

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Аграрний факультет  
(назва факультету)

кафедра механізації виробничих процесів у АПК  
(назва кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
напряму підготовки/спеціальності 208 «Агроінженерія»

на тему: «Вдосконалення конструкції молоткової дробарки лінії  
приготування концентрованих кормів»

Здобувач вищої освіти групи AI2913  
Щербак Є. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Чаплигін Є.М.  
(прізвище та ініціали)

м.Київ, 2023

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля

Факультет \_\_\_\_\_ Аграрний факультет  
Кафедра \_\_\_\_\_ Кафедра механізації виробничих процесів у АПК  
Освітній рівень \_\_\_\_\_ бакалавр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 208 «Агроінженерія»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри механізації виробничих процесів у АПК,  
канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Вадим ВОЛОХ  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Щербак Євгену Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Вдосконалення конструкції молоткової дробарки лінії приготування концентрованих кормів»

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Чаплигін Євген Миколайович, к.с.-г.н., доцент

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

затверджено наказом СНУ ім. В.Даля від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи: учбова та довідкова література, нормативні документи, наукові джерела; державні стандарти та технічні вимоги лінії приготування концентрованих кормів; технологічні особливості приготування концентрованих кормів; аналіз конструкції молоткових дробарок; електронні видання;

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Технологічна частина. Аналіз вибору оптимальної технології, машин і обладнання для приготування концентрованих кормів

Розділ 2. Конструктивна частина. Вдосконалення конструкції молоткової дробарки лінії приготування концентрованих кормів та провести конструктивний розрахунок її основних частин

Розділ 3. Розглянути питання з охорони праці та безпека у надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Розділ 4. Провести техніко-економічний розрахунок модернізованої молоткової дробарки

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Аналіз способів і засобів подрібнення концентрованих кормів
2. План кормового цеху та схема технологічної лінії подрібнення кормів
3. Загальний вид молоткової дробарки
4. Креслення вузла дробарки
5. Креслення деталей дробарки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 02.05.2023

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Огляд нормативних та наукових джерел за тематикою роботи</i>	08.05.2023	
2.	<i>Аналіз існуючого стану технологічного процесу лінії приготування концентрованих кормів</i>	12.05 2023	
3.	<i>Конструкторські розрахунки основних робочих вузлів та деталей модернізованої молоткової дробарки</i>	20.05.2023	
4.	<i>Розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях у кормовому цеху</i>	25.05.2023	
5.	<i>Техніко-економічні розрахунки дозатора</i>	27.05.2023	
6.	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	30.06.2023	
7.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи до захисту</i>	02.06.2023	

Здобувач вищої освіти

( підпис )

Щербак Є.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

( підпис )

Чаплигін Є. М.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	5
Розділ 1 Призначення технологічної лінії приготування кормів та характеристика умов роботи .....	7
1.1 Призначення технологічної лінії приготування кормів.....	7
1.2 Зоотехнічні вимоги до виконання технологічного процесу .....	10
1.3 Фізико-механічні властивості подрібнювальної сировини .....	11
Розділ 2 Конструктивна частина .....	15
2.1 Аналіз способів та засобів виконання процесу подрібнення .....	15
2.2 Обґрунтування технологічної схеми та конструкції дробарки ..	24
2.3 Конструктивний розрахунок дробарки.....	28
2.4 Розрахунок основних деталей дробарки на міцність .....	37
Розділ 3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	40
3.1 Розробка карти контролю показників безпеки дробарки .....	40
3.2 Загальні правила техніки безпеки при експлуатації дробарки ..	42
Розділ 4 Економічне обґрунтування використання дробарки .....	47
Висновок .....	56
Список використаних літературних джерел .....	57
Додатки.....	60

## ВСТУП

«Тваринництво є найважливішою галуззю сільськогосподарського виробництва. На тваринництво приходить 65% виробничих фондів с/г підприємств та біля 70% трудових ресурсів.

Головним завданням розвитку галузі вважається світове поглиблення спеціалізації та концентрації виробництва, постійна модернізація і покращення технічного оснащення галузі з врахуванням використання нової техніки та промислової технології» [3].

«Збільшення виробництва продуктів тваринництва та зниження їх вартості в сучасних умовах можливо при подальшій інтенсифікації усіх галузей сільського господарства шляхом впровадження прогресивних технологій на базі комплексної механізації та автоматизації процесів. Визначними критеріями виробничої діяльності галузей становляться якість продукції, зниження витрат праці, рентабельність та захист навколишнього середовища.

Це вирішується шляхом додержання трьох основних умов: використання високопродуктивних тварин; забезпечення їх кормами (по якості та кількості), що відповідають вимогам повноцінного годування та заданій продуктивності тварин; створення оптимальних умов тваринам; підтриманням оптимальних умов мікроклімату» [4].

«Для цього виконується оснащення сільськогосподарських підприємств новою більш сучасною технікою, збільшуються капітальні вкладення пов'язані з забезпеченням необхідних умов для нормального функціонування виробництва з урахуванням підрядних та орендних форм організації праці. Вирішуються питання виробництва машин та обладнання для малих та сімейних ферм. Впроваджуються розробки машин ферм - автоматів з використанням мікропроцесорної техніки, покликаних відчутно збільшити продуктивність праці в тваринництві» [4].

Таким чином, комплексна механізація та автоматизація тваринництва стала соціальною та економічною потребою нашого суспільства. Вдале використання техніки в конкретних умовах виробництва продукції тваринництва потребує систематичного підвищення кваліфікації спеціалістів, механізаторів та операторів тваринницьких ферм та комплексів. Використовувати засвоєння та внесення передових методів використання сучасної техніки. Проводити знання сучасних тенденцій вдосконалення технологій високоефективного виробництва тваринницької продуктивності. Здійснювати достатньо обґрунтованого визначення комплектів машин та обладнання для переробки та приготування кормів, операцій по догляду за тваринами, машинного доїння корів та первинної обробки молока, збору та переробки гною. Необхідно мати визначне поняття про основу автоматизації виробничих процесів у тваринництві.

## РОЗДІЛ 1

### ПРИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ РОБОТИ

#### 1.1 Призначення технологічної лінії приготування кормів

«Важливою умовою високоефективного використання кормів при виробництві продукції тваринництва є годування тварин і птиці повноцінними кормовими сумішами, збалансованими за поживними речовинами, вітамінами і мікроелементами у відповідності до запланованої продуктивності. Особливе місце при цьому відводиться якості обробки кормів - подрібнення, яка прямою мірою впливає на приготування повноцінної кормової суміші, від чого залежить продуктивність тварин і птиці. Тому оцінка якості роботи подрібнювачів необхідна як при їхній експлуатації, так і при проектуванні нових» [5].

«Подрібненням називається процес поділу механічним шляхом твердого тіла на дією зовнішніх сил, що перевищують сили частини, тобто під молекулярного зчеплення.

При подрібненні концентрованих кормів використовують спосіб – дроблення ударом по матеріалу за допомогою подрібнюючого апарату машини.

Для подрібнення концентрованих кормів використовують молотковий механізм подрібнюючого апарату, який включає: молотковий барабан на якому знаходяться основні робочі інструменти – молотки, молотковий барабан оточує решето і ударні деки» [5].

«Технологічна ефективність процесу гранулометричної підготовки сировини при виробництві комбікормів залежить від зменшення частки пилу, підвищення однорідності помелу, зниження енергоємності. Підвищити технологічну ефективність цього процесу можливе шляхом

багатоступеневого подрібнення зерна з проміжним контролем крупності, створення нових подрібнюючих машин.

На сучасному етапі розвитку комбікормової промисловості вимоги до подрібнення сировини посилюються. За вимогами тваринників комбікормові підприємства повинні виробляти так званий «структурований» корм, який відповідає вимогам тварини. Тому за рахунок подрібнення повинна збільшуватись засвоюваність корму, частки повинні мати вирівняний гранулометричний склад, не сприяти виникненню виразок і пошкоджень шлунку, а вміст пиловидних фракцій має бути мінімальним, тому що сухий корм у пиловидному стані не відповідає фізіології тварини, викликає підвищення витрат енергії на подрібнення і забруднює навколишнє середовище» [5].

«До нових розробок, що вирішують цю проблему, належить двоступеневе подрібнення компонентів, в першу чергу, зернових з використанням молоткових дробарок, вальцьових верстатів та просіваючих машин. Подрібнення компонентів можна організувати за наступними варіантами:

- 1 – молоткова дробарка – просіваюча машина – молоткова дробарка;
- 2 - молоткова дробарка – просіваюча машина – вальцьовий верстат;
- 3 - вальцьовий верстат - просіваюча машина - вальцьовий верстат.

На комбікормових підприємствах використовуються тільки перші два варіанти. Потрібна крупність при цьому забезпечується як за рахунок установа сит з отворами потрібних розмірів, так і шляхом використання відповідних решіт у просіваючих машинах» [6].

«При подрібненні зерноsumіші по першому варіанту кількість дрібної фракції (прохід сита Ø1 мм) становить 32-35%. При подрібненні такого продукту за один прохід при задоволенні вимогам стандарту за вмістом цілих зерен, проходова фракція сита Ø1 мм становить 50%. При подрібненні ячменя спостерігається крупний розмел (на 4-6%). Кращі результати спостерігаються з використанням вальцьового верстату на другому ступеню



– гранулометричний склад продуктів подрібнення є найбільш вирівняний, тому що вміст дрібної фракції – прохід сита Ø1 мм – становить не більше 35%, а кількість цілих зерен в подрібненому продукті не перебільшує вимог стандарту. Питомі витрати електроенергії при таких варіантах двоступеневого подрібнення був нижчий на 25-30% у порівнянні з одноступеневим подрібненням» [6].

«Перспективним напрямом удосконалення процесу подрібнення зерна є створення нових подрібнюючих машин: дискових дробарок, дезінтеграторів, пальцевих подрібнювачів та ін.

За кордоном виробляють дискові дробарки для зерна, які забезпечують регульовану ступінь подрібнення компонентів з одночасним невеликим споживанням електроенергії і низьким рівнем пилу та шуму. В дисковій дробарці зерно подрібнюється двома дисками з профільними розмельними елементами із карбіду вольфраму. Основні переваги дискових дробарок такі:

- однорідна структура продуктів розмелу;
- низьке у порівнянні з аналогами питоме енергоспоживання;
- низький рівень шуму;
- висока міцність розмельних частин обладнання, що в 2-3 рази перебільшує міцність стандартної загартованої сталі молоткових дробарок;
- відсутність необхідності у змінних ситах, що регулюють крупність продукту;
- можливість плавного регулювання відстані між дисками для одержання продукту потрібної крупності» [6].

«Дія фізичної моделі дробарки зводиться до наступної. Молотки барабана, переміщаючись з великою швидкістю в продуктово-повітряному шарі, завдають по шматках матеріалу ударів, внаслідок чого шматки відкидаються на решето і «випробовуються на прохід» через нього. Під «випробуванням на прохід» розумітимемо кожен випадок відкидання

шматка, або частинки, на решето. Якщо розміри частинок дозволяють їм проходити через отвори решета, то з часом такі частинки «поглинаються» решетом, тобто «гинуть», покидаючи дану систему. Якщо частинка через решето не проходить, то вона відбивається від нього, як від екрану, і знов потрапляє в зону дії молотків. Після ряду ударів і віддзеркалень шматок розпадається на більш дрібні частини» [6].

## **1.2 Зоотехнічні вимоги до виконання технологічного процесу подрібнення**

«Зоотехнічними вимогами обумовлені такі операції щодо приготування концентрованих кормів:

1) Очищення від землі, каміння, насіння бур'янистих рослин і соломистих домішок на зерноочисних машинах (сепаратори, бурати, грохоти тощо) і від металевих домішок – на магнітних сепараторах.

Зміст мінеральних домішок (піску) у комбікормах припускається не більше: 0,3% - для курчат, поросят-від'ємишів і телят молочного періоду; 0,5% - для молодняку великої рогатої худоби і свиней; 0,7% - для корів і овець. У трав'яному борошні припускається вміст піску не більше 1 %» [7].

«Вміст металоманітних домішок розміром до 2 мм із негострими краями допускається не більше 30 мг на 1 кг корму. Комбікорм, що містить металоманітні домішки в кількості, що перевищує припустиму норму, не придатний до згодовування, тому що може викликати важкі захворювання тварин. Особливо небезпечні великі металеві частки з гострими ріжучими крайками.

Подрібнення до заданої крупності різними способами на дробарках, або млинах - плющилках. Зоотехнічні вимоги до підготовленого зернового корму передбачають розміри часток: для великої рогатої худоби – не вище 3 мм, для свиней – до 1 мм, для птиці – до 2...3 мм при сухій годівлі і до 1 мм, якщо годівлю роблять вологими мішанками» [7].

«Стандарт на комбікорми, борошно та отруби визначає 3 ступеня розмелення, що характеризуються середніми розмірами часток (модуль): від 0,2 до 1 мм – дрібне розмелення, від 1 до 1,8 мм – середнє і від 1,8 до 2,6 мм – велике розмелення.

Дозування і змішування компонентів при готуванні кормових сумішей за рецептами на спеціальних дозаторах і змішувачах універсальних комбікормових агрегатів.

Однорідність складу забезпечує однакову живильну цінність всієї отриманої кормової суміші. Для зернових кормів показник однорідності суміші повинен бути не меншим 90...95% (у залежності від призначення за видом і віком тварин).

Гранулювання кормових, зернових або сумішей трав'яного борошна на прес-грануляторах» [7].

### **1.3 Фізико-механічні властивості подрібнювальної сировини**

#### *1.3.1 Статичні характеристики властивостей концентрованих кормів*

«В процесі роботи машин для приготування корму, корм піддається різним діям робочих органів і впливу навколишнього середовища (вологість, тиск, температура повітря і ін.). В результаті змінюються їх механічна структура, фізичні і хімічні властивості. Серед цілеспрямованих дій робочих органів переважають механічні, при яких змінюються форма, розміри, властивості і фізичні стани кормів, що переробляються.

Вперше робочі діаграми стиснення в координатах зусилля - деформація для зерен фуражних культур були отримані проф. С. В. Мельниковим. На їх основі ним були побудовані діаграми напруги в координатах дійсна напруга - відносна деформація» [8].

«Типові робочі діаграми стиснення зернівки ячменю представлені на малюнку 1.1, а їх реалізація - на малюнку 1.1, б.

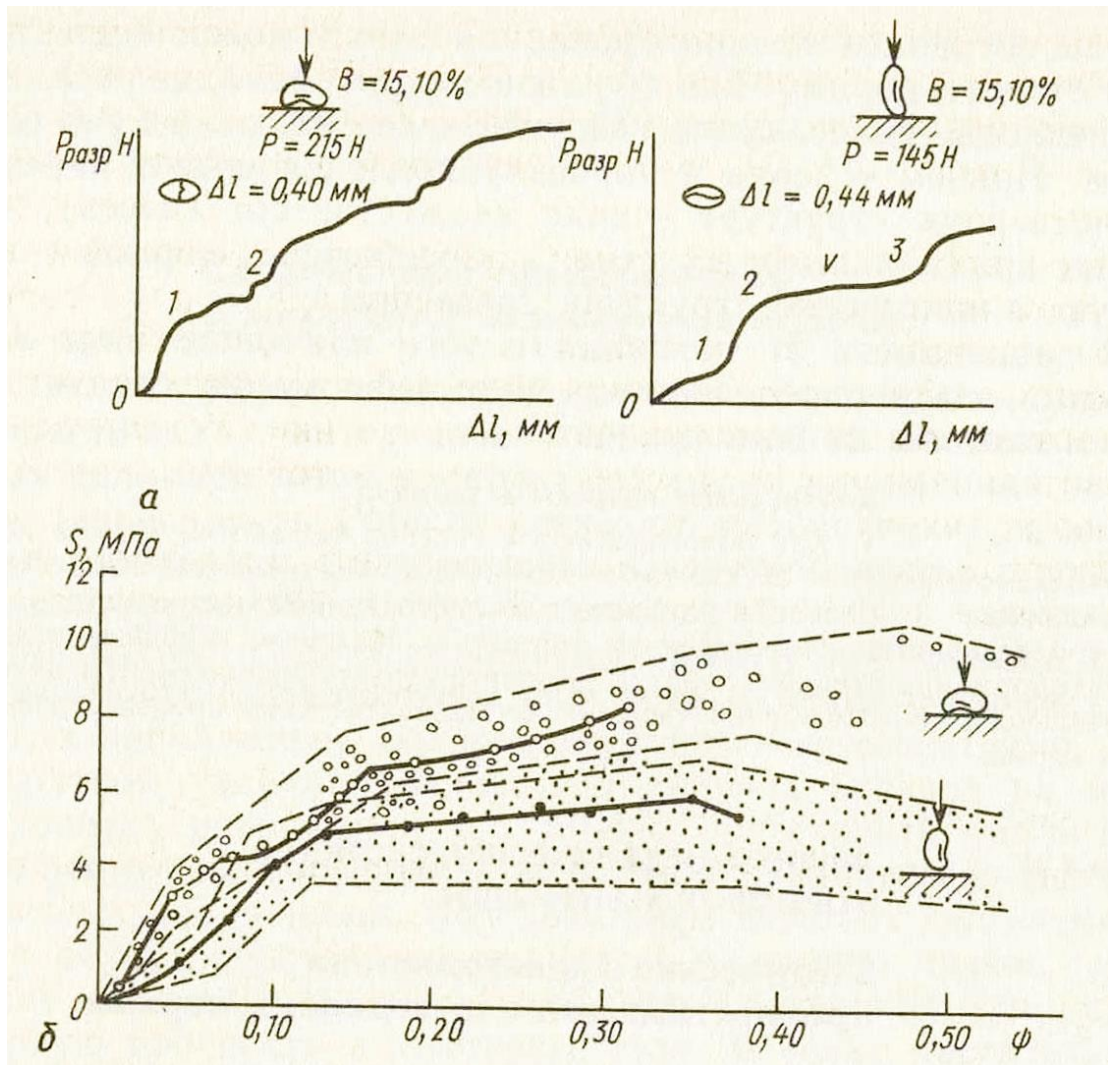


Рисунок 1.1 - Діаграма стиснення зернівки ячменю (а) і її реалізації (б)

$P_{разр}$  – зусилля руйнування;  $\Delta l$  – деформація;  $B$  – вологість;

$S$  – тиск;  $\psi$  – відносна деформація» [5].

«Робочі діаграми зовні нагадують криві для м'яких металів. Вони відзначають три характерні етапи в розвитку деформацій в матеріалі аж до руйнування. Початковий етап (0 - 1) характеризується крутим підйомом кривої і переважанням пружних деформацій. Другий етап (1 - 2) відмічений яскраво-вираженою зміною наряду кривій, що свідчить про наявність внутрішніх зрушень і швидкий розвиток пластичних (структурних) деформацій в зернівці. Подальше збільшення навантаження приводить до

третього, кінцевого, етапу (2-4), який завершується руйнуванням оболонок з утворенням глибокої відкритої тріщини (найчастіше в поперечному напрямі).

Міцність одиничних зерен оцінюється величиною руйнуючої напруги  $\sigma_{разр}$  (Па), рівного тимчасовому опору при стисненні. Із зернових культур найбільшою міцністю володіє ячмінь. Ця основна фуражна культура може бути прийнята за еталон для порівняльної оцінки» [5].

«За наслідками вимірювань кута а нахилу кривої стиснення в пластичній області встановлено, що для зерен злакових культур модуль пластичності рівний 9,5...10 МПа.

В'язкість матеріалу характеризується площею діаграми стиснення, а показником в'язкості служить питома робота  $a_{разр}$  руйнування, рівна площі діаграми, віднесеної до одиниці об'єму деформованого тіла. При загальній мінливості показників міцності зерна значення питомої роботи для зерен різних культур виявилися відносно стабільними ( $a_{разр} = 0,7...0,9$  Дж/м<sup>3</sup>) і можуть служити загальною характеристикою енергоємності зернових кормів. Із зерен злакових культур найбільш в'язкою є жито, за нею слідують ячмінь і овес» [5].

### *1.3.2 Динамічні характеристики властивостей концентрованих кормів*

«Стосовно технології подрібнення кормів найбільший інтерес представляють показники міцності, отримані в умовах динамічних вантажень з урахуванням швидкості деформації.

Розглядаючи явища удару пружних тіл, академік В. П. Горячкин відзначає наявність двох фаз - фази зближення тіл і фази їх відштовхування. При не цілком пружному ударі частина енергії витрачається на пластичні деформації і руйнування матеріалу, тому фаза відштовхування виявляється менше фази зближення» [5].

«За даними спостережень, загальний час зіткнення (двох фаз) для зерен ячменю (вологість 13...15%) варіює в межах  $4,8 \cdot 10^{-5}...7,3 \cdot 10^{-5}$  і в середньому складає  $6,25 \cdot 10^{-5}$  с. Це час зіставно з тривалістю зіткнень

металевих куль. Динамічна межа міцності в середньому виявилася рівною  $\sigma_{e.d.} = 12,73$  МПа при варіюванні 11,5...13,8 МПа. Слід зазначити відносну стабільність значень  $\sigma_{e.d.}$ , що відзначається коефіцієнтом варіації  $v_d = 4,7\%$  (проти  $v = 14,6\%$  при статичних випробуваннях).

Властивості більшості матеріалів підвищувати свою міцність із збільшенням швидкості вантаження в рівній мірі властиво і зерну.

На питання про те, при яких швидкостях одноразового удару відбудеться обов'язкове руйнування зерна, відповідають дані експерименту, проведеного на балістичному маятнику. В результаті багатократних дослідів встановлено, що при швидкості удару 26,1 м/с руйнується тільки 18% зерен ячменю, при швидкості 65,5 м/с - 65% і лише при швидкостях удару 100...114 м/с відбувається гарантоване руйнування всіх зерен» [5].

## РОЗДІЛ 2

### КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

#### 2.1 Аналіз способів та засобів виконання технологічного процесу подрібнення

«Для подрібнення кормів основними машинами є подрібнювачі ударної дії – *молоткові дробарки*. Простота будови, висока надійність у роботі, компактність, динамічність робочих режимів, високі швидкості робочих органів обумовили можливість їхнього широкого застосування. Основними ж недоліками є висока енергомісткість, можливість додаткового подрібнення часток, інтенсивне спрацювання робочих органів.

Типові схеми молоткових дробарок сільськогосподарського призначення зображено на рисунку 2.1. Дробарка складається з корпусу із завантажувальною горловиною, молоткового барабана з шарнірно підчепленими молотками, решіт і дек» [9].

«Залежно від організації робочого процесу у робочій камері розрізняють дробарки відкритого (рисунк 2.1 а), закритого (рисунк 2.1 б) типів. У дробарках відкритого типу матеріал з дробильної камери швидко видаляється, не замикаючи при своєму переміщенні кола. У таких дробарках подрібнюється головним чином шматковий сухий матеріал (гранули, крейда, черепашник, сіль). Основним механічним фактором процесу є вільний удар молотків по шматках значної маси.

У дробарках закритого типу решето і деки охоплюють увесь барабан, і матеріал, який надходить у дробильну камеру, під час свого переміщення виконує багаторазові колові рухи, розмішуючись у камері у вигляді пухкого продукто-повітряного шару. Матеріал подрібнюється під час багаторазової ударної дії молотків і стирання при польоті їх у середовищі шару, що рухається.

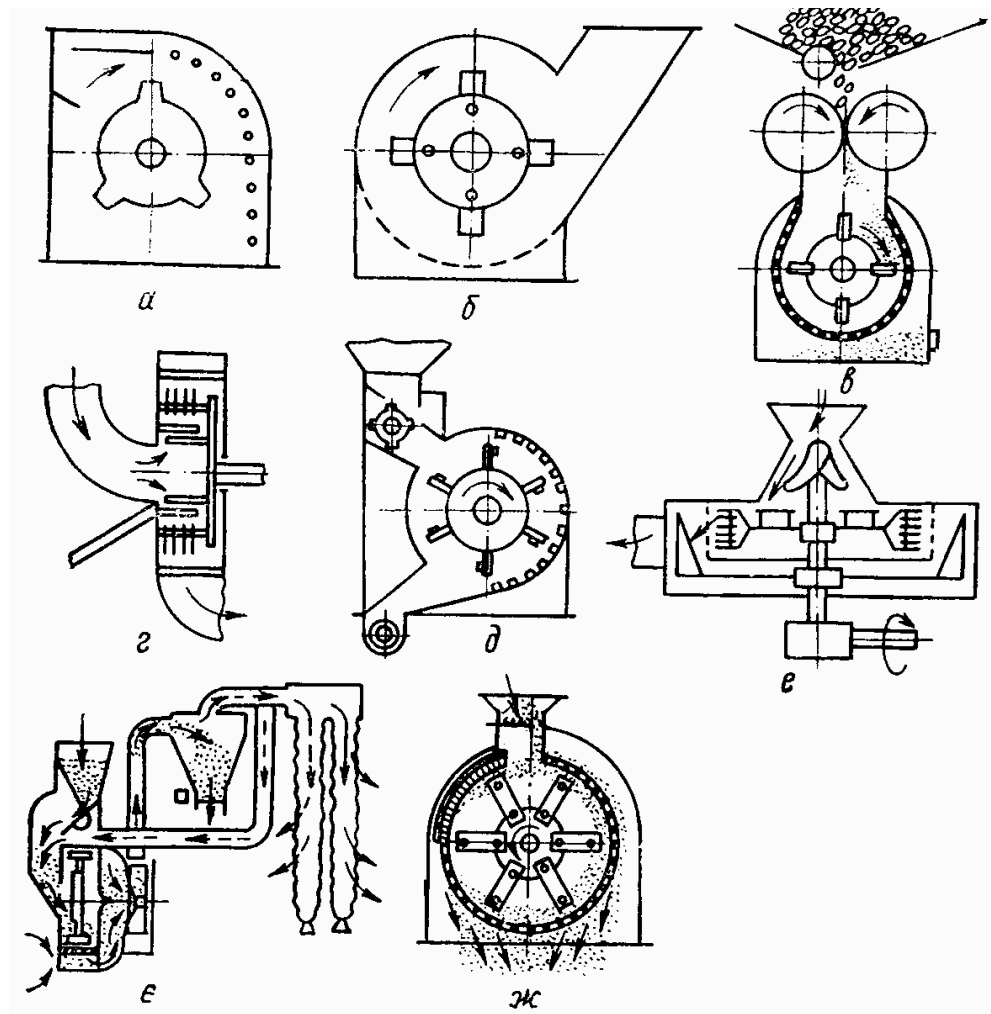


Рисунок 2.1 - Конструктивно-технологічні схеми молоткових дробарок:

а – відкритого, б – закритого типу, в, г – двохстадійні,  
 д – з жорстким кріпленням робочих органів, е – горизонтальна,  
 в – із замкнутим повітряним потоком, ж – із шарнірним кріпленням  
 робочих органів» [9].

«Дробарка безреши́тна ДБ-5 (рисунок 2.2) призначена для подрібнення фуражного зерна вологістю не більше 17% для різних видів і статево-вікових груп тварин.

Дробарка виробляється у двох модифікаціях:

– як самостійна машина - ДБ-5-1 (укомплектована завантажувальним і вивантажувальним шнеками);



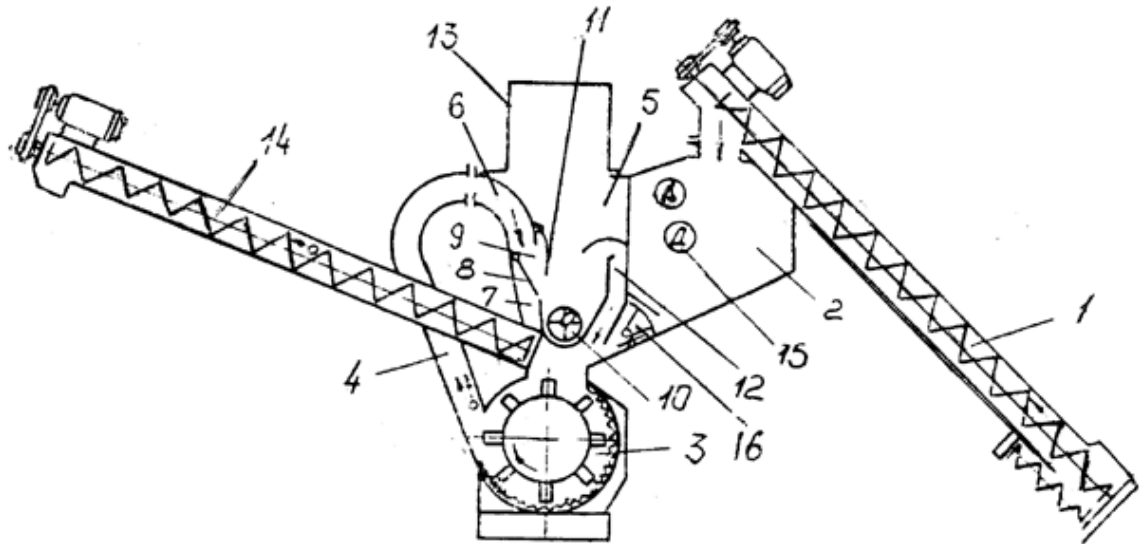


Рисунок 2.2 - Технологічна схема дробарки ДБ - 5.

1- шнек завантажуючий; 2- бункер; 3- камера подрібнювання;  
4- кормопровід; 5- розподільна камера; 6- дефлектор; 7- зворотній канал; 8- заслінка; 9- вікно для проходу готового продукту; 10- шнек дробарки; 11- козирок; 12- рециркуляційний канал для повітря;  
13- фільтр; 14- вивантажувальний шнек; 15- датчики верхнього і нижнього рівнів; 16- заслінка» [9].

«Дробарка складається з таких основних частин: ротору з молотками, корпусу, бункеру з датчиками верхнього і нижнього рівнів, розподільної камери, рами і механізмів приводу.

Технологічний процес подрібнення відбувається таким чином: фуражне зерно завантажується в бункер, де за допомогою датчиків рівня підтримується необхідна його кількість вмиканням і вимиканням завантажувального транспортера. Подача зерна в камеру подрібнення регулюється автоматично поворотом заслінки за допомогою окремого механізму приводу або вручну важелем. При ручному управлінні контроль завантаження виконується за допомогою амперметра. Механізм управління заслінкою обладнано електромагнітною муфтою, яка при відмиканні струму

роз'єднує вал заслінки і механізм привода, заслінка падає, перекриваючи доступ зерна у камеру подрібнення» [9].

«У камері подрібнення знаходиться ротор із молотками і деки, за допомогою яких зерно розбивається на частки, які кормопроводом 4 потоком повітря подається в розподільну камеру 5. У розподільній камері заслінкою 8 і козирком 11 подрібнений матеріал поділяється на фракції: подрібнений до необхідного розміру направляється на шнек 10 і вивантажується шнеком 14, інші по каналу 7 потрапляють на подальше подрібнення. Надлишок повітря через фільтр 13 виходить в атмосферу» [9].

«Регулювання ступеня подрібнення проводиться за допомогою зміни положення заслінки 8 і козирка 11. Заслінка 8 призначена для регулювання якості при подрібненні зерна основних фуражних культур (ячменя, пшениці, гороха, кукурудзи) і зернових сумішей кондиційної вологості. Козирок 11 використовується при подрібненні вівса, а також некондиційного зерна інших культур (вологе, пріле). Керування заслінкою і козирком використовується за допомогою важелів, розміщених на зовнішній стінці бункера. Козирок має чотири робочих положення (1, 2, 3, 4), а заслінка – вісім (1...8). Для дрібного помолу козирок і заслінку встановлюють у положенні 1. Для середнього помолу заслінка встановлюється у положенні 5, а козирок – 4. Для грубого помолу козирок встановлюють в положенні 4, а заслінка – 8. У залежності від потреб і від того, яке зерно подрібнюється, можна встановлювати і проміжні положення для отримання необхідного помолу» [9].

*«Дробарка кормів ДКМ - 5* призначена для подрібнення зерна і грубих кормів у технологічних лініях приготування кормів.

Вона складається з таких основних вузлів: дробарки, завантажувального шнека, вивантажувального шнека, шафи управління і підставки під вивантажувальний шнек.

Процес подрібнення фуражного зерна проходить у відповідності до функціональної схеми (рисунок 2.3).

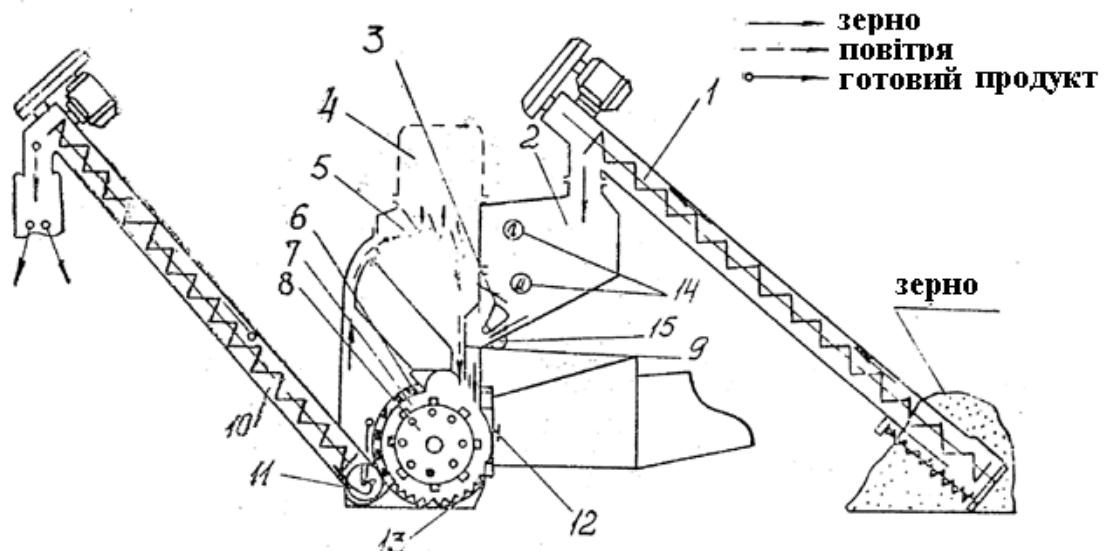


Рисунок 2.3 - Функціональна схема дробарки ДКМ – 5 (робота при подрібненні зерна): 1- шнек завантажуючий; 2 – бункер; 3- заслінка; 4- фільтр; 5- пилевідокремлювач; 6- змінне решето; 7- камера подрібнення; 8- ротор; 9- заслінка; 10- шнек вивантажуючий; 11- шнек дробарки; 12- кришка; 13 – деки; 14- датчики рівня; 15- магнітний сепаратор» [9].

«Зерно подається з бункера завантажувальним шнеком 1 в бункер 2. Завантаження бункера регулюється датчиками верхнього і нижнього рівнів 14. З бункера через щілину між заслінкою 3 і похилою нижньою стінкою зерно проходить через магнітний сепаратор 15 у дробильну камеру, де подрібнюється за допомогою молотків і дек 13. Подрібнений продукт через змінне решето 6 потрапляє в горизонтальний шнек дробарки 11, який подає його у вивантажувальний шнек 10. Надлишок повітря, який створюється ротором, із-за решітного простору надходить в камеру пилевідокремлювача 5 і частково викидається через фільтр 4. При подрібненні зерна отвір для подачі грубих кормів перекривають кришкою 12 з декою, живильник вимикається» [9].

«Вологість зерна повинна бути в межах 12-14%. При подрібненні вівса вологістю більше 12% використовують решета з діаметром отворів 16 мм.

Молоткова реверсивна дробарка А1-ДДР (рисунок 2.4) призначена для подрібнення зерна злакових і півчастих культур, а також шроту і кускової макухи.

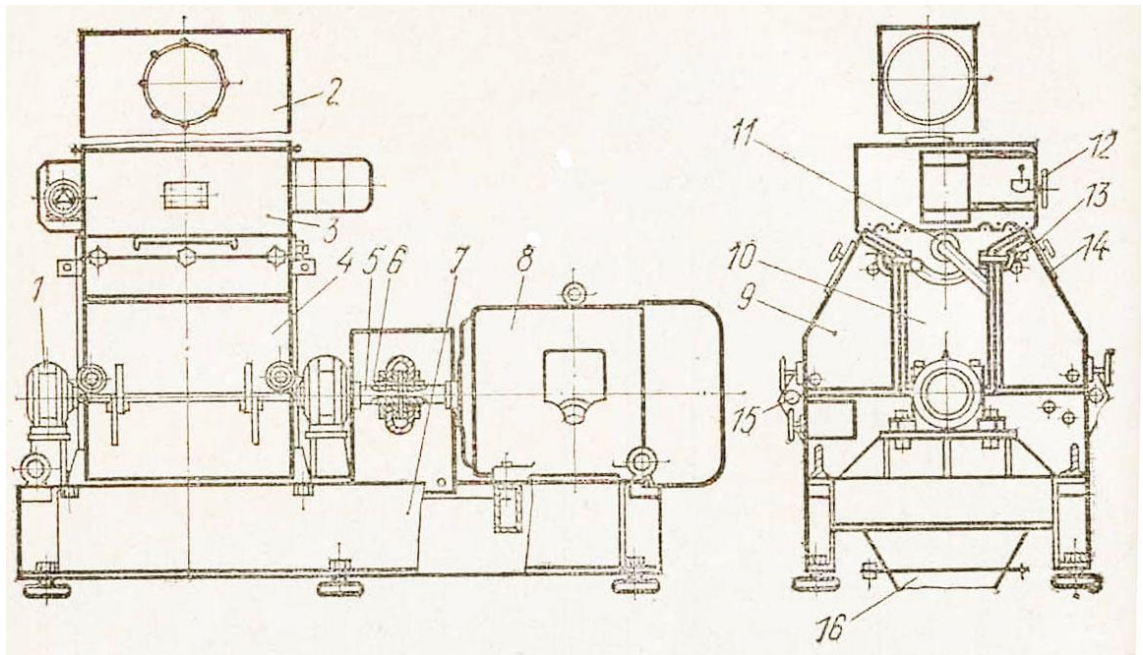


Рисунок 2.4 – Молоткова дробарка А1-ДДР: 1 – підшипник; 2 – розширююча камера; 3 – живник; 4 – основа; 5 – вал; 6 – муфта; 7 – станина; 8 – електродвигун; 9 – кришка; 10 – середня частина корпусу; 11 – важиль; 12 – механізм регулювання; 13 – бовт; 14 – дверцята; 15 – петля; 16 – бункер» [9].

«На станині дробарки закріплені за допомогою болтів підстави, корпуси підшипників валу ротора і електродвигун. До направляючих усередині підстави за допомогою затискного стрічкового механізму кріплять решето.

До підстави за допомогою петель 15, а до середньої частини корпусу - за допомогою болтів 13 прикріплено дві відкидні кришки 9. У них на осях встановлено дві деки, кожна з яких може бути притиснута в робочому положенні до направляючих або займає неробоче положення при установці решета. Кожна кришка у верхній частині має пастку для уловлювання крупних частинок, яка закривається дверцями 14» [9].

«Усередині корпусу на підшипниках 1 встановлений ротор. Він є валом 5, в центральній частині якого насаджені диски. Між дисками на осях шарнірно встановлені молотки і кільця розпорів. Ротор сполучений з валом електродвигуна еластичною муфтою 6. На корпусі закріплений живильник, що здійснює безперервну рівномірну подачу сировини в зону дроблення при автоматичному або ручному регулюванні завантаження дробарки. Полягає живильник з корпусу, усередині якого змонтовані живлячий патрубок, заслінки з маховиком 12 регулювань її положення, і виконавчого механізму. Заслінка переміщається або уручну маховиком, або при автоматичному управлінні - виконавчим механізмом. На живильнику змонтована розширювальна камера з вибухово розрядним пристроєм. Продукт підводять до патрубку живильника самотечною трубою із засувкою.

Перекидна заслінка у верхній частині дозволяє направляти продукт в дробарку залежно від напрямку обертання ротора. Заслінку повертають за допомогою важеля 11» [9].

«Подрібнений матеріал видаляють з дробарки пневматичним або механічним транспортом. У першому випадку до підстави дробарки приєднують пневмоприємник з колектором для підсосу повітря і заслінкою, в другому - приєднують бункер.

Ступінь завантаження дробарки контролюють за свідченнями амперметра на пульті управління, які не повинні перевищувати величини номінального струму електродвигуна. При дистанційному керуванні завантаження дробарки регулюють за допомогою ключа дистанційного керування, а при ручному - маховиком. При монтажі дробарки встановлюють на бетонному перекритті на віброізолюючих опорах ОВ-31» [9].

«Молоткова дробарка ДМ (рисунок 2.5) застосовується для подрібнення зерна різних зернових культур, шроту і інших компонентів комбікормів. Складаються з підстави корпусу 2 і електродвигуна 6, ротора 7, правою 13 і лівою 8 відкидних кришок корпусу живильника 11, змонтованого на середній частині корпусу 3. Кришки корпусу можуть повертатися на осях,

що забезпечує вільний доступ до сита 17 і ротору 7, а також швидку заміну сита і молотків 18.

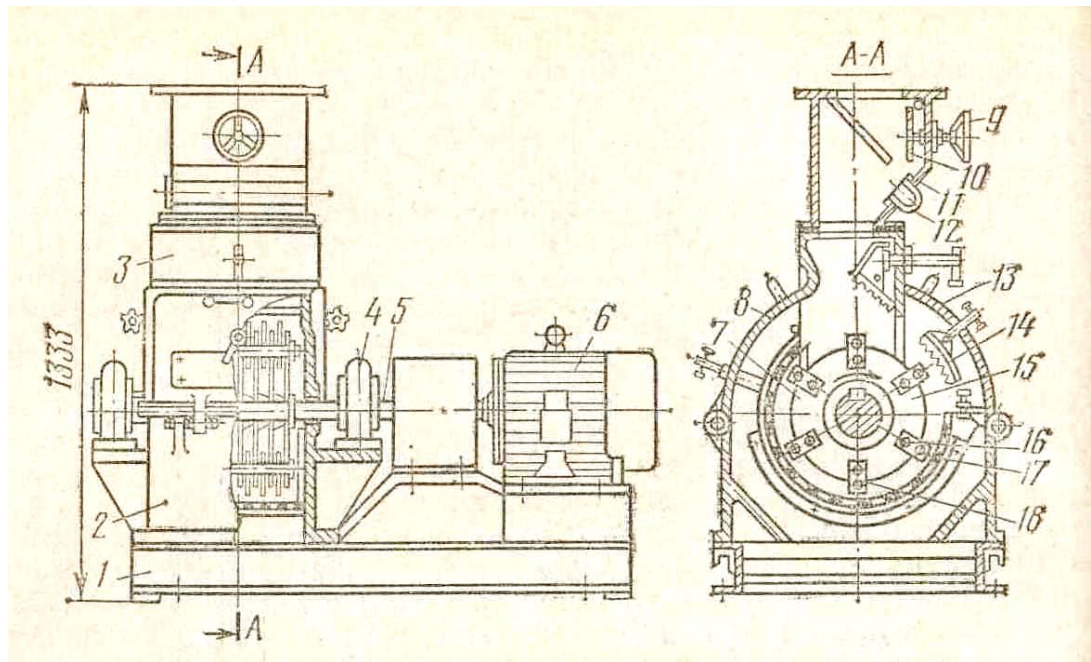


Рисунок 2.5 – Молоткова дробарка ДМ: 1 – рама; 2 – основа корпусу; 3 – середня частина; 4 – корпус підшипника; 5 – вал; 6 – електродвигун; 7 – ротор; 8 – ліва кришка; 9 – маховик; 10 – засувка; 11 – живник; 12 – магнітний захист; 13 – права кришка; 14 – дека; 15 – диск; 16 – вісь; 17 – решето; 18 – молоток; 19 – перегородка» [9].

«Ротор дробарки складається з валу 5 з насадженими на нього дисками 15, в отвори яких вставлені осі 16 з пакетами молотків. Вал ротора дробарки обертається в двох роликівих сферичних підшипниках, встановлених в чавунних корпусах 4, які закріплені на приливах підстави корпусу дробарки. Обертання ротора здійснюється від електродвигуна 6 через муфту.

У середній частині корпусу дробарки ДМ встановлена дека 14. Поперечний прилив і скат підстави деки служать для напрямку продукту і сторонніх домішок. У дробарці ДМ для цього передбачена зварна перегородка» [9].

«У правій з боку, протилежній приводу, кришці розташовані вузол підстави деки і дека. Простір між підставою деки, внутрішньою поверхнею

правої кришки і бічними стінками служить пасткою для сторонніх домішок, які потім періодично видаляють з дробарки. Регулюючи положення дек щодо ротора, добиваються необхідного ступеня подрібнення продуктів і уловлювання домішок. У лівій відкидній кришці 8 встановлюють сито, яке притискається до направляючих куточків, прикріплених гвинтами до кришки. У нижній частині корпусу також встановлено сито, що притискується сталевими регульованими стрічками до закріплених болтами усередині підстави, направляючим куточкам. Натягнення і ослаблення - автоматичне, під дією сили тяжіння правої відкидної кришки.

Живильник 11 дробарки ДМ обладнаний магнітним захистом 12, призначеним для уловлювання дрібних феромагнітних домішок; дробарка ДМ забезпечена гравітаційним живильником 11 без магнітного захисту. Живильник здійснює рівномірну подачу продукту в зону дроблення. Завантаження дробарки змінюють за допомогою заслінки 10 уручну, повертаючи маховик 9. Дробарки комплектують ситами з круглими і лускатими отворами» [9].

«Технічні характеристики обладнання для подрібнення концентрованих кормів представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики машин

Показники	ДБ-5-1	ДКМ-5	А1-ДДР	ДМ
Продуктивність, т/год, при подрібненні зерна	2...6	3,5	10...12	3
Потужність привода, кВт	30	30	100	22
Діаметр ротора, мм	500	500	630	500
Частота обертання, об/хв	2940	2940	2950	2970
Кількість молотків, шт	80	80	144	72
Діаметр отворів решета, мм	-	4,6,8,16	-	4,6,8
Місткість бункера, м <sup>3</sup>	0,06	0,06	-	-
Маса, кг	990	1280	2100	1085

Подрібнений продукт від дробарок доставляють як механічним, так і пневматичним транспортом» [9].

## **2.2 Обґрунтування технологічної схеми та конструкції дробарки**

«В даний час на тваринницьких фермах при подрібненні концентрованих кормів розповсюджені молоткові дробарки, з молотковим барабаном який розміщений в камері подрібнення.

Вибір засобів подрібнення і підготовки кормів визначається в основному наступними факторами: видом сировини і якістю готового матеріалу, складом раціону кормової суміші, високою продуктивністю технічного засобу, меншою метало- і енергоємністю» [9].

Для кваліфікаційної роботи вибираємо подрібнювач концентрованих кормів КДУ – 2. Ця дробарка відповідає зоотехнічним вимогам:

- універсальність, здатність подрібнювати всі види концентрованих кормів;
- забезпечення ступеня подрібнення у відповідності до зоотехнічних рекомендацій: розмір часток зерна при подрібненні становить 4, 6, 8, 10 мм.

«Дробарка КДУ-2 призначена для подрібнювання зерна, сіна, сухих кукурудзяних стебел і початків, макухи, зеленої маси і коренебульбоплодів. Крім того, на ній можна виготовляти кормові суміші з декількох компонентів із введенням рідких добавок. Дробарку можна використовувати як окрему машину або в комплекті устаткування кормоприготувальних споруджень.

Дробарка КДУ-2 (рисунки 2.6, 2.7) складається з завантажувального бункера, живлючого і пресуючого транспортерів, ріжучого барабана, дробильного апарата, вентилятора, пневмопровода з циклоном і шлюзовим затвором, рами, приводного електродвигуна і захисної електроапаратури.



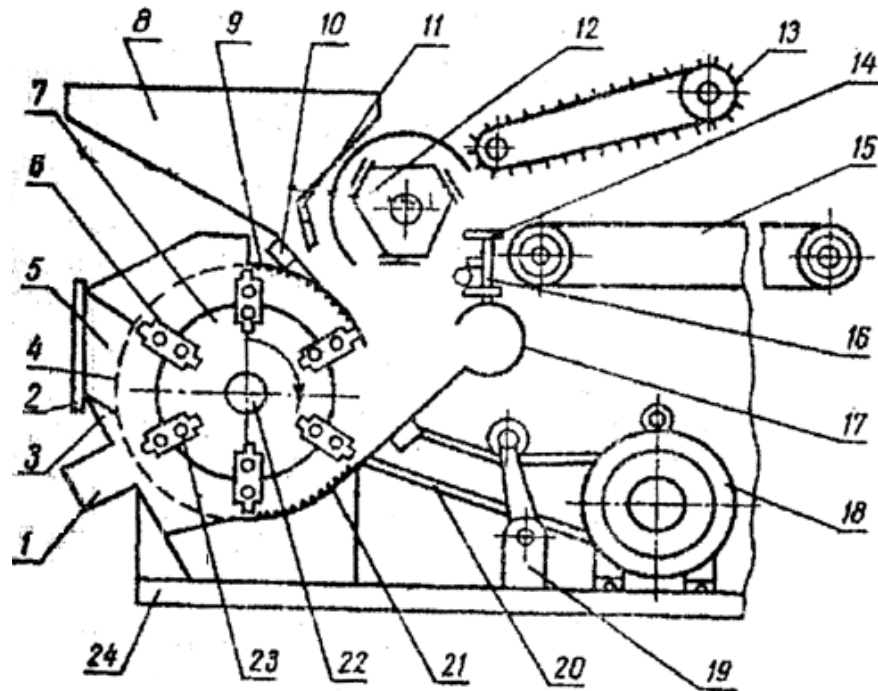


Рисунок 2.6 - Схема дробарки КДУ-2: 1- відсосуючий патрубок; 2- кришка вивантажувального люка; 3- вставна викидна горловина; 4- решето; 5- кришка дробильної камери; 6-молоток; 7- диск ротора; 8- бункер; 9- верхня дека; 10- верхній магнітний сепаратор; 11-поворотна заслінка; 12- ріжучий барабан; 13- пресуючий транспортер; 17- підвідний повітряний патрубок; 18- електродвигун; 19- натяжний пристрій; 20- нижній магнітний сепаратор; 21- нижня дека; 22- вал ротора; 23- вісь; 24-рама» [9].

«Дробильний апарат включає ротор і дробильну камеру. На валу ротора жорстко посаджено 8 дисків. На краях кожного з них шарнірно навішано по 15 пластинчастих молотків у шаховому порядку. Барабан обертається в дробильній камері, утвореній двома боковинами корпусу, решетом і рифленою декою. Змінне решето затискається кришкою дробильної камери за допомогою накидних замків. При обробці соковитих кормів замість змінного решета закріплюють вставну викидну горловину.

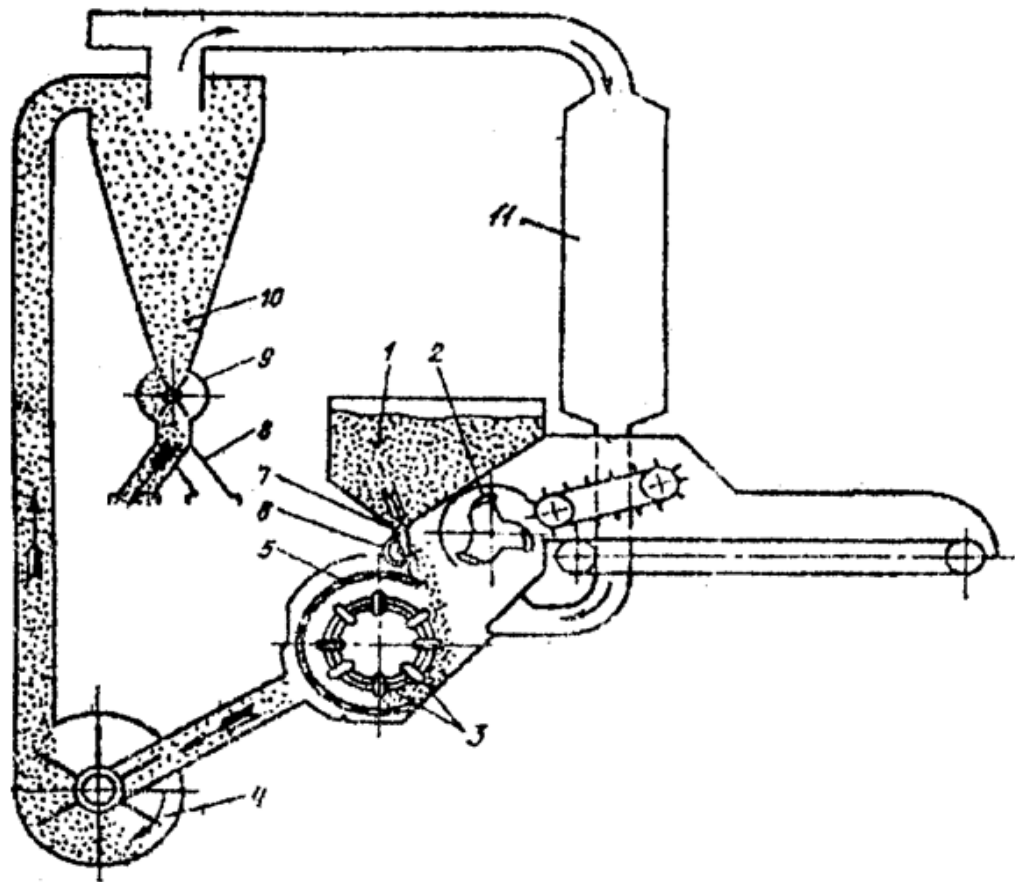


Рисунок 2.7 - Технологічна схема дробарки для подрібнення концентрованих кормів.

1- бункер; 2- ножовий барабан; 3- молотки; 4- вентилятор; 5- решето;  
6- магнітний сепаратор; 7- заслінка; 8- розтруб; 9-шлюзовий затвор;  
10- циклон; 11-фільтруючий рукав» [9].

«Для подрібнення соковитих і грубих кормів використовується ножовий барабан. Він має таку будова. На двох фігурних сталевих дисках закріплені три спіральні ножі. Зазор між ножем і протиріжучою пластиною, повинен бути не більше 0,55 мм. Його регулюють двома гвинтами. Живильні і пресуючі транспортери приводяться в дію ланцюговими передачами через редуктор, що знаходиться під рамою живильного транспортера.

У нижній частині бункера дробарка КДУ-2 встановлена поворотна засувка для регулювання подачі зерна у дробарку. На скатній дошці розташований магнітний сепаратор» [9].

«Дробарка приводиться в дію через автоматичну фрикційну муфту, яка насаджена на вал електродвигуна.

При подрібнюванні фуражного зерна ріжучий барабан відмикають. Для цього приводні паси барабана знімають і встановлюють відповідне решето. Зерно з бункера надходить в дробильну камеру, де за допомогою молотків і дек подрібнюється до часток необхідних розмірів, які проходять через отвори решета у зарешітний простір, звідки відсмоктуючим патрубком за допомогою вентилятора подаються в циклон. Проходячи спіральну горловину циклона, повітряний потік обертається, відкидаючи частки корму в нижню конічну частину циклона. Ротором шлюзового затвора вони виносяться у вивідний двохпатрубковий розтруб і потрапляють у мішок або бункер. Повітряний потік виходить із циклона разом із борошняним пилом і через зворотний трубопровід із фільтрувальним рукавом знову потрапляє в дробильну камеру» [9].

«Таблиця 2.2 - Технічна характеристика машин

Показники	КДУ-2,0
Продуктивність, т/год, при подрібненні: зерна (конц. корм)	2,0
сіна, соломи	0,5
зеленої трави	3,0
коренеплодів	7,0
Потужність привода, кВт	30
Діаметр ротора, мм	500
Частота обертання, об/хв	2725
Кількість молотків, шт	90
Діаметр отворів решета, мм	4, 6, 8, 10
Маса, кг	1290
Виробник	ВАТ «Новоград-Волинсьільмаш»

При подрібнюванні сіна та інших грубих кормів у борошно в роботу включають ріжучий апарат, а отвір для завантаження зерна в бункері перекривають. При переробці соковитих кормів замість решета закріплюють вставну викидну горловину і відбивний козирок, а відсасуючий патрубок знімають» [9].

### 2.3 Конструктивний розрахунок дробарки

«Вихідні данні:

1. Культура: пшениця;
2. Гранична міцність зернини:  $\sigma = 3,25$  МПа;
3. Довжина зернини:  $a = 8$  мм;
4. Довжина недеформованої частинки зернини після удару:  $x_1 = 3,4$  мм;
5. Щільність пшениці:  $\rho_1 = 1320$  кг/м<sup>3</sup>;
6. Коефіцієнт:  $\lambda = 6,5$ ;
7. Секундна продуктивність дробарки:  $Q_{ДР} = 1,5$  кг/с» [13].

«Визначаємо ряд параметрів.

Діаметр барабана визначають за формулою:

$$D_B = \sqrt{\frac{K_{\Pi} \cdot Q_{ДР}}{g'}}, \text{ м} \quad (2.1)$$

де  $K_{\Pi}$  – коефіцієнт пропорційності барабана  $K_{\Pi} = 1$ ;

$Q_{ДР}$  – продуктивність дробарки, кг/с;

$g'$  – питома навантаження дробарки при подрібненні зерна

$g' = 5$  кг/см<sup>2</sup>» [13].

$$D_B = \sqrt{\frac{1 \cdot 1,5}{5}} = 0,547, \text{ м}$$

Довжину подрібнюючого ротора визначаємо за формулою:

$$L_B = \frac{D_B}{K_{\Pi}}, \text{ м} \quad (2.2)$$

$$L_B = \frac{0,547}{1} = 0,547, \text{ м}$$

«Визначення параметрів молотків і їх кількості проведемо користуючись наступними міркуваннями.

При налагодженні і експлуатації дробарок необхідно домагатися, щоб вся рухома система шарнірно підвішених молотків була зрівноваженою. Тоді ударні імпульси не будуть передаватись від молотків через палець і диски на підшипник вала ротора, що запобігає виникненню вібрації дробарки і передчасному виходу з ладу підшипникових вузлів.

Молотки, "зрівноважені на удар", задовольняють умову:

$$r^2 = c \cdot l, \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

де  $r$  – радіус інерції молотка відносно осі шарніра, м;

$c$  – відстань від осі підвісу до центра ваги молотка, м;

$l$  – відстань від точки осі підвісу до кінця молотка ( $l = 0,066$ ) м» [13].

$$r^2 = 0,003 \cdot 0,066 = 0,00012, \text{ м}^2$$

Для забезпечення стійкого руху молотка дробарки необхідно підібрати відповідну довжину молотка ротора  $L_M$  і радіус його установки  $R_M$  (рисунок 2.8).

Радіус підвісу молотка ротора визначимо за формулою:

$$R_{\Pi} = 0,346D_B, \text{ м} \quad (2.4)$$

$$R_{\Pi} = 0,346 \cdot 0,547 = 0,190, \text{ м}$$

Відстань від точки осі підвісу молотка ротора до кінця молотка визначається за формулою:

$$L_M = 0,154D_B, \text{ м} \quad (2.5)$$

$$L_M = 0,154 \cdot 0,547 = 0,084, \text{ м}$$

Довжину молотка ротора визначимо за формулою:

$$a_M \approx 1,5L_M, \text{ м} \quad (2.6)$$

$$a_M \approx 1,5 \cdot 0,084 = 0,126, \text{ м}$$

Ширина молотка ротора визначається як:

$$b_M \approx 0,1D_B, \text{ м} \quad (2.7)$$

$$b_M \approx 0,1 \cdot 0,547 = 0,0547, \text{ м}$$

«Відстань від осі підвісу до центра ваги молотка, який має прямокутну форму і два отвори визначається за формулою:

$$c = -\frac{A}{2} + \sqrt{\frac{A^2}{4} + B}, \text{ м} \quad (2.8)$$

де

$$A = \frac{a_M \cdot b_M}{\pi \cdot d^2} - \frac{a_M}{2}, \text{ м}; \quad (2.9)$$

$$B = \frac{a_M \cdot b_M (a_M^2 + b_M^2)}{6\pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8}, \text{ м} \quad (2.10)$$

$d$  – діаметр отвору під палець ( $d = 0,0205$ ), м» [13].

$$A = \frac{0,126 \cdot 0,0547}{3,14 \cdot 0,0205^2} - \frac{0,126}{2} = 5,244, \text{ м};$$

$$B = \frac{0,126 \cdot 0,0547 (0,126^2 + 0,0547^2)}{6 \cdot 3,14 \cdot 0,0205^2} - \frac{0,0205^2}{8} = 0,0164, \text{ м}$$

$$c = -\frac{5,244}{2} + \sqrt{\frac{5,244^2}{4} + 0,0164} = 0,003, \text{ м}$$

«Кількість молотків визначимо за формулою:

$$z_M = \frac{L_B - \Delta L}{\delta_M + S} \cdot K_Z, \quad (2.11)$$

де  $\Delta L$  – сумарна товщина дисків, які не перекриваються молотками, м;

$K_Z$  – число молотків що йдуть по одному сліду, ( $K_Z = 2$ );

$\delta_M$  – товщина молотків, ( $\delta_M = 0,004\text{м}$ ), м;

$S$  – відстань між молотками ( $S = \delta_M$ ), м» [13].

$$z_M = \frac{0,547 - 0,048}{0,004 + 0,004} \cdot 2 = 124,$$

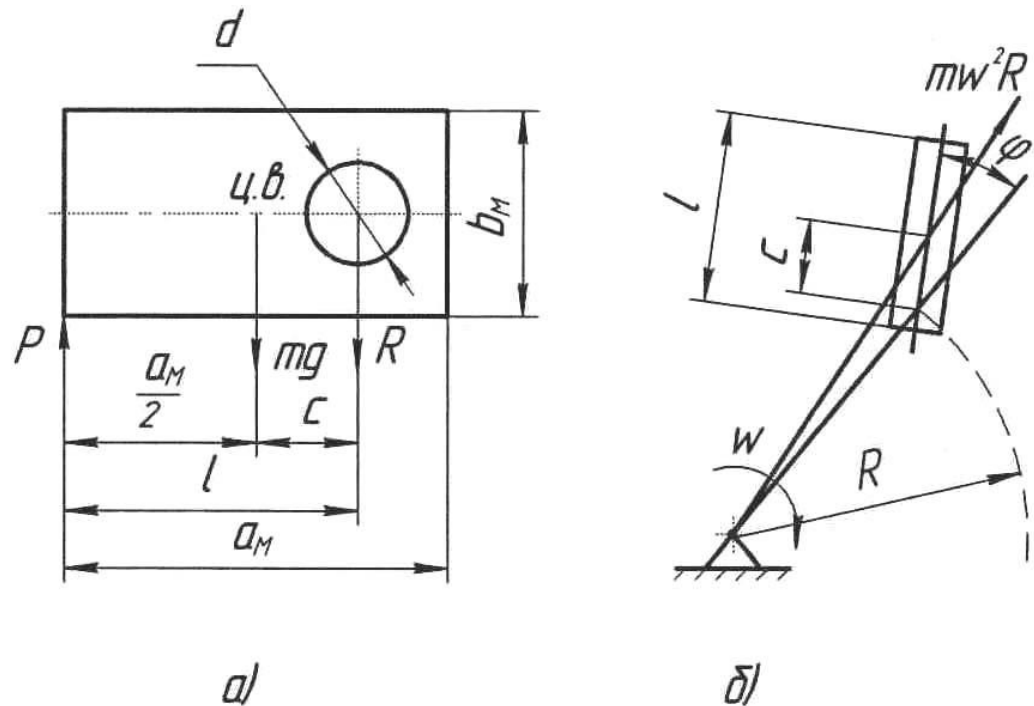
«Сумарна товщина дисків визначається за формулою:

$$\Delta L = 1,5\delta_M \cdot n, \text{ м} \quad (2.12)$$

де  $n$  – кількість дисків молоткового барабану ( $n=8$ )» [13].

$$\Delta L = 1,5 \cdot 0,004 \cdot 6 = 0,048, \text{ м}$$





«Рисунок 2.8 - Сили, що діють на молоток (а), схема молотка, як фізичного маятника з тертям у шарнірах (б)» [13].

«Швидкість руйнування зернини при одноразовому ударі визначається за формулою:

$$v_{руйн} = \sqrt{\frac{1}{\rho_1} \cdot K_D \cdot \sigma \cdot \ln \frac{a}{x_1}}, \text{ м / с} \quad (2.13)$$

де  $\rho_1$  – щільність подрібнюючого матеріалу ( $\rho_1 = 1320 \text{ кг/м}^3$ ),  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $K_D$  – коефіцієнт динамічності, ( $K_D = 14 \cdot 10^5$ );  
 $\sigma$  – границя міцності зернини у статичних умовах ( $\sigma = 3,25 \text{ МПа}$ ),  
 $a$  – довжина зернини ( $a = 0,008 \text{ м}$ ) мм;  
 $x_1$  – довжина недеформованої частинки зернини після удару  
( $x_1 = 0,0034 \text{ мм}$ ), мм» [13].

$$v_{руйН} = \sqrt{\frac{1}{1320} \cdot 1400000 \cdot 3,25 \cdot \ln \frac{0,008}{0,0034}} = 55, \text{ м/с}$$

«Швидкість руйнування зернини при багаторазовому ударі визначається за формулою:

$$v'_{руйН} = \sqrt{K_{зр} \cdot (0,81 + 2,3 \lg \lambda)}, \text{ м/с} \quad (2.14)$$

де  $K_{зр}$  - коефіцієнт, який характеризує фізико-механічні властивості зерна і визначається залежністю:

$$K_{зр} = \frac{K_{д} \cdot \sigma}{\rho_1}, \quad (2.15)$$

де  $\lambda$  - степінь подрібнення зерна» [13].

$$K_{зр} = \frac{1400000 \cdot 3,25}{1320} = 3445$$

$$v'_{руйН} = \sqrt{3445 \cdot (0,81 + 2,3 \lg 6,5)} = 96, \text{ м/с}$$

«Швидкість молотків ротора, яка необхідна для подрібнення зерна визначається формулою:

$$V_M = \frac{V_{PYIH}}{(1 - \beta)}, \text{ м / с} \quad (2.16)$$

де  $\beta = 0,45$ » [13].

$$V_M = \frac{55}{(1 - 0,45)} = 100, \text{ м / с}$$

«Згідно результатів досліджень швидкість молотків при одноразовому ударі по зернині повинна бути у 1,5...2 рази більшою від розрахункової руйнуючої швидкості.

Кількість ударів певної інтенсивності, які необхідно нанести по зернині для отримання заданого ступеня подрібнення визначимо за формулою:

$$z_{yD} = \lambda(\lambda - 0,445) \quad (2.17)$$

$$z_{yD} = 6,5(6,5 - 0,445) = 39,3 \approx 40$$

Частота обертання ротора визначається за формулою:

$$n = \frac{V_M}{(\pi \cdot D_B)}, \text{ об / с} \quad (2.18)$$

де  $V_M$  – швидкість обертання молотка, м/с» [13].

$$n = \frac{100}{(3,14 \cdot 0,547)} = 58, \text{ об / с}$$

«Питома енергія, яка необхідна для подрібнення зерна, визначається за формулою С.В. Мельникова:

$$A_{\text{ПОДР}} = C_{\text{ПР}} [C_V \cdot \lg \lambda^3 + C_S (\lambda - 1)], \text{ Дж / кг} \quad (2.19)$$

де  $C_{\text{ПР}}, C_V, C_S$  - безрозмірні коефіцієнти, які відображають вплив неврахованих факторів і залежить від принципу дії робочих органів дробарки і її конструктивних особливостей  $C_V = 4,6 \text{ кДж/кг}$ ,  $C_S = 8,15 \text{ кДж/кг}$  [13].

$$A_{\text{ПОДР}} = [4600 \cdot \lg 6,5^3 + 8150(6,5 - 1)] = 56049, \text{ Дж / кг}$$

«Потужність, яка затрачається безпосередньо на процес подрібнення визначається за формулою:

$$N_{\text{ПОДР}} = A_{\text{ПОДР}} \cdot Q_{\text{ДР}}, \text{ кВт} \quad (2.20)$$

$$Q_{\text{ДР}} = q' \cdot D \cdot L, \text{ кг / с}$$

де  $q'$  – питома навантаження дробарки ( $q' = 2,4 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^3$ ),  $\text{кг/с} \cdot \text{м}^3$ » [13].

$$Q_{\text{ДР}} = 2,4 \cdot 0,547 \cdot 0,547 = 0,718, \text{ кг / с}$$

$$N_{\text{ПОДР}} = 56049 \cdot 0,718 = 40,2, \text{ кВт}$$

Повна потужність дробарки, яка затрачається на процес подрібнення розраховується за формулою:

$$N = (1,15 \dots 1,2) N_{\text{ПОДР}}, \kappa Bm \quad (2.21)$$

$$N = (1,15) \cdot 40,2 = 46,6, \kappa Bm$$

Питома енергоємність процесу подрібнення дробарки з врахуванням ступеня подрібнення розраховуємо за формулою:

$$W = \frac{N}{3600 \cdot Q_{\text{ДР}} \cdot \lambda}, Bm \cdot \text{год} / \kappa g \quad (2.22)$$

$$W = \frac{46600}{3600 \cdot 0,718 \cdot 6,5} = 2,77, Bm \cdot \text{год} / \kappa g$$

#### 2.4 Розрахунок основних деталей дробарки на міцність

«Силовий розрахунок передбачає перевірку підвісного пальця на міцність при його розриві внаслідок дії відцентрової сили. Визначимо наступні параметри.

Масу молотка знаходять за формулою:

$$m_M = \left( a_M \cdot b_M - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot z_0 \right) \cdot \delta \cdot \gamma, \kappa g \quad (2.23)$$

де  $\gamma$  - щільність молотка ( $\gamma = 7826 \text{ кг/см}^3$ ),  $\text{кг/см}^3$ ;

$z_0$  - кількість отворів ( $z_0 = 1, 2$ )» [13].

$$m_M = \left( 0,126 \cdot 0,0547 - \frac{3,14 \cdot 0,0205^2}{4} \cdot 1 \right) \cdot 0,004 \cdot 7826 = 0,205, \text{ кг}$$

Радіус обертання центра ваги молотка ротора розраховуємо за формулою:

$$R_M = R_{\Pi} + c, \text{ м} \quad (2.24)$$

$$R_M = 0,190 + 0,003 = 0,193, \text{ м}$$

«Відцентрову силу, яка діє на молоток дробарки розраховуємо за формулою:

$$F_M = m_M \cdot \omega^2 \cdot R_M, \text{ Н} \quad (2.25)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість молотка, визначається за формулою:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ с}^{-1} \quad (2.26)$$

де  $n$  – частота обертання ротора ( $n = 2725$  об/хв.), об/хв» [13].

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 2725}{30} = 285,2, \text{ с}^{-1}$$

$$F_M = 0,205 \cdot 285,2^2 \cdot 0,193 = 3218, \text{ Н}$$

«Перевірку молотка на міцність проведемо за формулою:

$$\frac{F_M}{S_0 \cdot 10^6} \leq [\sigma], H/mm^2 \quad (2.27)$$

де  $S_0$  - площа перерізу молотка, яка сприймає навантаження,  $m^2$ ,  
визначимо її за формулою:

$$S_0 = d \cdot \delta_M, m^2 \quad (2.28)$$

де  $d$  - діаметр отвору молотка під палець, м;  
 $\delta_M$  - товщина молотка, м;  
 $[\sigma]$  - допустима границя міцності матеріалу, з якого виготовлено  
молоток, для Сталі 45  $[\sigma] = 420 \text{ Н/мм}^2$ » [13].

$$S_0 = 0,0205 \cdot 0,004 = 0,000082, m^2$$

$$39 \leq [420], H/mm^2$$

## РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 3.1 Розробка карти контролю показників безпеки дробарки

«Таблиця 3.1 – Карта контролю показників безпеки подрібнювача КДУ-2.0

Найменування вузла машини.	Контрольований показник. Нормативні вимоги безпеки	Метод оцінки. Прилади, інструмент. Пристосування	Періодичність
1	2	3	4
1. Показник завантаження	Справність амперметра-індикатора	Випробування	О
2. Електродвигун	Відсутність оголення електромережі	Зовнішній огляд	О
	Надійність заземлення (опір зазелених приладів не більше 4 Ом)	Замірювання: УЗС-416	Δ
	Надійність автоматичного відключення при перенавантаженнях	Замірювання: МС-0,7	Δ
3. Розподільний щіток	Надійність заземлення (опір контуру повторного заземлення не більше 4 Ом)	Зовнішній огляд Замірювання: МС-0,7	□ Δ
4. Привід подрібнюючого барабану	Наявність огороження з блокуючим пристроєм, вимикаючим роботу при відкритих робочих органах	Зовнішній огляд	О
	Натяг пасів і ланцюгів приводу (прогин ланцюга посередині прольоту при зусиллі 60...70 Н повинен складати 10...15 мм, пасів 20...25 мм)	Замірювання: вимірювальна лінійка	□



Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
5. Подрібнююча камера	Відсутність сторонніх предметів	Зовнішній огляд	О
	Правильність встановлення зазору (0,3...1,0 мм) між ножами ріжучого барабану і кромкою протиріжучої пластини	Випробування	<input type="checkbox"/>
	Надійність кріплення молотків, ступінь їх зносу	Зовнішній огляд	<input type="checkbox"/>
	Правильність встановлення решіт	Випробування	<input type="checkbox"/>
	Відповідність напрямку обертання барабану	Випробування	<input type="checkbox"/>
	Надійність кріплення відкидної частини кожуху	Випробування	<input type="checkbox"/>
6. Привід транспортерів	Рівень масла в редукторі	Замірювання: щуп	О
7. Подаючий і присуючий транспортери	Відсутність сторонніх предметів	Зовнішній огляд	О
	Натяг стрічок (прогин в середині прольоту при зусиллі 60...70 Н повинен складати 10...15 мм)	Замірювання: вимірювальна лінійка	<input type="checkbox"/>
	Наявність штифта зупинки при аварійному стані	Зовнішній огляд	<input type="checkbox"/>
8. Муфти:	Наявність огороженні передач	Зовнішній огляд	О
разгонна відцентрова	Правильність установки зазору (0,8...1,2 мм) між накладками колодок ободом шківів	Замірювання: щуп	<input type="checkbox"/>
граничного моменту	Правильність затягнення пружин (до розміру 8,5+0,6 мм)	Замірювання: штангенциркуль	<input type="checkbox"/>
	Передбаченість автоматичного відключення ріжучого барабану	Випробування	<input type="checkbox"/>

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
9. Циклон	Відсутність сторонніх предметів	Зовнішній огляд	О
10. Шлюзовий затвор з черв'ячним редуктором	Відсутність сторонніх предметів	Зовнішній огляд	О
	Наявність захисного кожуху	Зовнішній огляд	О
	Рівень мастила в редукторі	Замірювання: щуп	□
11. Вентилятор	Наявність гнучких вставок між вентилятором і повітряпровідом	Зовнішній огляд	О

**Примітка.** В приміщенні, де працює машина, запиленість не повинна перевищувати  $4 \text{ мг/м}^3$ . Обв'язкова наявність вогнегасника (один – на  $50 \text{ м}^2$  площі).

Умовні позначення:

О – щозмінно

□ – щомісяця

Δ – щосезонно» [20].

### 3.2 Загальні правила техніки безпеки при експлуатації дробарки

#### «3.2.1 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

Сучасне сільськогосподарське виробництво безупинно оснащується різноманітними складними машинами й устаткуванням, агрегатами, безпечна робота на який вимагає відповідних знань. Для запобігання травматизму і захворюваності в сільському господарстві необхідні знання по охороні праці, уміння володіти прийомами надання першої медичної допомоги і методами гасіння пожеж.

Істотний вплив на умови праці роблять небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що по природі дії класифікуються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні і психологічні.

До групи фізичних факторів відносяться машини, що рухаються, і механізми, не захищені рухливі елементи виробничого устаткування, вироби і заготівлі що пересуваються, матеріали, підвищена забрудненість і запиленість повітря робочої зони, підвищена чи знижена температура, вологість, швидкість, барометричний тиск, іонізація повітря робочої зони, підвищений рівень шуму, вібрації, іонізуючі і електромагнітні випромінювання, статична напруга, ультрафіолетова й інфрачервона радіація, небезпечний рівень напруги в електричній мережі, підвищена напруженість електричного і магнітного поля, пульсації світлового потоку і яскравість світла, знижена контрастність, пряма й отражена блискучість» [20].

«Група хімічних факторів розділяється:

- по характері впливу на організм людини: токсичні, подразливі, канцерогенні, мутаційні впливають на репродуктивну функцію.
- по шляху проникнення в організм людини: через органи подиху, шлунково-кишкового тракту, слизуваті оболонки.

Група біологічних факторів включає наступні біологічні об'єкти: потогінні мікроорганізми, бактерії, віруси, гриби найпростіші і продукти їхньої життєдіяльності, мікроорганізми.

Група психофізичних факторів по характеру дії поділяється на фізичні і нервовопсихічні перевантаження. До фізичних перевантажень відносяться статичні і динамічні. До нервовопсихічних – розумове перевантаження, перевантаження аналізаторів, монотонність праці» [20].

### «3.2.2 Електробезпека

На тваринницьких фермах електробезпечність проєктованих об'єктів і більшості установок, що працюють у несприятливих умовах, повинна бути поставлена на перше місце.

Тому електропроводка повинна бути в закритому виконанні. Для цього проводку поміщають у сталеві герметичні труби. Ізоляція проводів повинна бути розрахована на напругу 500 В. Освітлювальну проводку на фермі виконують на ізоляторах. Довжина проміжку між ізоляторами повинна бути не більш 2 метрів, перетин проводу не менш 1,5 мм<sup>2</sup>. Щоб зменшити небезпеку появи напруги на металевих частинах машин необхідно ізолювати від корпусів електроприводів електричну проводку. Заземлення і занулення здійснюється шляхом приєднання всіх металевих струмоведучих частин устаткування до нульового проводу електромережі.

Особи, які працюють на машині або установці, повинні працювати в одязі з зав'язаними рукавами, не підходячи близько до струмопровідних частин і не торкатись їх, хоч вони й ізольовані; не торкатися руками проводів, які горять, і не гасити їх водою.

Електричну апаратуру фермських машин з електроприводом обслуговують лише електромонтери, які мають відповідну підготовку і посвідчення на право обслуговування електроустановок» [20].

### «3.2.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватись системою запобігання пожежі, системою захисту і організаційними заходами.

Пожежний захист повинен забезпечуватись: максимально-можливим використанням не паливних і важкоспалюємих речовин і матеріалів замість пожежно небезпечних; обмеженням кількістю паливних речовин і їх розміщення; запобіганням розповсюдження пожежі за межі очага, застосуванням заходів пожежегасіння.

Територія двору, розриви між побудовами не повинні бути забруднені залишками корму, соломною, сухим навозом і іншими паливними речовинами.

На кожні 50м<sup>2</sup> виробничої площі і 100м<sup>2</sup> площі тваринницької ферми повинен бути один вогнегасник ОХП-5 або вуглекислотний .

В усіх будинках повинні стояти ящики із піском, а в місцях складання кормів – бочки із водою.

Наружне пожаротушення ферми передбачається згідно СНіП 2-31-74. Степінь вогнестійкості конструкцій діючих будинків – друга, категорія виробництва по пожежній безпеці “Д”. Розрахункова витрата води для гасіння пожежі складає близько 10 л/сек..

Потреба у воді на пожежегасіння визначаємо таким чином:

$$Q = 3,6 \cdot g_{роз} \cdot t_{пож} \cdot z_{пож}, \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

де  $g_{роз}$  - розрахунковий об'єм води – 10л/сек.;

$t_{пож}$  - розрахункова тривалість пожежегасіння – 3 год;

$z_{пож}$  - число одночасних пожеж – 1» [20].

$$Q = 3,6 \cdot 10 \cdot 3 = 108, \text{ м}^3$$

Зберігання води на фермі виробляється у резервуарах 2х60м<sup>3</sup>.

#### «3.2.4 Охорона навколишнього середовища

Для забезпечення охорони навколишнього середовища необхідно дотримуватись таких вимог:

– гноєсховища, жижезборники, котловани, колодязі, ями розташовані на території ферми необхідно обгороджувати.

– на кожній фермі необхідна система сигналізації.

– для відводу жижи влаштовують жижесточні канавки, а для її збору жижезборники. Очищення жижезборників необхідно робити по мірі накопичення. Усі жижезборники повинні бути закриті.

– недопускається з'єднання мереж господарсько питних водопроводів з мережами водопроводів, що подають воду питної якості.

– присутність шкідливих речовин у повітрі робочих зон в умовах сільськогосподарського виробництва вимагає проведення комплексу заходів для захисту працюючих від захворювань, отруєнь і можливих травм. крім того, повітря в сільськогосподарському виробництві забруднюється отрутами. В результаті біологічних процесів, що протікають в гної на фермі, виділяється аміак, сірководень і інші гази. Іноді концентрація цих газів буває настільки велика, що людина без засобів захисту не може працювати. Щоб запобігти отруєнню атмосфери, а також можливим вибухам і пожежам, необхідно контролювати зміст шкідливих речовин у навколишньої середовищі» [20].

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МАШИНИ

«Вихідні данні до розрахунків.

Таблиця 4.1 - Вихідні данні:

Показники	Розм.	Варіанти	
		базовий	проектний
Маса машини	кг	1290	1290
Потужність на привод	кВт	30,0	30,0
Продуктивність	т/год.	2	2,5
Кількість обслуговуючого персоналу	люд.	1	1
Тарифний розряд роботи		IV	IV
Тарифна ставка	грн/г.	29,4	29,4
Балансова вартість машини	грн.	51600	51600
Норма амортизаційних відрахувань		0,15	0,15
Норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування		0,05	0,05
Нормативне річне завантаження	год.	2555	2044
Річний виробіток машини	т.	2555	2555
Продуктивність машини за час змінного часу	т/год.	1	1,25

Примітка» [16].

#### *«Експлуатаційні витрати*

Економічний ефект від застосування нової машини, як правило, забезпечується зниженням експлуатаційних витрат на виконання роботи у виробництві сільськогосподарської продукції. При цьому, в результаті удосконалення машини підлягають розрахунку, в основному, експлуатаційні витрати, які у розмірі на одиницю роботи визначаються:

$$S = Z + \Gamma + T_p + A, \text{ грн.}, \quad (4.1)$$

де  $Z$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;

$\Gamma$  – вартість паливо-мастильних матеріалів , електроенергії, грн.;  
 $T_p$  – витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн.;  
 $A$  – амортизаційні відрахування ( на реновацію ), грн.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу можна визначити за формулою:

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{N_i \cdot Z_i \cdot K_3}{W}, (i = 1, 2, \dots, n), \text{ грн.}, \quad (4.2)$$

де  $N_i$  – кількість обслуговуючого персоналу кожного тарифного розряду;

$Z$  – годинна тарифна ставка  $i$ -го розряду, грн./год;

$K_3$  – коефіцієнт підвищення розцінок за виконання плану і нарахувань на зарплату (в середньому для кінно-ручних робіт  $K_3 = 26$ , для механізованих -  $K_3 = 1,4$  );

$W$  – продуктивність машини за час змінного часу, т/год» [16].

$$\begin{aligned} Z_{\text{б}} &= 1 \cdot 29,4 \cdot 1,4 : 2 = 206 \text{ грн.} \\ Z_{\text{п}} &= 1 \cdot 29,4 \cdot 1,4 : 2,5 = 165 \text{ грн.} \end{aligned}$$

«Вартість електроенергії можна визначити за формулою:

$$\Gamma_e = \frac{N_e \cdot C_e}{W}, \text{ грн.}, \quad (4.3)$$

де  $N_e$  - номінальна потужність електродвигунів, кВт ;

$C_e$  - ціна 1 кВт . год електроенергії , грн/кВт.год» [16].



$$\begin{aligned} \Gamma_{\text{б}} &= 30,0 \cdot 1,70 : 2 = 25,5 \text{ грн.} \\ \Gamma_{\text{п}} &= 30,0 \cdot 1,70 : 2,5 = 20,4 \text{ грн.} \end{aligned}$$

«Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування машини у розрахунку на одиницю роботи:

$$T_p = \frac{1 \cdot B_m \cdot \mathcal{Q}_m}{W \cdot T_m}, \text{ грн.}, \quad (4.4)$$

де  $B_m$  - балансова вартість машини, грн. Визначається множенням їхньої ціни на коефіцієнт 1.1, грн.;

$T_m$  - річне завантаження машини, год» [16].

$$\begin{aligned} T_{\text{б}} &= 51600 \cdot 0,05 : 2 : 2555 = 50,5 \text{ грн.} \\ T_{\text{п}} &= 51600 \cdot 0,05 : 2,5 : 2044 = 50,5 \text{ грн.} \end{aligned}$$

*«Амортизаційні відрахування по машині:*

$$A = \frac{1 \cdot B_m \cdot a_m}{W \cdot T_m}, \text{ грн.}, \quad (4.5)$$

де  $a_m$  - норма амортизаційних відрахувань по машині, %.

Варто мати на увазі, що при розрахунку амортизаційних відрахувань необхідно брати суму амортизації на реновацію» [16].

$$\begin{aligned} A_{\text{б}} &= 51600 \cdot 0,15 : 2 : 2555 = 151,4 \text{ грн.} \\ A_{\text{п}} &= 51600 \cdot 0,15 : 2,5 : 2044 = 132,4 \text{ грн.} \end{aligned}$$

*Річна економія експлуатаційних витрат*

«Річна економія експлуатаційних витрат визначається як різниця вказаних витрат, що припадають на одиницю роботи по базовій і новій машинам, помножена на річний обсяг робіт нової машини, тобто:

$$E_p = (S_0 - S_1) \cdot W_1 \cdot T_1 \text{ грн.}, \quad (4.6)$$

де  $S_0, S_1$  - експлуатаційні витрати на одиницю роботи базової і проекрованої машини грн.;  
 $W_1$  - годинна продуктивність проекрованої машини, т/год.;  
 $T_1$  - річне завантаження в годинах проекрованої машини, т» [16].

$$S_6 = 20,6 + 25,5 + 50,5 + 1,514 = 482 \text{ грн.}$$

$$S_{п} = 16,5 + 20,4 + 50,5 + 1,514 = 389 \text{ грн.}$$

$$E = (482 - 389) \cdot 1,25 \cdot 2044 = 237620 \text{ грн.}$$

#### *Капітальні вкладення*

«Капіталовкладеннями в проектовану машину в період експлуатації є її балансова вартість. При визначенні економічної ефективності удосконаленої машини важливе значення має різниця в капітальних витратах між базовою й удосконаленою машинами. Якщо капітальні витрати на нову машину менше, ніж на базову, то споживач техніки має економію на капіталовкладеннях. Проте, частіше усього нова машина має вартість вище базової. У цьому випадку в наявності додаткові капіталовкладення, які визначаються наступним чином, грн :

$$\Delta K = K_1 - K_0; \quad (4.7)$$

де  $\Delta K$  - додаткові капіталовкладення в нову машину ;

$K_1$  - капіталовкладення в нову машину ( $K_1 = B_1$ ) грн.;

$K_0$  - капіталовкладення в базову машину ( $K_1 = B_0$ ) грн.

Якщо нова машина призначена для заміни ручної праці, то додатковими капіталовкладеннями є повна вартість машини.

У визначенні економічної ефективності нової машини важливе значення має розмір капітальних витрат, що припадає на одиницю виробітку. Цей розмір являє собою питомі капіталовкладення, що визначаються як відношення балансової вартості машини до її річного виробітку» [16].

$$K_{\text{уд.о}} = \frac{K_0}{W_{0,\text{год}}}; \quad K_{\text{уд.1}} = \frac{K_1}{W_{1,\text{год}}}; \quad (4.8)$$

$$K_{\text{б}} = 51600 : 2555 = 20,20 \text{ грн/т.}$$

$$K_{\text{п}} = 51600 : 2555 = 20,20 \text{ грн/т.}$$

#### *Річний економічний ефект по приведеним витратам*

«Річний економічний ефект від застосування проектного варіанта техніки в розрахунку на одну машину визначається як різниця приведених витрат:

$$E_{\text{пр}} = (I_0 - I_1) \cdot W_{\text{год}} = [(S_0 + E_H \cdot K_{\text{уд.о}}) - (S_1 + E_H \cdot K_{1\text{уд}})] \cdot W_{\text{год}} \text{ грн.}, \quad (4.9)$$

де  $I_0, I_1$  - приведені витрати відповідно по базовій і проектованій машинах у розрахунку на одиницю роботи, грн.;

$W_{\text{год}}$  - річний виробіток нової машини, т.;

$S_0, S_1$  - експлуатаційні витрати відповідно для базової і нової машин у розрахунку на одиницю роботи, грн. ;

$K_{\text{уд.о}}, K_{\text{уд.1}}$  - питомі капітальні витрати відповідно для базової і нової

машин у розрахунку на одиницю роботи , грн» [16].

$$E_{\text{пр}} = [ ( 482 + 0,15 \cdot 20,2 ) - ( 389 + 0,15 \cdot 20,2 ) ] \times 2555 = 237620 \text{ грн.}$$

### *Продуктивність праці*

«Продуктивність праці характеризується виходом виробленої продукції або обсягом виконаної роботи в розрахунку на одиницю витрат праці ( люд.г, люд.день тощо).

У робочому процесі або окремій операції продуктивність праці по машинах, які порівнюються, визначається як відношення годинної продуктивності машини до кількості робітників, що обслуговують дану машину:

$$P_0 = \frac{W_1}{N_0}; \quad P_1 = \frac{W_1}{N_1}; \quad (4.10)$$

де  $P_0, P_1$  - продуктивність праці в базовому і проектованому варіантах, од. роботи/г.

$W_0, W_1$  - година продуктивність відповідно базової і нової машин, од. роботи/г ;

$N_0, N_1$  - кількість обслуговуючого персоналу відповідно базової і нової машин люд» [16].

$$\begin{aligned} P_6 &= 2 : 1 = 2 \text{ т./люд.год} \\ P_{\text{п}} &= 2,5 : 1 = 2,5 \text{ т./люд.год} \end{aligned}$$

### *Трудомісткість*

«Трудомісткість продукції або окремої операції характеризується кількістю живої праці, витраченої на виробництво цієї продукції або

виконання даної операції.

Трудомісткість виконання будь-якої операції при однаковому рівні кваліфікації та інтенсивності праці обслуговуючого персоналу визначається як:

$$T_{p_0} = \frac{N_0}{W_0}; \quad T_{p_1} = \frac{N_1}{W_1}; \quad (4.11)$$

де  $T_{p_0}, T_{p_1}$  - трудомісткість виконання операції відповідно базовою і новою машинами, люд.год/т» [16].

$$\begin{aligned} T_{б} &= 1 : 2 = 0,500 \text{ люд.год/т.} \\ T_{п} &= 1 : 2,5 = 0,400 \text{ люд.год/т.} \end{aligned}$$

#### *Визначення техніко-економічних показників*

«Найважливішими техніко-економічними показниками є: продуктивність машини, матеріалоємність процесу, енергоємність процесу, енергонасиченість тощо. Техніко-економічні показники безпосередньо залежать від технічних параметрів машин.

#### *Матеріалоємність*

Матеріалоємність операції - відношення маси агрегату до виробітку на цій операції:

$$M_j = \frac{G_m}{T_m}; \quad (4.12)$$

де  $M_j$  - матеріалоємність операції в розрахунку на одиницю роботи, кг;

$G_m$  - маса машини, кг.;

$T_m$  - річне завантаження машини, год» [16].

$$\begin{aligned} M_{\text{б}} &= 1290 : 2555 = 0,5 \text{ кг/т.} \\ M_{\text{п}} &= 1290 : 2555 = 0,5 \text{ кг/т.} \end{aligned}$$

### *Енергоємність процесу*

«Енергоємність процесу визначається як відношення ефективної потужності двигуна до годинної продуктивності машини:

$$F_j = \frac{N_{\text{эф}}}{W_j}; \quad (4.13)$$

де  $N_{\text{эф}}$  - ефективна потужність двигуна, кВт» [16].

$$\begin{aligned} E_{\text{сп}} &= 30,0 : 2 = 15 \text{ кВт.год/т.} \\ E_{\text{сб}} &= 30,0 : 2,5 = 12 \text{ кВт.год/т.} \end{aligned}$$

### *Енергонасиченість*

«Цей показник визначається як відношення номінальної потужності двигуна до маси машини:

$$F_n = \frac{N_e}{G_m}; \quad (4.14)$$

де  $F_n$  - енергонасиченість машини, кВт./т» [16].

$$\begin{aligned} E_{\text{нп}} &= 30,0 : 1,29 = 23,3 \text{ кВт./т.} \\ E_{\text{нб}} &= 30,0 : 1,29 = 23,3 \text{ кВт./т.} \end{aligned}$$

Головні результати розрахунку зводяться в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники дробарки

Показники	Розм.	Машина		Проект. у % до базового
		базова	проект.	
Продуктивність дробарки	т/год.	2	2,5	125,0
Річний виробіток дробарки	т.	2555	2555	0
Матеріалоємність	кг/т.	0,505	0,505	0
Енергоємність	кВт.г/т.	15,00	12	80
Енергонасиченість	кВт/т.	23,3	23,3	0
Продуктивність праці	т/люд.г	2	2,5	125
Трудомісткість	люд.г/т	0,500	0,400	80
Експлуатаційні витрати	грн/т.	48,4	38,9	81,7
Річний економічний ефект дробарки за приведеними витратами	грн.		237620	

## **ВИСНОВОК**

Зробивши розробку технологічної лінії приготування концентрованих кормів, модернізацію молоткової дробарки КДУ – 2.0, економічне обґрунтування використання вдосконаленої дробарки, ми бачимо, що при використанні даної дробарки, підвищується продуктивність роботи дробарки, знижується енергоємність і металоємність машини.

Річний економічний ефект склав 237620 грн.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня по спеціальності «208 Агроінженерія» денної та заочної форм навчання /укл. Поляков А.М., Волох В.О., Фесенко Г.В., Чаплигін Є.М., Курлов В.І. – Слов’янськ: СНУ ім.Даля, 2022. – 28с.
2. Волох В.О., Дзюба А.І. Чаплигін Є.М. Навчально-методичні рекомендації для лабораторних- практичних занять, для здобувачів вищої освіти ОР «бакалавр» з дисципліни «Машини та обладнання для тваринництва». Старобільськ, 2019. 73с.
3. Волох В.О., Дзюба А.І. Чаплигін Є.М. Методичні рекомендації для лабораторних робіт здобувачів вищої освіти ОР «бакалавр» з дисципліни «Машини, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції». Старобільськ, 2019. 65с.
4. Волох В.О., Дзюба А.І. Чаплигін Є.М. Конспект лекцій, для здобувачів вищої освіти ОР «бакалавр» з дисципліни «Машини і обладнання для тваринництва» Старобільськ, 2019. 141с.
5. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник / К.М. Сироватко, М.О. Зотько. - Вінниця: ВНАУ, 2020.- 263 с.
6. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І. і ін. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. - К.: Урожай, 1999. - 192 с.
7. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І. Машиновикористання у тваринництві. - К.: Урожай, 1999. - 208 с.
8. Брагінець М.В., Педченко П.В.. Монтаж, експлуатація і ремонт машин у тваринництві. - К.: Вища шк., 1991. - 359 с.
9. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ревенко. – К.: Кондор. – 2009.- 731 с.

10. Бойко І.Г. Машина та обладнання для тваринництва – Х: ХНТУСГ. Т.1. – 2006. – 275 с.
11. Бойко І.Г. Машина та обладнання для тваринництва – Х: ХНТУСГ. – Т.2. – 2006. – 279 с.
12. Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба А.І. та інш. Практикум по машинам і обладнанню для тваринництва. Харків, ЧП Червяк, 2004. – 269 с.
13. Бойко І.Г., Науменко О.А, Полупанов В.М. та інш. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва" – Х: ХНТУСГ. - 2009. – 429с.
14. ISO 128-34:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Види на машинобудівних креслениках.
15. Батіг А. І. та ін. Планування та організація діяльності аграрного підприємства. – К.: Аграрна освіта, 2003. – 425 с.
16. Петров В.М. Організація виробництва та планування діяльності на підприємствах АПК: навч. посібник / Харків: Майдан, 2016. 362с.
17. ДСТУ 2500 – 94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
18. ДСТУ-П OHSAS 18002:2006 Системи управління безпекою та гігієною праці. Основні принципи виконання вимог (OHSAS 18002:2000, IDT).
19. НПАОП 01.0-1.02-18 Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві.
20. НПАОП 01.41-1.01-01 Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва
21. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
22. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

23. Дацишин О.В., Ткачук А. І, Чубов Д.С. та ін. Машини та обладнання переробних виробництв: Навч. Посібник // За ред. О.В. Дацишина. - К.: Вища освіта, 2005. - 159 с.: іл.
24. ДСТУ ISO 11448: 2005. Дробарки та подрібнювачі приводні. Визначення понять, вимоги безпеки та методи випробування.
25. ДСТУ 2411-94. Дробарки. Терміни та визначення.
26. ДСТУ 3218-95. Машини сільськогосподарські. Дробарки. Методи випробувань.
27. Рожківський М.Ф. Нове покоління молоткових дробарок. // Техніка АПК. - 2000. - № 1. С.12 - 14.
28. Семкович О., Коруняк П. Теорія і розрахунок впливу сили опору робочого середовища на рух молотка дробарки. // Вісник Львівського державного аграрного університету. - 2001. - №5. - С.166.
29. Перелік машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки» Постанова КМУ №1107 в редакції від 07.02.2018 року.
30. «Перелік видів робіт підвищеної небезпеки, які виконуються на підставі декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з охорони праці» Постанова КМУ №1107 в редакції від 07.02.2018 року.
31. ДСТУ-П OHSAS 18002:2006 Системи управління безпекою та гігієною праці. Основні принципи виконання вимог (OHSAS 18002:2000, IDT).
32. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
33. ДБН.В 2-5-28-2006 «Природне та штучне освітлення».
34. ДБН.В 2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення».
35. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І. і ін. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. - К.: Урожай, 1999. - 192 с.

36. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І.. Машиновикористання у тваринництві. - К.: Урожай, 1999. - 208 с.
37. Брагінець М.В., Педченко П.В. Монтаж, експлуатація і ремонт машин у тваринництві. - К.: Вища шк., 1991. - 359 с.
38. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ревенко. – К.: Кондор. – 2009.- 731 с.
39. Бойко І.Г., Науменко О.А, Полупанов В.М. та інш. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва" – Х: ХНТУСГ. - 2009. – 429

## ДОДАТКИ