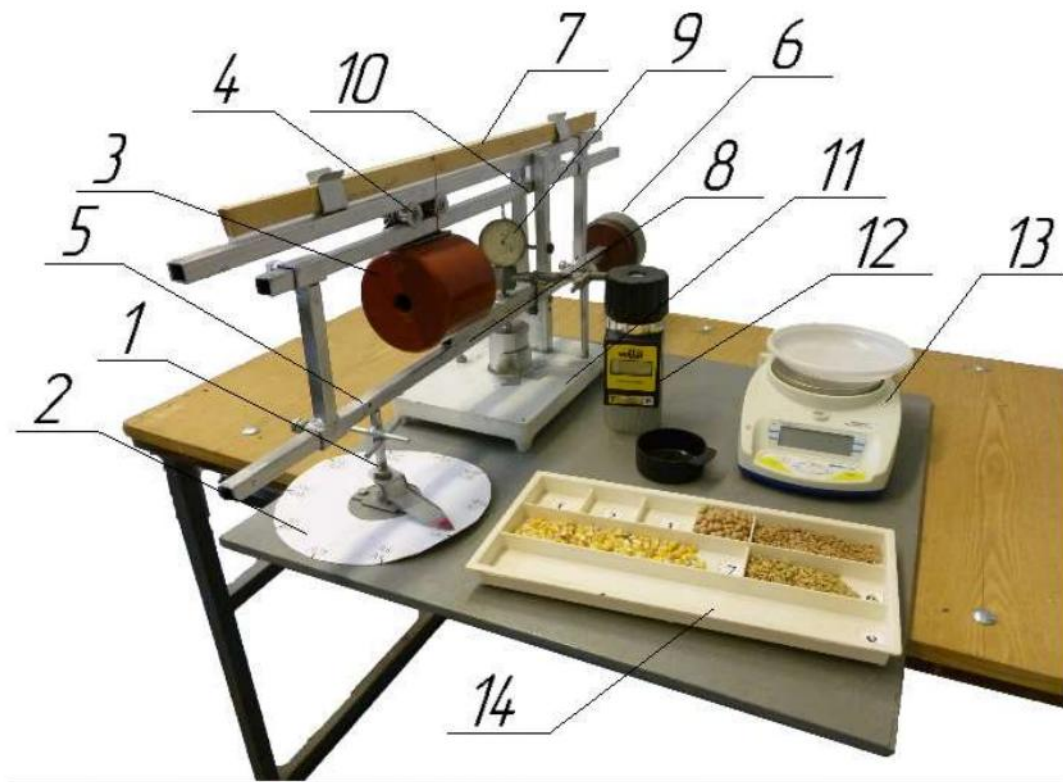


Рисунок 3.2 – Настільний вимірювальний комплекс для визначення пружних характеристик зернівок:

1 – настановний гвинт; 2 – шкала; 3 – рухомий вантаж; 4 – каретка; 5 – навантажувальний важіль; 6 – балансірні вантажі; 7 – шкала навантаження; 8 – предметний майданчик; 9 – мікрометрична головка; 10 – стійка; 11 - основа; 12 – експрес вологомір; 13 - ваги електронні; 14 – проби зернівок кормових культур

Зернівка встановлювалася на предметний майданчик під збалансоване натискний пристрій. Мікрометрична головка переводилося в положення «Вимірювання» і обнулялась. Навантажувальний різноваж встановлювався в положення заданого зусилля в межах 3-35% від $\sigma_{\text{разр}}$, згідно з тарировочною характеристикою і переводився в робоче положення наполегливим гвинтом 1 (рисунок 3.2). Записувалося початкове положення зависання стрілки мікрометричної головки.

3.2 Фізико-механічні та міцності властивості

зерна та продуктів його подрібнення

Розвиток прецизійної техніки у сфері переробки зерна має враховувати морфологію та властивості матеріалу, що підлягає переробці. Визначення механіко-технологічних властивостей, виконаних раніше, ставили за мету дослідження міцності, фрикційних, аеродинамічних характеристик та геометричних особливостей, що впливають на поведінку матеріалу в процесі його обробки. Напрями розвитку сільськогосподарської техніки на етапі можна охарактеризувати так:

- підвищення продуктивності та надійності агрегатів;
- зниження матеріаломісткості та енергоємності конструкцій;
- Поліпшення умов праці та безпеки роботи;
- Екологічність виконуваних технологічних операцій;
- зниження енергоємності с/г процесів.

Для експериментального підтвердження аналітичних залежностей, параметрів та режимів роботи двоступеневого подрібнювача, запропонованих у роботі, потрібне подальше вивчення та уточнення властивостей матеріалу, що підлягає переробки.

Відповідно до програми експериментальних досліджень визначенню та уточненню підлягають:

- геометричні, масооб'ємні та міцнісні характеристики, фрикційні властивості зерна та продуктів помелу;
- пружно-в'язкі властивості та реакції на зовнішні впливи.

Розміри зерен вимірювалися штангенциркулем ШЦЦ-1 ГОСТ 24156-02 та округлялися до 0,1 мм за ноніусом, результати розрахунків щільності та меж міцності округлялися до другого знака (таблиця 4.1; 4.2). Обсяг зернівки розраховувався за аналогією з об'ємом кулі:

$$V_3 = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{l}{2} * \frac{h}{2} * \frac{b}{2}\right) = \frac{\pi}{6}(lhb), \quad (3.1)$$

Щільність зернівок визначалася як відношення маси 100 зерен $\sum m_i$ випадкової вибірки до їх сумарного розрахункового обсягу $\sum V_i$:

$$\rho = \frac{\sum m_i}{\sum V_i}, \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1-Результати визначення геометричних параметрів зернівок

№	Параметри зернівок							
	Довжина мм, l	Ширина мм, b	Товщина мм, h	Об'єм V_i , мм ³	Довжина мм, l	Ширина мм, b	Товщина мм, h	Об'єм V_i , мм ³
	Пшениця				Ячмінь			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6,3	3,3	2,8	30,46	10,4	3,6	2,7	52,90
2	6,5	3,5	3,1	36,91	10,2	3,7	3,0	59,25
3	6,8	3,6	3,3	42,28	10,5	3,9	3,1	66,43
4	6,9	3,7	3,2	42,75	10,2	3,6	2,9	55,74
5	6,7	3,4	3,1	36,96	10,9	3,8	3,1	67,20
96	6,6	3,5	3	36,27	10,1	3,1	2,9	47,52
97	7,2	3,7	3,4	47,40	10,5	3,7	3,0	60,99
98	7,2	3,5	3,2	42,20	10,6	3,8	3,1	65,35
99	7,1	3,6	3,1	41,47	11,2	4,0	2,8	65,66
100	6,9	3,6	3,2	41,60	11,1	3,6	2,9	60,65
$\sum V_i$				3983				6017

Маса 100 зерен пшениці та ячменю визначалася на аналітичних електронних вагах та склала 5 г для пшениці сорту Юка та 4 г для ячменю сорту Вакула. Щільність пшениці за формулою 3.2 склала (1,125-1,375) $\cdot 10^{-3}$ г/мм³. Щільність ячменю - (0,665-0,826) $\cdot 10^{-3}$ г/мм³. Статична межа міцності $\sigma_{ст}$ ви-

значалася як відношення руйнівного зусилля $F_{\text{разр}}$ до площі перерізу відповідного положення зернівок (залежність 3.2).

Коефіцієнт тертя спокою f_s і коефіцієнт тертя руху (кінематичний) f_k визначалися за відомою методикою встановлення.

Таблиця 3.2-Фізико-механічні і технологічні характеристики зерна.

Культура, вологість, %	Довжина, l ширина, b товщина, h, мм	Коефіцієнт тертя, f_s/f_k	Щільність, г/см ³	Коефіцієнт прокочування	Статистична межа міцності, МПа
1	2	3	4	5	6
Ячмінь 10,71-14,35	10,8±3,2 3,5±1,5 3,0±1,5	$\frac{0,48 \pm 0,12}{0,4 \pm 0,07}$	0,82±0,15	0,36±0,05	7,2±0,09
пшениця 12,41-15,25	6,3±2,3 2,8±1,2 2,6±1,15	$\frac{0,47 \pm 0,11}{0,42 \pm 0,11}$	1,37±0,13	0,39±,05	6,5±0,08
овес 11,43-15,15	13,3±5,3 2,7±1,3 2,4±1,2	$\frac{0,51 \pm 0,1}{0,48 \pm 0,1}$	1,2±0,10	0,21±0,02	3,97±0,06
кукурудза 12,41-16,25	8,5±3,2 7,9±2,2 5,8±2,1	$\frac{0,39 \pm 0,11}{0,35 \pm 0,01}$	1,23±0,15	0,25±0,04	6,1±1,52

Таблиця 3.3- Характеристики міцності зерна.

Культура	довжина/ширина/товщина, мм	вологість зерна, %	переріз мм ²	зусилля руйнування, Н	σ , МПа	σ	v, %
ячмінь яровий	8,8/3,9/2,8	10,4	26,94	182,49	6,77	0,91	12,38
	8,8/3,5/2,6		24,18	188,02	7,78		
	6,5/3,8/2,8		19,39	171,43	8,84		
	8/3,7/2		23,24	165,90	7,14		

	8,6/3,7/2,3 сер.		24,98	154,84	6,20 7,35		
пшениця озима	6/3,5/2,9	11,58	16,49	94,01	5,70	0,95	15,68
	6,5/3,7/3,2		18,88	88,48	4,69		
	5,8/3,5/3		15,94	99,54	6,25		
	5/3,5/3		13,74	82,95	6,04		
	5,5/2,9		12,52	95,51	7,63		
	сер.				6,06		
ячмінь озимий	7/3,8/3,4	9,84	20,88	143,78	6,89	1,03	14,65
	6,5/3,8/3,1		19,39	110,60	5,70		
	7/3/3,2		16,49	143,78	8,72		
	6,9/3/2,2		16,25	121,66	7,49		
	6,8/3,1/3,3		16,55	105,07	6,35		
	сер.				7,03		

Отримані характеристики міцності зернівок дозволяють уточнити розрахункові величини процесу прокочування в залежності від орієнтації їх в робочому зазорі вальцевої пари. При цьому робочий зазор прокочування зернівок залежить від необхідної ступеня подрібнення необхідно коригувати з урахуванням коефіцієнтів варіації розмірів зернівок. Після проведення дослідів щодо визначення коефіцієнтів відновлення, за методикою описаної раніше були отримані дані, що дозволяють побудувати графік експериментальної залежності від величини відносної деформації зернівок пшениці та ячменю (рисунок 3.3).

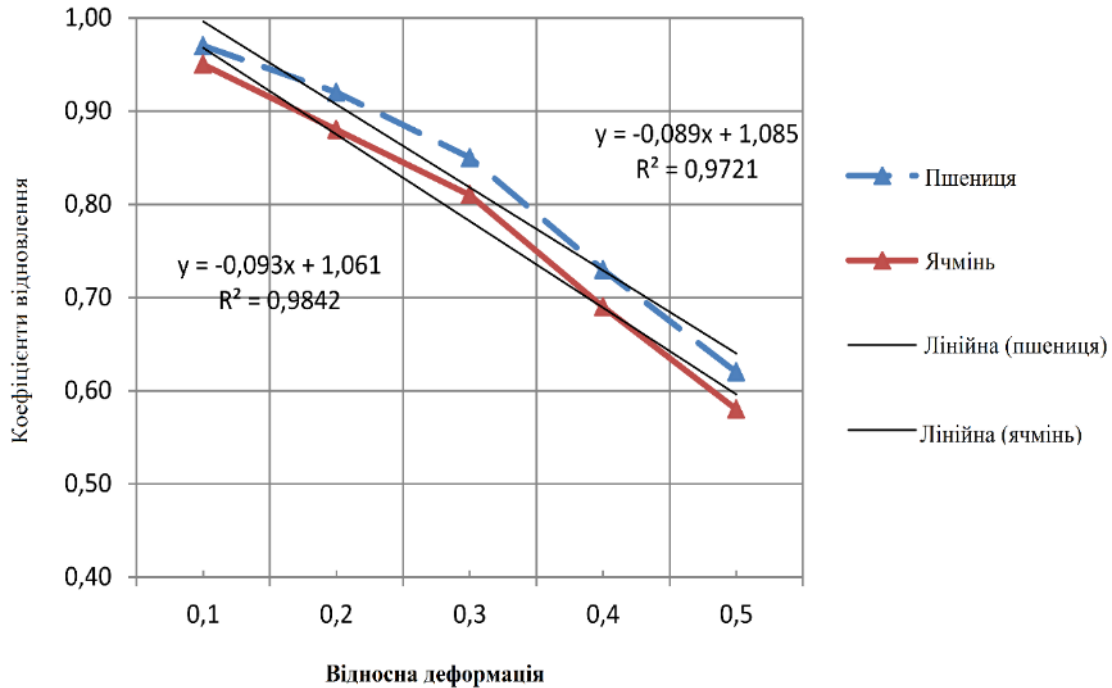


Рисунок 3.3 – Графік експериментальної залежності коефіцієнта відновлення від відносної деформації

Коефіцієнти відновлення визначалися для найбільш стійкого горизонтального положення зернівок, що відповідає найменшому геометричному розміру мятликових - товщині (таблиці 3.2, 3.3) та умові захоплення $\alpha < \varphi$. З наведеного графіка видно, що точка «зламу» графіка залежності коефіцієнта відновлення відповідає порушенням форми та появі дефектів міцності оболонок, що гарантують відсутність цілих зерна навіть у великому помелі. Лінії тренду наведених залежностей свідчать про функціональну залежність коефіцієнта відновлення від відносної деформації. Для уточнення межі пружної міцності оболонок зернівок на графіку (рисунок 3.3) наведено експериментальні залежності відношень величини пружного відновлення δ_v до величин абсолютної деформації δ_u (рисунок 3.4).

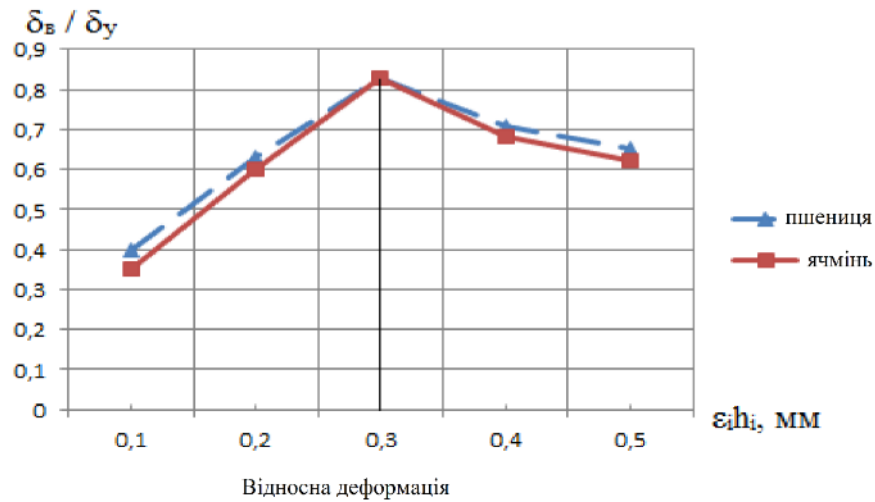


Рисунок 3.4 – Графік експериментальної залежності відношення деформацій

Значення відносної деформації осі абсцис (рисунок 3.4) відповідають величини δ_v і δ_u , отримані для розмірів випробуваних зерновок $\epsilon_i h_i$. Область максимуму зміни співвідношення деформації відповідає межі пружності (розкриття) та підтверджує необхідність коригування робочого зазору вальцевого ступеня в діапазоні 0,3 товщини зернівок. Для обґрунтування кінематичного режиму молоткової секції визначалася швидкість удару, достатня для поділу подрібнюваного матеріалу після прокочування без утворення борошняної фракції (рис. 3.5)

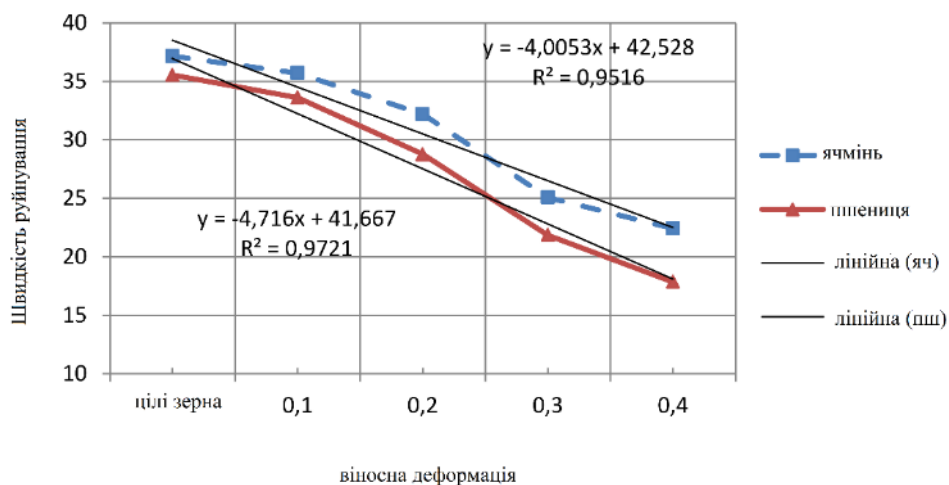


Рисунок 3.5 – Графік експериментальної залежності руйнівної швидкості зернівок від відносної деформації прокочування

Так із наведеної графічної залежності випливає, що для руйнування цілих зерен ($\varepsilon > 0,1$) необхідна швидкість (35-40) м/с, проте при повідомленні зернівкам дефектів міцності шляхом їх попередньої деформації, швидкість остаточного руйнування значно знижується. Апроксимуючі функції показують функціональну залежність руйнівної швидкості зерновок від відносної деформації прокочування. Після прокочування зернівок мятликових їх міцність знижується на 30-37. відсотків. Експериментальним шляхом на установці було визначено коефіцієнти прокочування, що забезпечують реалізацію процесу прокатування (рисунок 3.6).

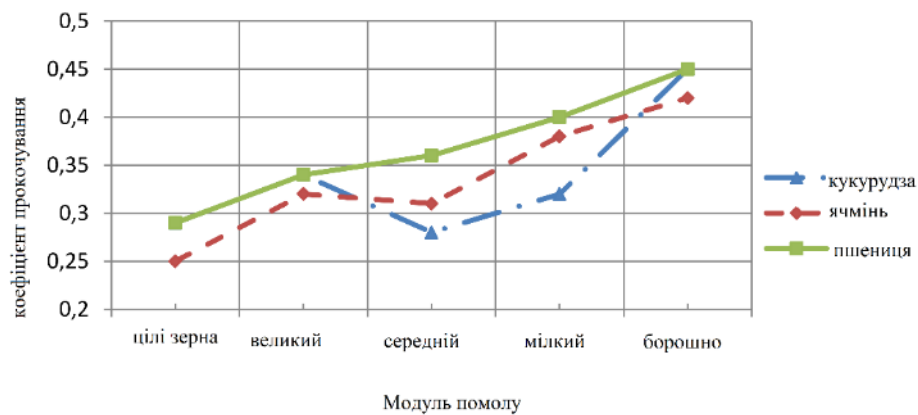


Рисунок 3.6 – Графік експериментальної залежності коефіцієнта прокочування від модуля помелу

Дані графіка 3.6 дозволяють зробити висновок про необхідність встановлення зазору між вальцями, що відповідає мінімальному значенню коефіцієнта прокочування цілих зерен, тобто. в області $(0,3 \pm 0,05)$ dE. Еквівалентний діаметр приймається рівним половині суми ширини та товщини зернівки, тобто.

$$d_e = \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{2} \right) / 2$$

При цьому дуга прокочування відповідає умові (2.18)

3.3 Методика інженерного розрахунку основних параметрів двоступінчатого подрібнювача

Визначення потреби в кормах для конкретного господарства відповідно до кормової бази, поголів'я та її вікової та технологічної структур здійснюється за залежністю:

$$Q_{\text{доб}} = m_1 g_1 + g_2 m_2 + g_i m_i, \quad (3.3)$$

де q_1, q_2, \dots, q_i – добова норма складу раціону одну голову, кг/доб,
 m_1, m_2, \dots, m_i – кількість тварин в одній статево групі, гол.

Звідки годинна продуктивність подрібнювача складе:

$$Q_{\Gamma} = \frac{m_1 g_1 + g_2 m_2 + g_i m_i}{T_{\text{роб}}}, \quad (3.4)$$

де $T_{\text{роб}}$ - тривалість роботи кормоцеху на добу, год.

Основним параметром при проектуванні подрібнювача є його продуктивність Q відповідно до якої розраховуються параметри вальцевої пари. У таблиці 3.1 наведено характеристики деяких молоткових дробарок кормового зерна. Відомо, що продуктивність вальцевої пари визначається за залежністю:

$$Q_{\text{ВП}} = 1 \delta_p V_n \rho \Psi, \quad (3.5)$$

в якій

$$V_n = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R_B, \quad (3.6)$$

Частини обертань вальців ω_1 і ω_2 , що входять у залежність, повинні відповідати умові прокочування (2.18), при якому:

$$k = \frac{\omega_1}{\omega_2} \triangleright \frac{\pi d_e}{\alpha R} + 1, \quad (3.7)$$

де d_e замінено на висоту зернівки h як найбільш ймовірний розмір, що відповідає умові захоплення.

Експериментальним шляхом встановлено, що оптимальне значення $k=1,6\pm 0,25$. Мінімальний радіус вальців, за якого виконується умова $\alpha < \varphi$ в зв'язку з цим визначається залежно від (2.9) і з урахуванням h запишеться у вигляді:

$$R_{min} = \frac{h \cos \varphi - \delta_p}{2(1 - \cos \varphi)}, \quad (3.8)$$

Таким чином, використовуючи залежність (3.5), знаходимо питому подавання вальцевої пари

$$q_{вп} = \frac{Q_{вп}}{l} = \delta_p V_n \rho \Psi, \text{ кг/м}^3 \cdot \text{с} \quad (3.9)$$

Знаючи величину питомої продуктивності вальцевої пари $q_{вп}=4849$ кг/м³·с, визначаємо необхідну довжину:

$$l \leq \frac{Q_{вп}}{q_{вп}}, \quad (3.10)$$

Потужність на привід вальцевої пари, згідно (2.27), складе:

$$N_n = \frac{Q_{\text{ВП}}(\sigma_\varphi + \sigma_B) * \sigma_\varphi}{\delta_p * \rho * \sigma_B} R \sin^2 \varphi, \quad (3.11)$$

Потужність приводу двоступінчастої дробарки визначається типом та структурою передач залежно від моделі модернізації з урахуванням співвідношення $N_{\text{ВП}}$ та $N_{\text{МБ}}$ для відповідних подачі та зазору.

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{ВП}}}{\eta_{\text{ВП}}} + \frac{N_{\text{МБ}}}{\eta_{\text{МБ}}}, \quad (3.12)$$

3.4 Висновки

Результати експериментальних досліджень процесу подрібнення концентрованих кормів двоступеневим подрібнювачем дозволяють зробити такі висновки:

1. Двоступінчастий подрібнювач кормового зерна здатний подрібнювати зернівки мятликових і бобових культур, забезпечуючи зміст заданої фракції не менше ніж 76% від загальної маси. Вміст фракції (0-1,0) мм не перевищує 7,4%.
2. Результати визначення коефіцієнтів прокочування фракцій подрібненого зерна показали їх збільшення зі зменшенням модуля помелу і для цілих зерен становить 0,25-0,28, що гарантує виконання умови прокочування (залежність 2.18 та рисунок 3.4).

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1 Загальні визначення та поняття

Законодавство України про охорону праці ґрунтується на конституційному праві всіх громадян України на належні, безпечні та здорові умови праці, гарантоване статтею 43 Конституції України.

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці, який визначає основні положення щодо реалізації права на охорону життя і здоров'я під час роботи, на належне, безпечне та здорових умов праці, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Отже, охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини [Закон України «Про охорону праці»].

Згідно з визначенням, об'єкт підвищеної небезпеки - це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин або категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові значення маси, а також інші об'єкти як такі, які відповідно до законодавства становлять реальну загрозу виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру ДСТУ 2293-99 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять

Що стосується розробленого в дипломній роботі змішувача для сипучих кормів, то він не підпадає під наведене вище визначення і не є предметом підвищеної небезпеки. Однак під час роботи змішувача в повітрі кімнати може зосередитися пил, що може спричинити пожежу під час дії відкритого вогню.

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Під час роботи з покращеним подрібнювачем оператор може наражатися на такі небезпеки:

- у разі пошкодження ізоляції електричних провідників, вилки, розетки або поломки електродвигуна - ураження електричним струмом;
- при виході з ладу муфти з'єднання - ураження відлітаючими елементами конструкції.

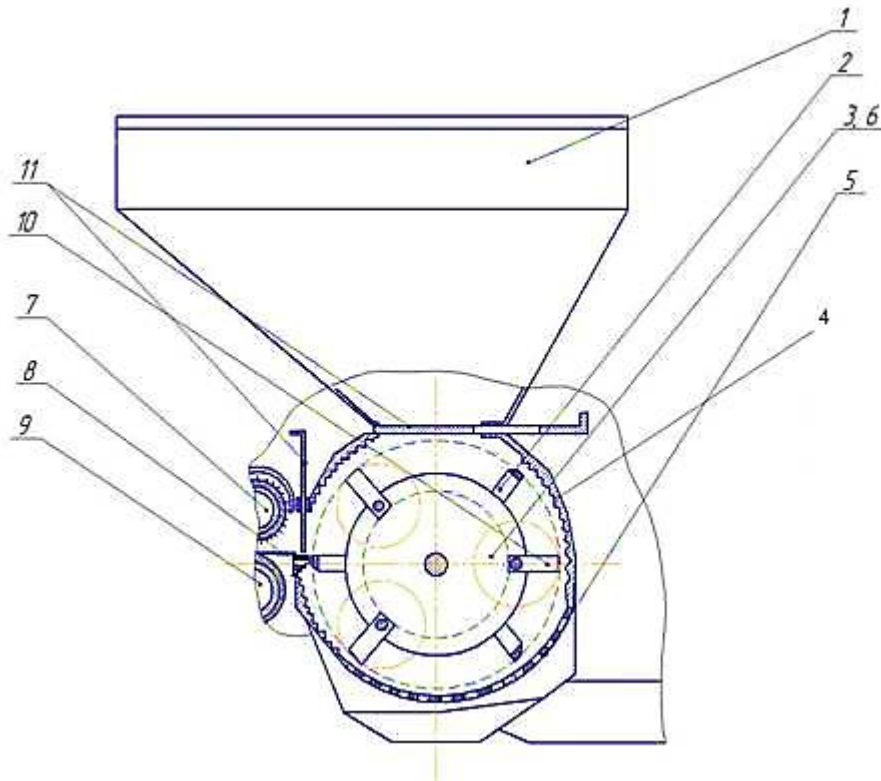


Рисунок 4.1- Схема удосконаленого подрібнювача зерна

1- зерновий бункер; 2 – ножі; 3,6 – різальний і дробильний барабан; 4 - корпус барабану; 5 – решето; 7 – натискний транспортер; 8 – протиризальна пластина; 9 – живильний транспортер; 10 – молоток; 11 – заслінка

Щоб запобігти вищезазначеним небезпечним ситуаціям, ми передбачили:

- встановлення захисного заземлення згідно з вимогами[] триполюсної розетки; - муфта з'єднання буде закрита захисною кришкою;
- електродвигун оснащений тепловим реле, яке відключає його від мережі при критичному підвищенні температури;
- обладнати виробничий майданчик санітарно-технічними приміщеннями, а саме душовою кабіною, санвузлом, роздягальною;

забезпечити опалення виробничого майданчика в зимовий період відповідно до вимог [98]ДСН 3.3.6-042-99 Мікроклімат виробничих приміщень:

- обладнати виробниче приміщення вогнегасником[НАПБ Б.01.008-2004 «Правила експлуатації вогнегасників»]. Крім того, з метою підвищення безпеки праці ми пропонуємо розрахувати штучне освітлення. Для штучного освітлення виробничих приміщень пропонується використовувати лампи ЛСП-2x18 з двома люмінесцентними лампами ЛБ-18.

Кількість світильників визначається питомою потужністю ламп на 1 м² площі приміщення.

$$N = \frac{Sk_3q}{Q} \quad (4.1)$$

де S – площа приміщення, $S=15$ м²;

q - необхідна питома потужність ламп, Вт/м², $q=2,25$ Вт/м²;

k_3 – коефіцієнт запасу, що враховує забруднення повітря в приміщенні, ($k_3=1,1$);

Q - потужність вибраного світильника, Вт. Для ЛСП 2x18– 36 Вт.

Тоді:

$$N = \frac{15 \cdot 1,1 \cdot 2,25}{36} = 1,031 \approx 1 \text{ світильник.}$$

Так як зерно завантажують до подрібнювача вручну, приведемо граничні норми підймання і переміщення важких речей жінками:

Характер робіт	Гранично допустима вага, кг
Підймання і переміщення вантажів при чергуванні з іншою роботою (до 2 разів на годину)	10
Підймання і переміщення вантажів постійно протягом робочої зміни	7

Загальна вага вантажу, що переміщується протягом кожної годинної робочої зміни, не повинна перевищувати:

з робочої поверхні – 350 кг

з підлоги - 175 кг

Рама вдосконаленого подрібнювача має металевий корпус, рама подрібнювача закріплена на бетонній підлозі анкерами, в роботі подрібнювач наводиться в рух від електродвигуна напругою 220 В. Для забезпечення заземлення подрібнювача, що знаходиться в Крім силових ліній (фаза, нейтраль) шині заземлення у приміщенні. Це захистить оператора від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції. Сама розводка має подвійну ізоляцію - загальну та кожний провід. Крім захисного заземлення, для захисту оператора від ураження електричним струмом при короткому аварійному замиканні на землю або корпус встановлюється диференціальне реле, яке спрацьовує через 0,1 с після короткого замикання.

4.3 Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних факторів

Для захисту оператора міксера від впливу шкідливих та небезпечних факторів [ДСТУ 2293-99] ми вживаємо організаційних та технічних заходів.

До організаційних заходів насамперед належить своєчасність проведення інструктажів з охорони праці. Види та порядок проведення навчання з охорони праці визначаються "Типовим положенням про порядок навчання та перевірки знань з охорони праці"[НПАОП 000-4.12-05]. Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим спеціалістом відповідно до наказу (інструкції) підприємства, який пройшов в установленому порядку навчання та перевірку знань з охорони праці. Цей вид навчання надається всім новим працівникам. Потім відповідно до діючих на підприємстві інструкцій з охорони праці відповідно до виконуваної роботи провести первинне навчання без відриву від виробництва. Після шести місяців експлуатації оператор міксера прохо-

дить повторний інструктаж. За необхідності проводити позапланові та цілеспрямовані інструкції.

Технічні заходи. Захист оператора міксеру від травмування предметів при поломці міксеру забезпечує сітчастий паркан, який встановлюється між машиною збоку від міксеру та місцем, яким робочий може пересуватися.

Для захисту робітника від ураження електричним струмом при аварійному короткому замиканні на землю або корпусу обладнання при пошкодженні ізоляції передбачено захисний вимикач, який спрацьовує через 0,2 секунд після короткого замикання і заземлення двигуна.

Для захисту оператора від надмірного шуму він забезпечений спеціальними засобами – навушниками. Щоб захистити оператора від високого рівня пилу, нам необхідно розрахувати продуктивність вентилятора для видалення зайвого пилу.

У зовнішньому повітрі, що надходить до кімнати, немає зазначеного пилу ($P_0 = 0$).

Потім

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0} = \frac{20000}{4 - 0} = 5000 \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (4.2)$$

де P – кількість пилу, що виділяється в приміщенні, за даними аналогічних виробництв $P=20$ г/год;

P_1 – допустима кількість пилу в приміщенні, $\text{мг}/\text{м}^3$;

P_0 – вміст пилу в засмоктуваному чистому повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Згідно отриманої продуктивності обираємо осьовий вентилятор ВО 06-300, продуктивністю $5200 \text{ м}^3/\text{год}$, з монтажем в стіну приміщення.

4.4 Вимоги безпеки перед початком робіт

Оглянувши і одівши засоби індивідуального захисту, щоб не було звисаючих кінців, а волосся заправити під головний убір. Включити вентиляцію і

освітлення робочої зони. Звільнити проходи, підходи до рубильників, вимикачів від сторонніх предметів. Перевірити надійність кріплення машин, обладнання, захисних кожухів і заземлення. Впевнитись в надійності кріплення, балансуванні робочих органів машин, а також у відсутності у подаючих транспортерах, бункерах сторонніх предметів. Перевіривши наявність і комплектність засобів пожежогасіння, медичних аптечок, справності засобів сигналізації. Запустити машину на холостому ходу, впевнившись у відсутності сторонніх шумів, вібрації, нагріву, перевірити роботу контрольних і сигнальних пристроїв. Інструмент і пристрої розмістити так, щоб було зручно використовувати їх.

4.5 Вимоги безпеки під час роботи

Не допускається переборка зерна та інших продуктів без очищення від металічних та інших сторонніх домішок. Впевнившись у відсутності людей в небезпечних зонах, поблизу викидної горловини молоткової дробарки і подавши звуковий сигнал, проводять запуск. Після набирання двигуном нормальних обертів включити подаючий транспортер, забезпечуючи рівномірність подачі продукту, що підлягає переборці. Зависаючі в бункері сипучі (зерно і т.д.) та застрявші в прийомній горловині несицучі продукти звільняти з допомогою дерев'яного проштов-хувача довжиною не менше 1 м. Забороняється до повної зупинки двигуна машини відкривати люки шлюзових запорів, знімати захисні кожухи проводити мащення, підтягувати різьбові з'єднання *чи* проводити технічне обслуговування. При зупинці машини на ремонт *чи* технічне обслуговування на рубильнику *чи* вимикачі її вивішують табличку "Не включати — працюють люди!" При ремонті користуватися тільки справним інструментом. При кожній зупинці з машини слід змитати борошняний пил. Періодично проводити прибирання приміщення, провітрювати його, зволожувати повітря, слідкувати за герметичністю повітропроводів. Перед зупинкою машини спершу припиняти подачу продукту (виключенням подаючого транспортера, перек-

риттям заслінки і т.д.) і, коли продукт перестав поступати, виключити двигун. При сильній запиленості слід користуватися захисними окулярами і протипиловими респіраторами. Категорично забороняється залазити в бункери, силоси і т.д. Сило-си, люки повинні бути закриті кришками і заперті на замок. Завальніями повинні бути обладнані захисними решітками. ІІ. Спуск в закриті бункери, силоси глибиною більше 2 м повинні проводитись по наряду-допуску з використанням лебідки, рятувального паса з рятувальним канатом, при необхідності шлангового протигаза. В бригаді повинно бути не менше трьох чоловік. Під час перебування людей в бункері завантаження і розвантаження зерна забороняється. Очищення забивання норій і т.д. проводять при виключеному двигуні з допомогою спеціальних чистиків. Забороняється залишати працюючу машину без нагляду. Слід регулярно очищати магнітний сепаратор, камнеуловлювач, подаючі вальці. Операція очищення проводиться при повністю зупиненій машині. В приміщенні, де розміщена дробарка, сировина і продукти переробки, не можна курити і користуватися відкритим вогнем.

4.6 Дії в разі настання надзвичайних ситуацій

Ознаки надзвичайної ситуації (НС): небезпека для життя та здоров'я людини, суттєве порушення екологічної безпеки, повне чи часткове припинення господарської діяльності, значні матеріальні та економічні втрати.

Надзвичайні ситуації за своїм характером та причинами поділяються на природні, техногенні та соціальні.

У нашому випадку найімовірніша аварія має техногенний характер - пожежу. У разі пожежі (ознаки загоряння) кожен працівник повинен: негайно зателефонувати до служби порятунку за телефоном (тел. 101). Необхідно назвати адресу об'єкта, вказати поверховість будівлі, місце загоряння, ситуацію із загорянням, наявність людей, а також вказати своє ім'я;

вжити (по можливості) заходів щодо евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;
у разі виникнення пожежі на підприємстві сповістити керівника або відповідної компетентної посадової особи та (або) найближчий об'єкт;
за необхідності викликати інші служби екстреної допомоги (медичні, газорятувальні та ін.).

Посадова особа об'єкта, що першою прибула на місце пожежі, зобов'язана: перевірити, чи викликається аварійно-рятувальна служба (повідомлення, що повторюються), довести пригоду до відома керівника установи;
у разі загрози життю людей негайно організувати їх порятунок (евакуацію), використовуючи при цьому наявні сили та засоби;
видалити всіх робітників, які беруть участь у гасінні пожежі, межі небезпечної зони; - припинити роботи на об'єкті (якщо це дозволено технологічним процесом виробництва), за винятком робіт, пов'язаних із заходами пожежогасіння;
здійснювати у разі потреби відключення електроенергії, агрегатів, пристроїв, водних комунікацій (крім систем пожежного захисту);
організувати збори підрозділів аварійно-рятувальної служби, допомогти їм вибрати найкоротший шлях до джерел пожежі та води.

4.7 Висновки

На підставі нормативної документації та відповідно до вимог охорони праці ми провели обстеження розробленого подрібнювача зерна, виявили вплив небезпечних та шкідливих факторів на оператора та для їх запобігання запропонували відповідні заходи. Для розробленого кормозбирального комбайна наведено правила безпечного виконання робіт та наведено порядок дій в екстрених випадках.

5 Економічне обґрунтування удосконаленого подрібнювача зерна

5.1 Вихідні дані

Розрахунок економічної ефективності використання розробленого двоступінчастого подрібнювача кормового зерна проведено на підставі діючих стандартів, методик та нормативних документів з урахуванням середньорічного рівня інфляції. На основі методики розрахунку економічної ефективності використання нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій, основним показником ефективності її є річний економічний ефект, чистий дисконтований дохід, індекс прибутковості та внутрішня норма прибутковості. Визначаючи цей ефект, за базу порівняння було прийнято молоткову дробарку Ф-1М. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності порівнюваних варіантів представлені у таблиці 5.1. У розрахунках умови експлуатації приймалися ідентичними у базовому та експериментальному варіантах. В обох випадках передбачалося використання базового та пропонованого обладнання.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до визначення техніко-економічних показників

Показник	Варіанти	
	Ф-1М	удосконалений подрібнювач
Продуктивність, т/год.	1,2	1,6
Споживана потужність, кВт	3,0	4,0
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Тривалість зміни, год.	8,0	8,0
Строк служби, років	8	8
Коефіцієнт амортизаційних відрахувань	0,125	0,125
Коефіцієнт відрахувань на ТО та ремонт	0,14	0,12
Балансова вартість, грн.	21230	21230
Вартість переобладнання, грн.	-	8600

Ефективність розробленого подрібнювача в порівнянні з аналогом будемо оцінювати порівнюючи питомі експлуатаційні витрати.

5.2 Визначення питомих експлуатаційних витрат

Питомі експлуатаційні витрати розраховуються

$$\Pi = \Pi_3 + \Pi_a + \Pi_T + \Pi_e, \quad (5.1)$$

де Π_3 – питомі витрати на заробітну платню, грн./т;

Π_e – питомі витрати на електроенергію, грн./т;

Π_a – питомі амортизаційні відрахування, грн./т;

Π_T – питомі витрати на ремонт і ТО обладнання, грн/т.

Питомі витрати на заробітну плату визначимо з виразу:

$$\Pi_3 = \frac{n * f * \delta}{Q}, \quad (5.2)$$

де n – кількість операторів, люд.

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн./год. Мінімальна заробітна плата. З початку 2021 року складає у місячному розмірі – 6500 грн., у погодинному розмірі – 39,12 грн., приймаємо $f = 39,12$ грн./год.;

$\delta = 1,22$ – коефіцієнт нарахування на заробітну плату;

Q – продуктивність подрібнювача, т/год (табл. 5.1).

За формулою (5.2) за варіантами маємо

базовий

$$\Pi_{3.б} = \frac{1 * 39,12 * 1,22}{1,2} = 39,77 \text{ грн/т}$$

розроблений

$$\Pi_{3.е} = \frac{1 * 39,12 * 1,22}{1,6} = 29,82 \text{ грн/т}$$

Питомі витрати на енергоресурси визначимо за формулою:

$$P_e = \frac{N * c_e}{Q}, \quad (5.3)$$

де N – потужність приводу подрібнювача, кВт.

$c_e = 2,05$ грн./кВт·год. – вартість електроенергії для II класу напруги до 27,5 кВ з ПДВ.

Тоді за формулою (5.6) маємо за варіантами:

Базовий

$$P_{e.б} = \frac{3,0 * 2,05}{1,2} = 5,12 \text{ грн/т}$$

розроблений

$$P_{e.б} = \frac{4,0 * 2,05}{1,6} = 5,12 \text{ грн/т}$$

Питомі амортизаційні відрахування розраховуємо за формулою:

$$P_a = \frac{\alpha * B * K}{Q}, \quad (5.4)$$

де B – балансова вартість подрібнювача, грн.

α – коефіцієнт амортизаційних відрахувань (табл. 5.1).

K – коефіцієнт використання подрібнювача, який розраховують за формулою:

$$K_{\epsilon} = \frac{t_{\text{фак}}}{t_{\text{пл}} * 365}, \quad (5.5)$$

де $t_{\text{фак}}$, $t_{\text{пл}}$ – річне фактичне та планове навантаження машини;

Приводимо коефіцієнт використання засобів механізації до 1 години при роботі в одну зміну, тобто 8 години протягом року.

$$K_B = \frac{1}{8 * 365} = 0,00034$$

Тоді за (5.4) отримаємо за варіантами

базовий

$$P_{аб} = \frac{0,125 * 21230 * 0,00034}{1,2} = 0,75 \text{ грн/т}$$

розроблений

$$P_{ап} = \frac{0,125 * 21230 * 0,00034}{1,6} = 0,56 \text{ грн/т}$$

Питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування техніки обчислюють за виразом:

$$P_{р,то} = \frac{\beta * B * K}{Q}, \quad (5,6)$$

де β – нормований коефіцієнт відрахувань на ремонт подрібнювача, %.

Тоді з (5.6) за варіантами маємо

базовий

$$P_{р,тоб} = \frac{0,14 * 29830 * 0,00034}{1,2} = 1,18 \text{ грн/т}$$

розроблений

$$P_{р,топ} = \frac{0,14 * 29830 * 0,00034}{1,6} = 0,88 \text{ грн/т}$$

Загальні питомі експлуатаційні витрати (5.1) за варіантом складуть:

базовий

$$P_б = 39,77 + 5,12 + 0,75 + 1,18 = 46,82 \text{ грн/т}$$

розроблений

$$P_p = 29,82 + 5,12 + 0,56 + 0,88 = 36,38 \text{ грн/т}$$

Економія питомих експлуатаційних витрат при впровадженні розробленого експериментального подрібнювача:

$$E_e = \Pi_6 - \Pi_p = 46,82 - 36,38 = 10,44 \text{ грн/т} \quad (5.7)$$

Строк окупності експериментального подрібнювача при його впровадженні можна визначити наступним чином:

$$T = \frac{B_e}{P * E_e}, \text{ роки} \quad (5.8)$$

де P – річний об'єм робіт, т.

Визначимо річний об'єм робіт удосконаленого подрібнювача:

$$P = Q * k_{вз} * t_{зм} * D, \text{ т.} \quad (5.9)$$

де $k_{вз}$ – коефіцієнт використання часу зміни, $k_{вз} = 0,8$.

$$P = 1,6 * 0,8 * 8 * 365 = 3737,6 \text{ т.}$$

$$T = \frac{8600}{3737,6 * 10,44} = 0,22 \text{ роки}$$

5.3 Визначення питомих приведених витрат

Питомі приведені витрати розраховують за формулою

$$\text{ПП} = \Pi + \frac{B}{P} E, \text{ грн/т} \quad (5.10)$$

де $E = 0,15$ – нормований коефіцієнт ефективності капітальних вкладень базовий

$$ПП_6 = 46,82 + \frac{21230}{3737,6} * 0,15 = 47,71 \text{ грн/т};$$

розроблений

$$ПП_p = 36,38 + \frac{21230}{3737,6} * 0,15 = 37,23 \text{ грн/т}$$

Розрахуємо річний економічний ефект від впровадження у виробництво запропонованого нами варіанту при завантаженні на 100 відсотків:

$$E = (ПП_6 - ПП_p)P = (47,71 - 37,23) * 3737,6 = 39170,04 \text{ грн} \quad (5.11)$$

Всі отримані показники зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-економічна оцінка подрібнювача

Показники	Варіанти		Проектований у % до базового
	Ф-1М	удосконалений подрібнювач	
Продуктивність, т/год.	1,2	1,6	115,0
Споживана потужність, кВт	3,0	4,0	100,0
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100,0
Балансова вартість, грн.	21230	21230	100,0
Вартість переобладнання, грн.	-	8600	
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	39,77	29,82	87,8
в т.ч.: заробітна платня	46,82	36,38	86,9
витрати на електроенергію	7,68	6,68	87,0
амортизаційні відрахування	0,75	0,75	100,0
витрати на ТО та ремонт	1,18	0,88	122,2

Питомі приведені витрати, грн./т	102,96	86,23	83,8
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	18288,84	
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	0,22	-
Річний економічний ефект, грн.	-	39170,04	-

5.4 Висновки

Техніко-економічна оцінка удосконаленого подрібнювача показала, що в порівнянні з базовим він має переваги за експлуатаційними витратами. Економія експлуатаційних витрат склала 18288,846 грн., за рахунок зменшення витрат на оплату праці та енергоресурси, строк окупності – 0,22 роки.

1. Корми є головним керуючим фактором продукційної та репродукційної функцій тварин та птиці. Рівень цих функцій на 60...80% визначає годування. Оскільки годування є головною статтею витрат у тваринництві, інвестиції у вдосконалення організації годівлі дають великий прибуток. Най енергоємнішою операцією є подрібнення концентрованих кормів. Конструкції та способи, що використовуються в даний час подрібнення є не ефективними як з технологічної, так і з економічної точок зору, що дозволяє сформулювати мету дослідження.

2. Запропоновано енерго- та ресурсозберігаючу конструктивно-технологічну схему руйнування зернівок кормових культур, що полягає в послідовному проходженні пружних складових міцності у вальцевій парі та остаточному руйнуванні молотковим барабаном; Отримані аналітичні залежності визначення кінематичних, енергетичних та технологічних параметрів двоступеневого подрібнювача, містять основні фактори та їх взаємодії, вимагають достовірної експериментальної перевірки та оцінки адекватності опису характеристик процесу;

Обґрунтовано геометричні параметри та структуру деки двоступінчастого подрібнювача, наведено умови взаємодії подрібнюваного матеріалу з робочими органами молоткового барабана та елементами деки;

Запропонована математична модель двоступеневого подрібнення дає можливість оптимізувати параметри та режими роботи процесу подрібнення, що враховують морфологічні особливості зернівок основних кормових культур.

3. Результати експериментальних досліджень процесу подрібнення концентрованих кормів двоступеневим подрібнювачем дозволяють зробити такі висновки: двоступінчастий подрібнювач кормового зерна здатний подрібнювати зернівки мятликових і бобових культур, забезпечуючи зміст заданої фракції не менше ніж 76% від загальної маси. Вміст фракції (0-1,0) мм не перевищує 7,4%. Результати визначення коефіцієнтів прокочування фракцій подрібненого зерна показали їх збільшення зі зменшенням модуля помелу і для цілих зерен

становить 0,25-0,28, що гарантує виконання умови прокочування (залежність 2.18 та рисунок 3.4).

4. На підставі нормативної документації та відповідно до вимог охорони праці ми провели обстеження розробленого подрібнювача зерна, виявили вплив небезпечних та шкідливих факторів на оператора та для їх запобігання запропонували відповідні заходи. Для розробленого кормозбирального комбайна наведено правила безпечного виконання робіт та наведено порядок дій в екстремних випадках.

5. Техніко-економічна оцінка удосконаленого подрібнювача показала, що в порівнянні з базовим він має переваги за експлуатаційними витратами. Економія експлуатаційних витрат склала 18288,846 грн., за рахунок зменшення витрат на оплату праці та енергоресурси, строк окупності – 0,22 роки.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Макаров А. П. Исследование технологического процесса измельчения фуражного зерна в молотковых дробинках. Научн. тр. ВИЭСХ. М. : Колос, 1964. Т. XIV. С. 66 – 88.
2. Ревенко И. И. Распределение перерабатываемого материала в камере измельчителя молотковой дробилки. Тракторы и сельхозмашины. 1987. №7. С. 24 – 26.
3. Алешкин В. Р. Механизация животноводства/ В. Р. Алешкин, П.М. Рошин. - М.: Агропромиздат, 1985. - 336 с.
4. Бойко А. І., Новицький А. В. Підвищення надійності кормодробарок та подрібнювачів. Механізація сільськогосподарського виробництва. К. : НАУ, 1997. Т. III. С. 6 – 8.
5. Пилипенко О. М., Гранаткін Ю. Г. Особенности разработки конструкций измельчителей и дробилок кормов. Актуальные вопросы разработки типажа измельчителей и дробилок для кормоприготовления. К., 1987. 73 с.
6. Мельников С. В. Динамические режимы работы молотковых кормодробилок. Записки Ленинградского с-х института. Л., 1969. Т. 143. Вып. 2. С. 3 – 8.
7. ДСТУ 4508: 2005. Комбікорми-концентрати для свиней. Технічні умови. Чинний від 01.01. 2008. К. : Держспоживстандарт України, 2005. 15 с. (Інформація та документація).
8. Ялпачик О. В., Самойчук К. О., Буденко С. Ф. Моделювання процесів у робочій камері пальцевої зернової дробарки. Процеси і апарати харчових виробництв. К. : Наукові праці НУХТ, 2015. Т.1. С. 134 – 141.
9. Єгоров Б. В., Давиденко Т. М. Вдосконалення підготовки концентрованих кормів при виробництві повноцінних комбікормів для сільськогосподарських тварин. Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник Ін-ту кормів УААН. Вінниця, 2008. Вип. 61. С. 135 – 140.
10. Клейс И. Р. Основы выбора материалов для работы в условиях абразивного изнашивания. Трение и износ. М., 1980. Т.1. №2. С. 263 – 271.

11. Осьмак В. Сучасний стан та перспективи розвитку машин для кормо виробництва. Збірник наукових праць УкрНДІЛВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2009. Вип. 13. С. 259 – 261.
12. Гвоздєв О. В., Шпиганович Т. О., Ялпачик О. В. Вдосконалення процесу подрібнення зерна. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки. Вінниця, 2011. №9. С. 143 – 150.
13. Денисов В. А., Вараксин И. И. Теоретические предпосылки измельчения зерна с предварительным разделением его по физико-механическим свойствам на фракции. Механизация процессов в животноводстве и кормопроизводстве. Пермь, 1983. С. 112 – 120.
14. Новицький А. В. Оцінка надійності засобів для приготування і роздавання кормів в залежності від умов і режимів експлуатації. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. К. : НУБіП України, 2015. Вип. 253. С. 141 – 148.
15. Пилипенко А. Н., Клименко Н. Н., Тимановский А. В., Журавель А. Ф. Устранение неравномерности износа молотков кормодробилок. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1977. №9. С. 10 – 12.
16. Машини та обладнання переробних виробництв: Навчальний посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. та ін. ; за ред. О. В. Дацишин. К.: Вища освіта, 2005. 159 с.
17. Сидашенко А. И., Скобло Т. С. Анализ причин преждевременного износа и разрушения деталей машин сельскохозяйственной техники. Технический сервис агропромышленного, лесового та транспортного комплексів. Харків, 2014. №1. С. 105 – 113.
18. Сыроватка В. И. Основные закономерности процесса измельчения зерна в молотковой дробилке. Электрификация сельского хозяйства. Труды ВИЭСХ, 1964. №4. С. 89 – 157.
19. Ялпачик Ф. Ю., Олексієнко В. О. Кормодробарка для сімейної ферми.

- АПК: наука, техника, практика. К., 1989. №3. С. 22 – 23.
20. Рожківський М. Ф. Розробка наукових основ, створення і впровадження прогресивних технологій та комплексу машин нового покоління. Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2006. Вип. 90. С. 324 – 338.
 21. Кузьмінський Р. Д., Соколовський О. Р., Шеремета Р. Б. Математична модель геометричних параметрів насінин пшениці. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2014. № 18. С. 171-176.
 22. Бойко А.І. До питання дослідження динаміки зношування зміцнених молотків кормодробарок графоаналітичним способом / А.І. Бойко, А.В. Новицький, В.М. Савченко // Вісн. Харківського держ. техн. ун-ту сіл. госп-ва. – 2005. – Вип.40. - С. 339-343.
 23. Ревенко І.І. Обґрунтування раціонального способу подачі перероблюваного матеріалу в дробильну камеру // Механізація і електрифікація сільського господарства. – К.: Урожай, 1973. – Вип.. 24. – С. 106-114.
 24. Ревенко І.І. Раціональні конструктивно-технологічні ознаки молоткових подрібнювачів кормів // Вісник сільськогосподарської науки. – 1982. - №12. – С. 46-49.
 25. Болоташвілі З.У. Обґрунтування технологічного процесу подрібнювання і параметрів робочих органів універсального малогабаритного подрібнювача зернових продуктів. – Автореферат дис. ... к.т.н. – Луганськ. 2000. – 17 с.
 26. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов/ Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. – Л.: Колос, 1980. – 168с.
 27. Патент № 3680797 (США) Мельница – Изобр. За руб., 1972. – Гр. 4. - №16.
 28. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
 29. Нецецький Э.К. Аналіз факторов влияющих на качество помола зерна (в кормодробилках)/ Нецецький Э.К., Рубців П.А. // Научные труды Ставропольского СХИ. 1976. – Вып. 39. – Т.6. – С.87-90.

30. Дробарки та подрібнювачі приводні. Визначення понять, вимоги безпеки та методи випробування. ДСТУ ISO 11448: Гріфе: М-во аграрної політики України, 2005. – офіц. вид. – К.: колос, 2005. – 47 с (нормативний документ Мінагрополітики України).
31. Дробарки. Терміни та визначення. ДСТУ 2411-94. - К.: Гріфе: М-во аграрної політики України, 1994. - офіц. вид. – – 37 с. - (нормативний документ Мінагрополітики України)
32. Машини сільськогосподарські. Дробарки. Методи випробувань. ДСТУ 3218-95. - К.: М-во аграрної політики України, 1995. – офіц. вид. – 44 с. - (нормативний документ Мінагрополітики України).
33. Комбікорми. Терміни та визначення. ДСТУ 2421-94. - К.: М-во аграрної політики України, 1995. – офіц. вид. – 35 с. - (нормативний документ Мінагрополітики України).
34. Гогунський О.В. Обґрунтування маси "циркулюючого" шару молоткової дробарки. / О.В. Гогунський //Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2000. - Вип.83. - С.227 - 230.
35. Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений: ГОСТ 134986.8 – 72. – офіц. вид. – М.: Агропромиздат, 1972. – 18 с. - (нормативний документ Мінагрополітики України)
36. ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація
37. Об'єкт підвищеної небезпеки // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] — К. : Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 2002. — Т. 4 : Н — П. — 720 с. — ISBN 966-7492-04-4.
38. Навчальний посібник з охорони праці / Дніпропетр. держ. агр. ун-т. - Дніпропетровськ, 2009 р. - 132 с.
39. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила устройства электроустановок. электрооборудование специальных установок
40. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН

З.З.6.042-99, затвержені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42.

41. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні
42. Закон України "Про охорону праці"

Додатки

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Ефективність технологічного процесу приготування кормів на птахофермі

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20
Хрущ Володимир Володимирович

Керівник: к.т.н., доцент
Івлєв Віталій Володимирович

Дніпро 2021

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дипломної роботи є розробка способу подрібнення та обґрунтування параметрів двоступеневого подрібнювача, що забезпечують зниження енергоємності процесу подрібнення кормового зерна та покращення фракційного складу продуктів помелу.

Відповідно до мети поставлено такі **завдання** наукових досліджень:

провести аналіз способів та засобів подрібнення фуражного зерна та визначити напрямки подальших досліджень;

теоретично обґрунтувати питому площу робочих органів дробарки, їх взаємодію з повітряним потоком і подрібнюваним матеріалом;

експериментально дослідити вплив конструктивних чинників і режимів роботи молоткової дробарки на показники процесу подрібнення;

провести обстеження розробленого подрібнювача з точки зору охорони праці;

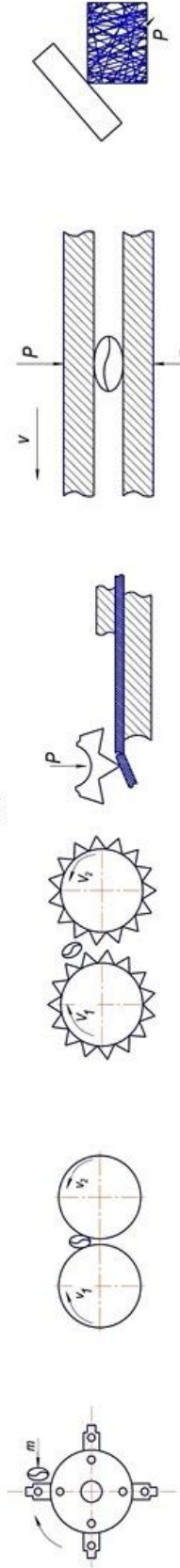
провести техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

Об'єкт досліджень - технологічний процес ступінчастого подрібнення кормового зерна.

Предмет досліджень - закономірності впливу параметрів вальцевої та молоткової секції на енергетичні та технологічні показники процесу подрібнення.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА АНАЛІЗ І СПОСОБИ

Способи подрібнення



Подрібнювачі кормового зерна

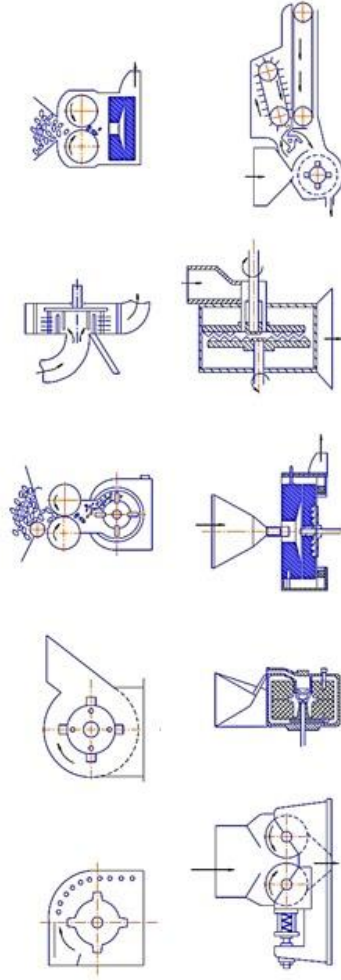


Рисунок 1 – Схеми подрібнювачів кормового зерна та способи подрібнення

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА АНАЛІЗ І СПОСОБИ

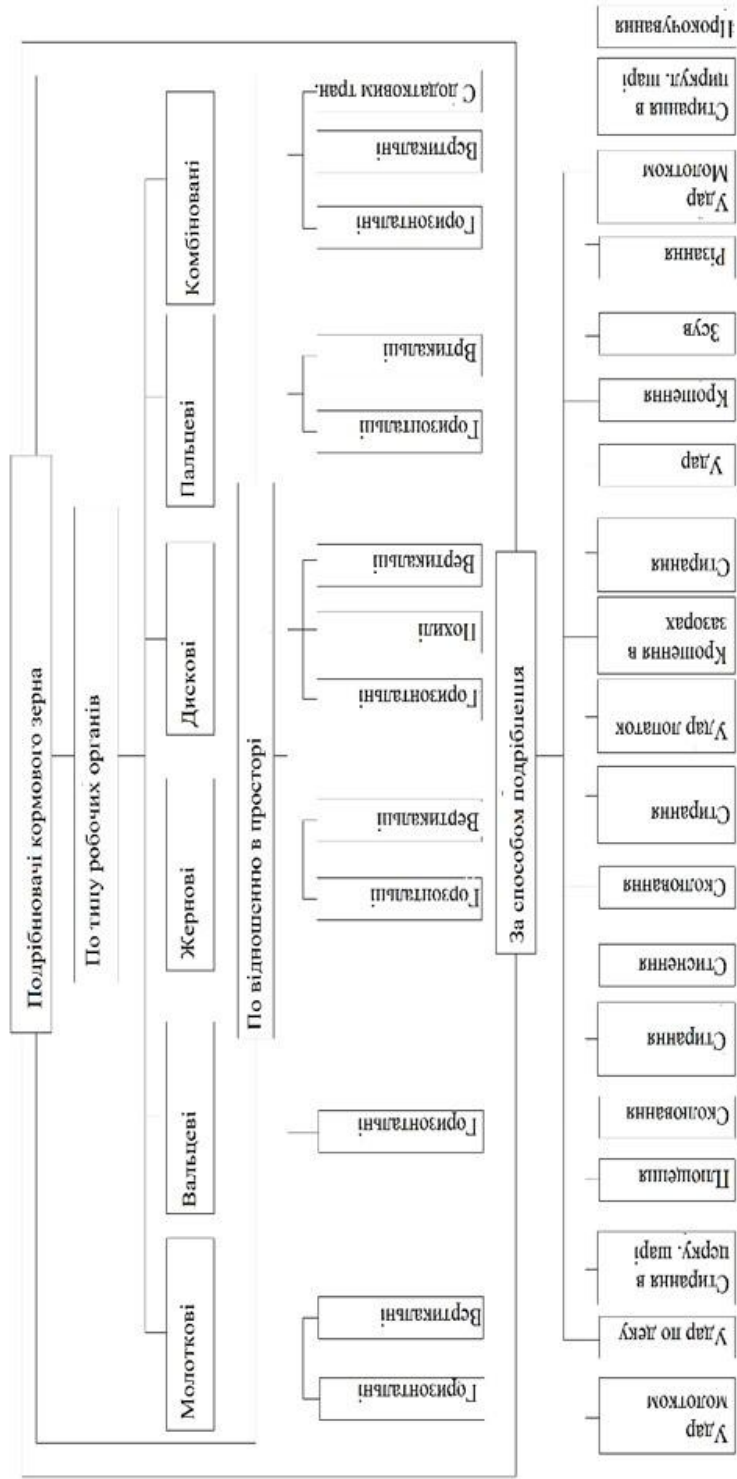


Рисунок 2 – Класифікаційна схема подрібноувачів кормового зерна

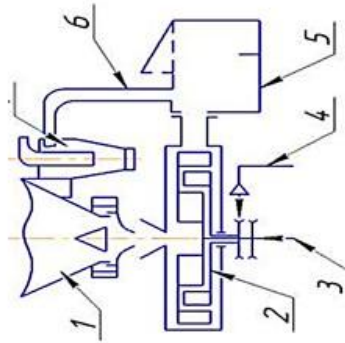


Рисунок 3 – Схема двоступінчастого відцентрового подрібнювача фуражного зерна: 1 – ударно-відцентровий подрібнювач; 2 – вібраційний дозатор; 3 – тахометр; 4 – тахометр; 5 – приймач готового матеріалу; 6 – сполучний рукав; 7 – циклон

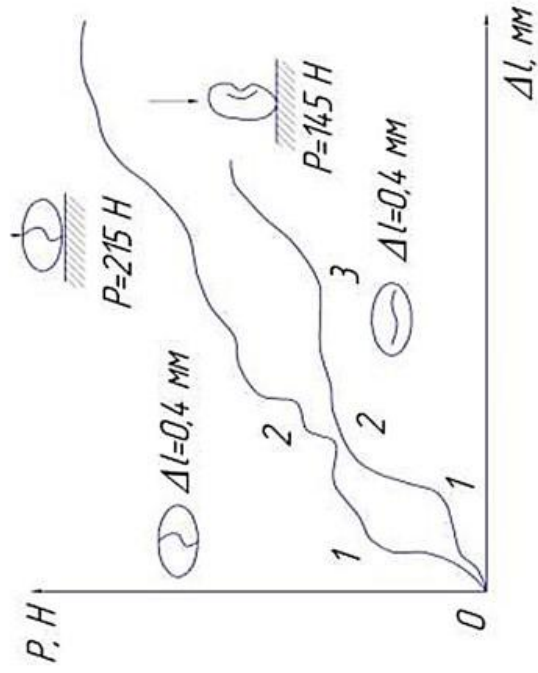


Рисунок 4 – Діаграма стиску зерен ячменю

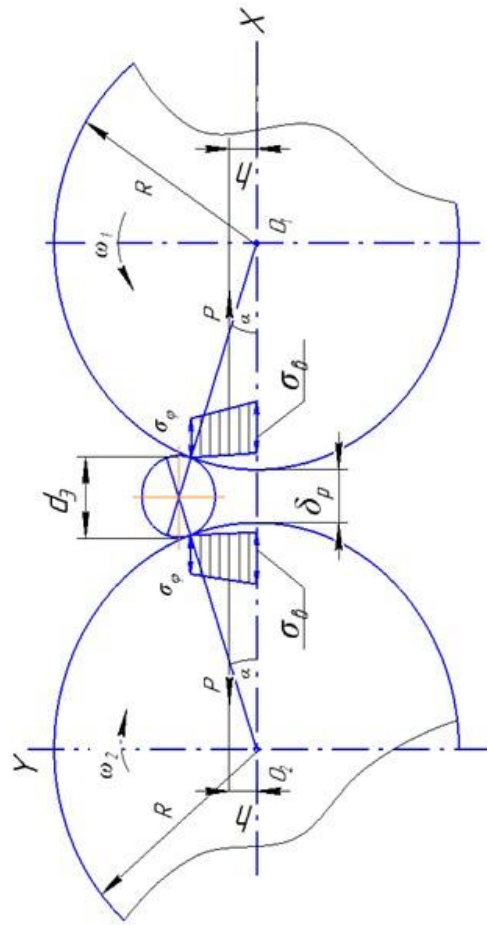


Рисунок 5 – Епюри навантажень вальцевої пари на зернівку.

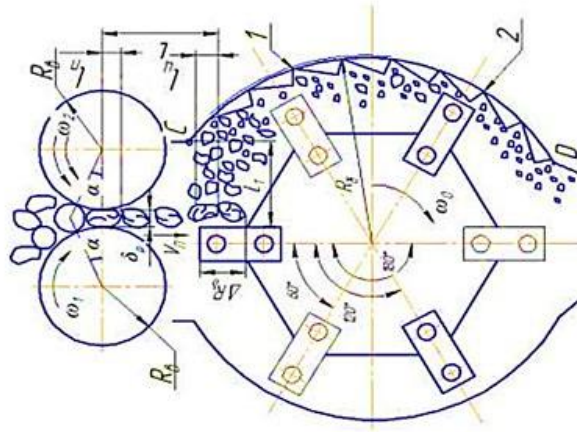


Рисунок 6 – Робочий процес двоступеневого подрібнювача.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Культура, вологість, %	Довжина, l ширина, b товщина, h, мм	Коефіцієнт тертя, f_t/f_k	Щільність, г/см ³	Коефіцієнт прокочуван ня	Статистична межа міцності, МПа	Культура	довжина/ширина/ товщина, мм	вологість зерна, %	переріз мм ²	зусилля руйнування, Н	σ , МПа	σ	ν , %
1	2	3	4	5	6								
Ячмінь 10,71-14,35	10,8±3,2 3,5±1,5 3,0±1,5	0,48 ± 0,12 0,4 ± 0,07	0,82±0,15	0,36±0,05	7,2±0,09	ячмінь яровий	8,8/3,9/2,8 8,8/3,5/2,6 6,5/3,8/2,8 8/3,7/2 8,6/3,7/2,3 сер.		26,94 24,18 19,39 23,24 24,98	182,49 188,02 171,43 165,90 154,84	6,77 7,78 8,84 7,14 6,20 7,35	0,91	12,38
пшениця 12,41-15,25	6,3±2,3 2,8±1,2 2,6±1,15	0,47 ± 0,11 0,42 ± 0,11	1,37±0,13	0,39±,05	6,5±0,08	пшениця озима	6/3,5/2,9 6,5/3,7/3,2 5,8/3,5/3 5/3,5/3 5,5/2,9 сер.	11,58	16,49 18,88 15,94 13,74 12,52	94,01 88,48 99,54 82,95 95,51	5,70 4,69 6,25 6,04 7,63 6,06	0,95	15,68
овес 11,43- 15,15	13,3±5,3 2,7±1,3 2,4±1,2	0,51 ± 0,1 0,48 ± 0,1	1,2±0,10	0,21±0,02	3,97±0,06		7/3,8/3,4 6,5/3,8/3,1 7/3/3,2 6,9/3/2,2 6,8/3,1/3,3 сер.		20,88 19,39 16,49 16,25 16,55	143,78 110,60 143,78 121,66 105,07	6,89 5,70 8,72 7,49 6,35 7,03	1,03	14,65
кукурудза 12,41-16,25	8,5±3,2 7,9±2,2 5,8±2,1	0,39 ± 0,11 0,35 ± 0,01	1,23±0,15	0,25±0,04	6,1±1,52	ячмінь озимий							

Таблиця 1 - Фізико-механічні і технологічні характеристики зерна

Таблиця 2 - Характеристики міцності зерна

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

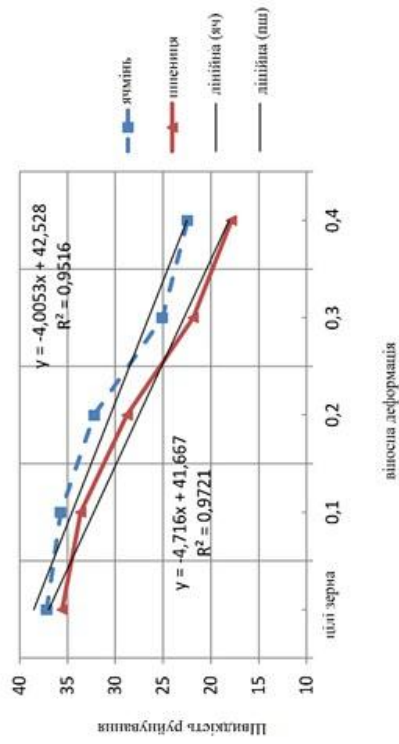


Рисунок 9 – Графік експериментальної залежності руйнівної швидкості зернівок від відносної деформації прокочування

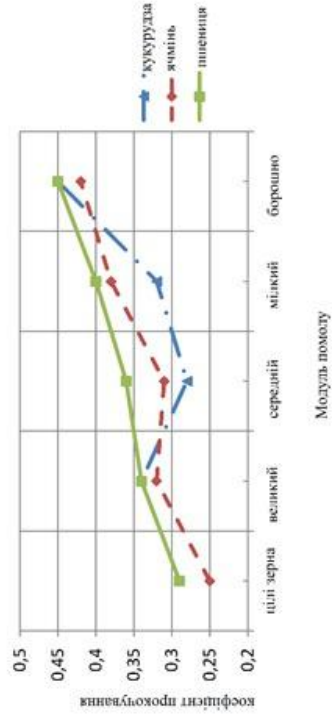


Рисунок 10 – Графік експериментальної залежності коефіцієнта прокочування від модуля помелу

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Вимоги безпеки перед початком робіт:

1. Оглянувши і одвівши засоби індивідуального захисту, щоб не було звисаючих кінців, а волосся заправити під головний убір.
2. Включити вентиляцію і освітлення робочої зони.
3. Звільнити проходи, підходи до рубильників, вимикачів від сторонніх предметів.
4. Перевірити надійність кріплення машин, обладнання, захисних кожухів і заземлення.
5. Впевнитись в надійності кріплення, балансуванні робочих органів машин, а також у відсутності у подаючих транспортерах, бункерах сторонніх предметів.
6. Перевіривши наявність і комплектність засобів пожежогашіння, медичних аптечок, справності засобів сигналізації.
7. Запустити машину на холодостому ходу, впевнившись у відсутності сторонніх шумів, вібрації, нагріву, перевірити роботу контрольних і сигнальних пристроїв.
8. Інструмент і пристрої розмістити так, щоб було зручно використовувати їх.

Вимоги безпеки під час роботи:

1. Не допускається переборка зерна та інших продуктів без очищення від металічних та інших сторонніх домішок.
2. Впевнившись у відсутності людей в небезпечних зонах, поблизу викидної горловини моложкової дробарки і подавши звуковий сигнал, проводять запуск. Після набрання двигуном нормальних обертів включити подаючий транспортер, забезпечуючи рівномірність подачі продукту, що підлягає переборці.
3. Зависаючі в бункері сипучі (зерно і т.д.) та застрявші в прийомній горловині несиучі продукти звільняти з допомогою дерев'яного проштов-хувача довжиною не менше 1 м.
4. Забороняється до повної зупинки двигуна машини відкривати люки шлюзових запорів, знімати захисні кожухи провідити машення, підтягувати різьбові з'єднання чи проводити технічне обслуговування.
5. При зупинці машини на ремонт чи технічне обслуговування на рубильнику чи вимикачі її вивішують табличку "Не включати — працюють люди!"
6. При ремонті .користуватися тільки справним інструментом.
7. При кожній зупинці з машини слід змитати борошняний пил. Періодично проводити прибирання приміщення, провітрювати його, зволожувати повітря, слідкувати за герметичністю повітропроводів.
8. Перед зупинкою машини спершу припиняти подачу продукту (виключенням подаючого транспортера, перекриттям заслінки і т.д.) і, коли продукт перестав поступати, виключити двигун.
9. При сильній запиленості слід користуватися захисними окулярами і протипиловими респираторами.
10. Категорично забороняється залазити в бункери, силоси і т.д. Сило-си, люки повинні бути закриті кришками і заперті на замок. Завальні ями повинні бути обладнані захисними решітками.
11. Спуск в закриті бункери, силоси глибиною більше 2 м повинні проводитись по нарядно-допуску з використанням лебідки, рятувального паса з рятувальним канатом, при необхідності шлангового протигаза. В бригаді повинно бути не менше трьох чоловік. Під час перебування людей в бункері завантаження і розвантаження зерна забороняється залишати працюючу машину без нагляду.
12. Очищення при виключеному двигуні з допомогою спеціальних чистиків.
13. Забороняється залишати працюючу машину без нагляду.
14. Слід регулярно очищати магнітний сепаратор, камнеуловлювач, подаючі вальці. Операція очищення проводиться при повністю зупиненій машині.
15. В приміщенні, де розміщена дробарка, сировина і продукти переробки, не можна курити і користуватися відкритим вогнем.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Показники	Варіанти		Проектований у % до базового
	Ф-1М	удосконалений подрібнювач	
Продуктивність, т/год.	1,2	1,6	115,0
Споживана потужність, кВт	3,0	4,0	100,0
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100,0
Балансова вартість, грн.	21230	21230	100,0
Вартість переобладнання, грн.	-	8600	
Питома річна експлуатаційні витрати, грн./т	39,77	29,82	
в т.ч. заробітна плата	46,82	36,38	87,8
витрати на електроенергію	7,68	6,68	86,9
амортизаційні відрахування	0,75	0,75	100,0
витрати на ТО та ремонт	1,18	0,88	122,2
Питома приведені витрати, грн./т	102,96	86,23	83,8
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	18288,84	
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	0,22	-
Річний економічний ефект, грн.	-	39170,04	-

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Корми є головним керуючим фактором продукційної та репродукційної функцій тварин та птиці. Рівень цих функцій на 60...80% визначає годування. Оскільки годування є головною статтею витрат у тваринництві, інвестиції у вдосконалення організації годівлі дають великий прибуток. Найенергоємнішою операцією є подрібнення концентрованих кормів. Конструкції та способи, що використовуються в даний час подрібнення є не ефективними як з технологічної, так і з економічної точки зору, що дозволяє сформулювати мету дослідження.
2. Запропоновано енерго- та ресурсозберігаючу конструктивно-технологічну схему руйнування зернівок кормових культур, що полягає в послідовному проходженні пружних складових міцності у вальцевій парі та остаточному руйнуванні молотковим барабаном; Отримані аналітичні залежності визначення кінематичних, енергетичних та технологічних параметрів двоступеневого подрібнювача, містять основні фактори та їх взаємодії, вимагають достовірної експериментальної перевірки та оцінки адекватності опису характеристик процесу; Обґрунтовано геометричні параметри та структуру деки двоступінчастого подрібнювача, наведено умови взаємодії подрібнюваного матеріалу з робочими органами молоткового барабана та елементами деки;
3. Результати експериментальних досліджень процесу подрібнення концентрованих кормів двоступеневим подрібнювачем дозволяють зробити такі висновки: Двоступінчастий подрібнювач кормового зерна здатний подрібнювати зернівки м'ятликових і бобових культур, забезпечуючи зміст заданої фракції не менше ніж 76% від загальної маси. Вміст фракції (0-1,0) мм не перевищує 7,4%. Результати визначення коефіцієнтів прокочування фракцій подрібненого зерна показали їх збільшення зі зменшенням модуля помелу і для цілих зерен становить 0,25-0,28, що гарантує виконання умови прокочування (залежність 2.18 та рисунок 3.4).
4. На підставі нормативної документації та відповідно до вимог охорони праці ми провели обстеження розробленого подрібнювача зерна, виявили вплив небезпечних та шкідливих факторів на оператора та для їх запобігання запропонували відповідні заходи. Для розробленого кормозбирального комбайна наведено правила безпечного виконання робіт та наведено порядок дій в екстрених випадках.
5. Техніко-економічна оцінка удосконаленого подрібнювача показала, що в порівнянні з базовим він має переваги за експлуатаційними витратами. Економія експлуатаційних витрат склала 18288,846 грн., за рахунок зменшення витрат на оплату праці та енергоресурси, строк окупності – 0,22 роки.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**ІНЖИНІРИНГ АГРОПРОМИСЛОВОГО
ВИРОБНИЦТВА**

Всеукраїнська студентська науково-практична конференція

Дніпро, 2021

УДК 631:62-5

Інжиніринг агропромислового виробництва: матеріали Всеукр.
І 62 студ. наук.-практ. конф. (1-2 грудня 2021 р., м. Дніпро). – Дніпро:
ДДАЕУ, 2021. – 80 с.

У збірнику представлені наукові матеріали Всеукраїнської науково-практичної студентської конференції «Інжиніринг агропромислового виробництва» (zareestrovano в УкрІНТЕІ, 8.11.2021, № 904). Тематика наукових матеріалів присвячена питанням розроблення та впровадження інноваційних технологій та технічних засобів агропромислового виробництва.

Наукові матеріали надані в авторській редакції з дотриманням стилю автора. За фактичний матеріал і його інтерпретацію відповідальність несуть автори та наукові керівники.

Адреса оргкомітету:

Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Сергія Єфремова, 25
тел. (050) 970-16-90, Дніпровський державний аграрно-
економічний університет, кафедра механізації виробничих
процесів у тваринництві, dudin.v.yu@dsau.dp.ua

© ДДАЕУ, 2021

© Автори публікацій, 2021

Ріпний В.О. РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИЩУВАЧА СТІЙЛ	66
Черненко К.К. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОРЕНЕПЛОДІВ	69
Івлєва В.В. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШЕСТЕРЕННОГО ГРАНУЛЯТОРА КОРМІВ	72
Наливайко М.Я. ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ	75
Лагунін Р.В. КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ГОДІВЛІ ВРХ	78
Хрущ В.В. РІВЕНЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІКОРМІВ В УКРАЇНІ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ ЇХ ПРИГОТУВАННЯ	80
Панкєєв П.М. ПЕРСПЕКТИВИ ПРАКТИЧНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНОГО ОБПРИСКУВАННЯ	82

УДК 631.36

РІВЕНЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІКОРМІВ В УКРАЇНІ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ ЇХ ПРИГОТУВАННЯ

Хрущ В.В.

здобувач вищої освіти СВО Магістр,
ОПП Агроінженерія, ІТФ ДДАЕУ

Науковий керівник – Івлєв В.В.,
кандидат технічних наук, доцент

Відомо, що продуктивність сільськогосподарських тварин на 50...60 % залежить від якості кормів. Що стосується свиней та птиці, то в Україні переважає сухий тип годівлі з використанням концентрованих кормів, при цьому більше 80 % птиці годують повнораціонними комбікормами (рис. 1) [1].



Рисунок 1 - Питома вага спожитих повнораціонних комбікормів у загальній кількості концентратів у с-г. підприємствах за видами худоби та птиці у 2020 році

В галузі свинарства цей показник значно нижчий і заходиться на рівні 20...22 %. Це можна пояснити тим, що біля 60 % всього поголів'я свиней в Україні зосереджено в господарствах населення та на малих (до 1000 голів) фермах [1] де годівлю тварин переважно здійснюють концентрованими кормами в чистому вигляді без приготування

Інжиніринг агропромислового виробництва

кормосумішей. З рис. 1 можна зробити висновок, що найбільше споживання концентратів спостерігається в галузі свинарства, при цьому доля повнораціонних комбікормів досить низька – 22 %. Це пояснюється відсутністю або недоступністю обладнання для їх приготування на фермах з невеликим поголів'ям, хоча в Україні вони складають більшість (рис. 2 та 3), а саме змішувачів сипких кормів, які могли б використовуватись на малих фермах.

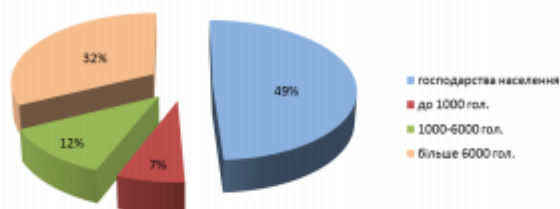


Рисунок 2 – Розподіл поголів'я свиней за категоріями та видами господарств

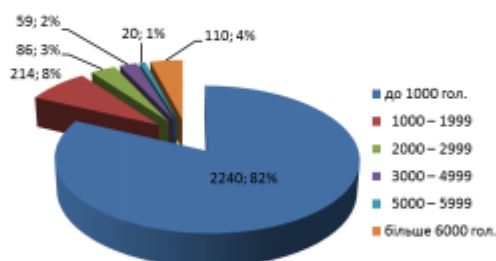


Рисунок 3 - Групування сільськогосподарських підприємств за наявністю поголів'я свиней

При цьому такі змішувачі повинні бути надійні, прості в експлуатації та забезпечувати необхідну якість процесу приготування комбікормів - високу однорідність процесу змішування.

Список використаних джерел:

1. Статистичний збірник: Тваринництво України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: [http://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2015/zb/05 /zb_tu_pdf.zip](http://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2015/zb/05/zb_tu_pdf.zip). – Назва з екрана.