

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Вдосконалення технології виробництва молока з
модернізацією ротора дробарки зерна

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи AI-23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Чубенко Максим Сергійович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____Володимир АМОСОВ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

канд. техн. наук, доц.

_____Андрій СОЛОВИХ

Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Чубенко Максим Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Вдосконалення технології виробництва молока з модернізацією ротора дробарки зерна
2. Керівник роботи (проекту) Амосов Володимир Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 12.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Вдосконалення технології виробництва молока шляхом модернізації ротора дробарки зерна ДБ-5 для підвищення ефективності підготовки концентрованих кормів.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта; 2. Генеральний план ферми. 3. Планування кормоцеху; 4. Дробарка безрешітна ДБ-5 – схема функціональна; 5. Ротор – складальне креслення; 6. Деталювання. Всього 5,0 аркушів формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Амосов В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділів 1, 2		
	Графічна частина арк. 1	27.05.2026 р.	
2	Виконання розділу 3		
	Графічна частина арк. 2	30.05.2026 р.	
3	Виконання розділу 4		
	Графічна частина арк. 3, 4, 5	05.06.2026 р.	
4	Виконання розділів 5, 6	08.06.2026 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки,		
	графічної частини, підготовка до захисту.	10.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
«13» квітня 2026 р.

Підпис керівника

_____ Амосов В.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2026 р.

Підпис здобувача

_____ Місюкевич А.М.
(прізвище та ініціали)

Чубенко Максим Сергійович
Chubenko Maksym

Вдосконалення технології виробництва молока з модернізацією ротора дробарки зерна

Improving milk production technology with modernization of the grain crusher rotor

Розроблена вдосконалена технологія виробництва молока з використанням сучасного обладнання та кормоцеху з модернізованою дробаркою ДБ-5. Зміна конструкції ротора обґрунтована технологічними, кінематичними, енергетичними та розрахунками на міцність. Запропоновано заходи по покращенню умов праці персоналу, обслуговуючого дробарку.

An improved milk production technology was developed using modern equipment and a feed mill with a modernized DB-5 crusher. The change in the design of the rotor is justified by technological, kinematic, energy and strength calculations. Measures to improve the working conditions of the personnel servicing the crusher are proposed.

дробарка зернова, скоба, ротор, продуктивність

grain crusher, clamp, rotor, productivity

Чубенко, М. С. Вдосконалення технології виробництва молока з модернізацією ротора дробарки зерна: кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 208 «Агроінженерія» / наук. кер. В.В. Амосов; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2026. – 48 с.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки	
				<u>Документація загальна</u>			
				<u>Заново розроблена</u>			
A4			МВМ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка			
A1			МВМ 00.000 ТЧ1	Технологічна карта	1		
A1			МВМ 00.001 ТЧ2	Генеральний план ферми	1		
A1			МВМ 00.000 ТЧ3	Планування кормоцеху	1		
				<u>Документація</u>			
				<u>по складальних одиницях</u>			
				<u>Заново розроблена</u>			
A2			МВМ 00.000 С2	Дробарка безрешітна ДБ-5			
				Схема функціональна	1		
A1			МВМ 01.110 СК	Ротор	1		
				<u>Документація по деталях</u>			
				<u>Заново розроблена</u>			
A3			МВМ 01.503	Молотак			
A4			МВМ 01.622	Вісь			
A4			МВМ 01.405	Скоба			
					МВМ 00.000 ВР		
Зм.	Аркш	№ докum.	Підпис	Дата			
Розробив		Чуденко					
Перевірив		Амосов					
Н. контр.		Артеменко					
Затверд.		Васильковський					
Відомість роботи					Літера	Аркш	Аркшів
						1	1
					ЦНТУ гр АІ-23мд-1.1		

ЗМІСТ

1 ВСТУП.....	6
2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ.....	8
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОТОКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ	20
4 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА.....	27
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
6 ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ.....	49

1 ВСТУП

Молочне скотарство є однією з провідних галузей сільського господарства України, яка забезпечує населення цінними продуктами харчування та є важливою складовою продовольчої безпеки держави. Ефективність виробництва молока значною мірою залежить від рівня механізації виробничих процесів, якості кормів та раціональної організації годівлі тварин. У сучасних умовах господарювання особливого значення набуває впровадження енергоощадних технологій і технічних засобів, які дозволяють підвищити продуктивність праці, знизити собівартість продукції та покращити її якість.

Одним із найважливіших факторів підвищення продуктивності молочного стада є забезпечення тварин повноцінними та збалансованими кормами. Значна частка концентрованих кормів у раціонах великої рогатої худоби використовується у подрібненому вигляді, оскільки це сприяє кращому засвоєнню поживних речовин та підвищенню ефективності годівлі. Тому важливу роль у технологічному процесі виробництва молока відіграє обладнання для підготовки кормів, зокрема дробарки зерна.

Однією з поширених машин для подрібнення зернових кормів є дробарка ДБ-5, яка характеризується відносною простотою конструкції, надійністю та достатньою продуктивністю. Разом з тим аналіз її експлуатації свідчить про наявність певних недоліків, пов'язаних із зношуванням робочих органів, забиванням вологим кормом, нерівномірністю подрібнення зерна та значними енерговитратами. У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення конструкції основного робочого органа дробарки — ротора, від параметрів якого значною мірою залежать якість подрібнення кормів і техніко-економічні показники роботи машини.

					МВМ 00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вдосконалення технології виробництва молока з модернізацією ротора дробарки зерна				Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Чубенко										
Перевір.	Амосов										
									ЦНТУ АІ-23мб-1.1		
Н.контр.	Артеменко										
Затвер.	Васильковський										

Метою даної кваліфікаційної роботи є вдосконалення технології виробництва молока шляхом модернізації ротора дробарки зерна ДБ-5 для підвищення ефективності підготовки концентрованих кормів.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1 Літературний огляд існуючих технологій, систем і способів утримання тварин та технічних засобів механізації технологічних процесів виробництва молока

Молочне скотарство є однією з провідних галузей тваринництва, яка забезпечує населення цінними продуктами харчування та сировиною для переробної промисловості. Рівень ефективності виробництва молока значною мірою залежить від прийнятої технології утримання тварин, організації годівлі та ступеня механізації виробничих процесів[1].

У сучасному молочному скотарстві застосовують прив'язну та безприв'язну системи утримання корів. Прив'язне утримання характеризується закріпленням тварин за певним місцем у корівнику. Перевагами такої системи є можливість індивідуального контролю годівлі та стану здоров'я тварин. Недоліками виступають високі витрати ручної праці та обмеження рухової активності корів.

Безприв'язне утримання набуло найбільшого поширення на сучасних фермах. Воно забезпечує вільне пересування тварин, сприяє підвищенню продуктивності та покращує умови праці персоналу. Залежно від способу організації відпочинку корів розрізняють безприв'язно-боксову та безприв'язно-комбібоксову системи утримання.

Важливим напрямком удосконалення молочного виробництва є комплексна механізація виробничих процесів. До основних технологічних операцій належать приготування та роздавання кормів, напування тварин, доїння, первинна обробка молока, видалення гною та підтримання належного мікроклімату.

Для приготування кормів використовують кормоцехи, оснащені дробарками, змішувачами, транспортерами та дозаторами. Особливе значення має якісне подрібнення концентрованих кормів. Для цього широко

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

застосовується дробарка зерна ДБ-5, яка забезпечує подрібнення різних видів зерна до необхідної крупності. Використання дробарки дозволяє підвищити засвоюваність кормів та зменшити їх втрати.

Механізація роздавання кормів здійснюється за допомогою кормороздавачів різних типів. Для видалення гною використовують скребкові транспортери або системи гідрозмиву. Доїння корів проводять у молокопровід або на доїльних установках типу «Ялинка», «Паралель» чи «Карусель». На великих фермах усе частіше впроваджуються роботизовані доїльні системи[1].

Отже, сучасні технології виробництва молока спрямовані на максимальне використання засобів механізації та автоматизації, що забезпечує зниження собівартості продукції та підвищення продуктивності праці.

2.2 Типові розміри і проекти ферм і комплексів

Проектування молочнотоварних ферм здійснюється з урахуванням поголів'я худоби, способу утримання та рівня механізації виробничих процесів. Типові проекти передбачають будівництво ферм різної виробничої потужності.

Найбільш поширеними є ферми на 100, 200, 400 та 600 корів. Для великих сільськогосподарських підприємств створюються молочні комплекси на 800–1200 і більше корів. До складу таких комплексів входять корівники, родильне відділення, профілакторій для телят, доїльний блок, кормоцех, сховища кормів, гноєсховище та допоміжні споруди[1].

При розробці проектів особлива увага приділяється раціональному розміщенню будівель і споруд, скороченню внутрішньофермських перевезень та створенню сприятливих умов для утримання тварин. Планування території повинно забезпечувати зручність руху техніки та дотримання ветеринарно-санітарних вимог[1].

Сучасні ферми проектуються переважно для безприв'язного утримання корів із використанням доїльних залів. Такий підхід дозволяє значно підвищити продуктивність праці та забезпечити кращі умови експлуатації обладнання.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.3 Стандартні, технологічні та технічні вимоги до якості молока

Якість молока є одним із головних показників ефективності роботи молочнотоварної ферми. Вона визначається фізико-хімічними, мікробіологічними та санітарно-гігієнічними показниками[2].

Згідно з чинними вимогами молоко повинно мати природний колір, характерний запах і смак без сторонніх домішок. Густина молока має становити не менше 1027 кг/м³, а кислотність перебувати в межах нормативних значень[2].

Важливими показниками якості є масова частка жиру та білка. Для молока вищого ґатунку встановлюються підвищені вимоги щодо бактеріальної забрудненості та кількості соматичних клітин[2].

Для забезпечення високої якості продукції необхідно суворо дотримуватись технології доїння, правил санітарної обробки обладнання та охолодження молока. Після доїння молоко необхідно якнайшвидше охолодити до температури 4–6 °С, що дозволяє стримати розвиток мікроорганізмів.

Виконання стандартних і технологічних вимог забезпечує отримання конкурентоспроможної продукції та підвищує економічну ефективність виробництва.

2.4 Розробка технологічної схеми виробництва продукції на фермі

Технологічна схема виробництва молока являє собою послідовність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на отримання якісної продукції.

Основними етапами технологічного процесу є[3]:

- заготівля та зберігання кормів;
- підготовка кормів у кормоцеху;
- роздавання кормів тваринам;
- напування корів;
- доїння;
- транспортування, очищення та охолодження молока;
- зберігання молока;
- видалення гною;

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

– ветеринарне обслуговування тварин.

Особливе місце в технологічній схемі займає кормоцех. Тут здійснюється подрібнення зерна на дробарці ДБ-5, дозування компонентів та приготування кормових сумішей. Якісна підготовка кормів позитивно впливає на перетравність поживних речовин і продуктивність корів.

Отримане молоко після доїння через молокопровід надходить до молочного блоку, де проходить очищення, охолодження та накопичення перед відправленням на переробне підприємство.

2.5 Обґрунтування структури стада і технологічних груп тварин на молочнотоварній фермі

Раціональна структура стада є необхідною умовою ефективної роботи ферми. Вона повинна забезпечувати стабільне відтворення поголів'я та безперервне виробництво молока.

Для типової молочнотоварної ферми структура стада включає[3]:

- дійних корів;
- сухостійних корів;
- нетелей;
- телиць різного віку;
- телят.

Частка корів у загальній структурі стада зазвичай становить 55–60 %. Решту складає ремонтний молодняк та тварини інших виробничих груп.

Формування технологічних груп дозволяє організувати диференційовану годівлю та створити оптимальні умови утримання. Дійних корів групують залежно від продуктивності та стадії лактації. Окремо утримують сухостійних корів і тварин перед отеленням.

Правильно сформована структура стада забезпечує ритмічне виробництво молока протягом року та створює передумови для підвищення продуктивності тварин.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.6 Обґрунтування комплексної механізації технологічних процесів виробництва молока із розробкою технологічної карти

Комплексна механізація є основою сучасного виробництва молока. Вона забезпечує скорочення затрат ручної праці, підвищення продуктивності праці та покращення умов утримання тварин.

Для механізації кормоприготування доцільно використовувати кормоцех, до складу якого входять бункери для зберігання зерна, дробарка ДБ-5, транспортери, дозатори та змішувачі кормів. Дробарка ДБ-5 забезпечує продуктивність, достатню для обслуговування ферми середньої потужності, та дозволяє отримувати рівномірно подрібнений корм.

Механізація роздавання кормів може здійснюватися мобільними кормороздавачами-змішувачами. Для напування використовують автоматичні напувалки. Видалення гною здійснюється скребковими транспортерами, що забезпечують своєчасне очищення приміщень.

Доїння корів рекомендується проводити за допомогою доїльної установки з молокопроводом або в доїльному залі. Для первинної обробки молока використовують фільтри, пластинчасті охолоджувачі та резервуари-охолоджувачі.

Технологічна карта механізації виробництва молока може включати такі операції: підготовка кормів, транспортування кормів, роздавання кормів, напування тварин, доїння корів, охолодження молока, видалення гною та транспортування продукції. Для кожної операції визначаються машини, обладнання, продуктивність і трудомісткість[3].

Таким чином, удосконалення типової технології виробництва молока доцільно здійснювати шляхом впровадження комплексної механізації, особливо в процесах кормоприготування. Використання кормоцеху з дробаркою ДБ-5 дозволяє покращити якість кормів, підвищити продуктивність тварин та знизити собівартість виробництва молока.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.6.1 Розрахунок структури стада ферми на 400 корів

Для забезпечення простого відтворення стада приймаємо частку корів у структурі стада 58 %.

Загальне поголів'я:

$$N=400/0,58=690\text{ гол.}$$

Приймаємо структуру стада, наведену в таблиці.

Таблиця 2.1 – Структура стада молочнотоварної ферми на 400 корів

Група тварин	% від стада	Кількість, гол.
Дійні корови	50,0	345
Сухостійні корови	8,0	55
Нетелі	10,0	69
Телиці 12–18 міс.	12,0	83
Телиці 6–12 міс.	8,0	55
Телята до 6 міс.	12,0	83
Разом	100	690

Для технологічних розрахунків приймається:

- дійних корів – 345 гол.;
- сухостійних – 55 гол.;
- нетелей – 69 гол.;
- молодняку – 221 гол.

2.6.2 Технологічна схема виробництва молока



Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва молока на фермі

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.6.3 Технологічна карта виробництва молока

Таблиця 2.2 – Технологічна карта виробництва молока

№	Технологічна операція	Машини та обладнання	Кратність виконання	Продуктивність
1	Завантаження зерна	ПЗМ-10	1 раз/добу	10 т/год
2	Подрібнення зерна	ДБ-5	1 раз/добу	5 т/год
3	Приготування кормосуміші	Змішувач С-12	1 раз/добу	12 т/год
4	Роздавання кормів	КТУ-10А або міксер-кормороздавач	2 рази/добу	10 т/год
5	Напування тварин	Автонапувалки ПА-1	постійно	—
6	Доїння корів	Установка типу «Ялинка» 2×12	3 рази/добу	90–100 корів/год
7	Транспортування молока	Молокопровід	постійно	—
8	Очищення молока	Фільтр ОМ-1	після кожного доїння	5 т/год
9	Охолодження молока	Танк-охолоджувач	після доїння	10 т
10	Видалення гною	ТСН-160	2 рази/добу	4–5 т/год
11	Завантаження гною	ПЕА-1,0	1 раз/добу	60 т/год

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.6.4 Обґрунтування роботи кормоцеху

Для високопродуктивних корів основне значення має якість підготовки концентрованих кормів.

До складу кормоцеху входять:

- приймальний бункер;
- дробарка зерна ДБ-5;
- шнековий транспортер;
- змішувач кормів;
- накопичувальний бункер;
- кормороздавач.

Технологічний процес:

1. Зерно надходить із зерноскладу.
2. Подається у дробарку ДБ-5.
3. Подрібнений матеріал транспортується у змішувач.
4. Додаються премікси та білкові компоненти.
5. Готова суміш подається в кормороздавач.

Застосування кормоцеху забезпечує рівномірність кормової суміші та підвищує поїдання кормів тваринами. Аналогічні підходи до механізації кормоприготування широко застосовуються в сучасних проєктах тваринницьких підприємств.

2.6.5 Розрахунок продуктивності дробарки ДБ-5

Приймаємо:

- кількість корів – 400 гол.;
- середня норма концентратів – 8 кг/гол./добу.

Добова потреба:

$$Q_{\text{доб}} = 400 \times 8 = 3200 \text{ кг} = 3,2 \text{ т/добу}$$

Продуктивність дробарки ДБ-5:

$$W = 5 \text{ т/год.}$$

Тривалість роботи дробарки:

$$t = Q_{\text{доб}} / W$$

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$t=3,2/5=0,64\text{ год.}=38\text{ хв.}$$

Отже, для забезпечення ферми концентрованими кормами дробарка ДБ-5 працюватиме лише близько **40 хвилин на добу**, що свідчить про значний запас продуктивності.

2.6.6 Розрахунок змішувача кормів

Добова кількість кормосуміші:

Компонент	Кількість, т
Подрібнене зерно	3,2
Макуха	0,8
Премікси	0,05
Інші компоненти	0,95
Разом	5,0

За продуктивності змішувача 12 т/год.:

$$t=5,0/12=0,42\text{ год.}$$

або

$$t=25\text{ хв.}$$

Таким чином, повний цикл приготування кормів у кормоцеху займає приблизно одну годину.

2.6.7 Очікуваний ефект від впровадження кормоцеху

Використання дробарки ДБ-5 та механізованого кормоцеху дозволяє:

- підвищити засвоюваність концентрованих кормів на 8–12 %;
- зменшити втрати кормів на 5–7 %;
- скоротити витрати праці на приготування кормів на 50–60 %;
- підвищити середньорічний надій молока на 3–5 %.

Операційно-технологічна карта роботи кормоцеху з дробаркою ДБ-5

Технологічний процес приготування кормової суміші включає приймання компонентів, подрібнення зерна, дозування складових, змішування та завантаження готового корму в кормороздавач.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Таблиця 2.3 – Операційно-технологічна карта роботи кормоцеху

№	Найменування операції	Машина або обладнання	Обсяг робіт, т/добу	Продуктивність, т/год	Тривалість роботи, год
1	Завантаження зерна в приймальний бункер	ПЗМ-10	3,2	10,0	0,32
2	Подрібнення зерна	ДБ-5	3,2	5,0	0,64
3	Транспортування подрібненого зерна	Шнековий транспортер	3,2	8,0	0,40
4	Завантаження макухи та добавок	Навантажувач ПФ-0,8	1,8	6,0	0,30
5	Дозування компонентів	Дозатор кормів	5,0	10,0	0,50
6	Змішування кормової суміші	Змішувач С-12	5,0	12,0	0,42
7	Завантаження кормосуміші в кормороздавач	Шнековий завантажувач	5,0	10,0	0,50
8	Транспортування кормів до ферми	Кормороздавач КТУ-10А	5,0	10,0	0,50

Загальна тривалість роботи кормоцеху протягом доби становить:

$$T_{\text{заг}} = 0,32 + 0,64 + 0,40 + 0,30 + 0,50 + 0,42 + 0,50 + 0,50 = 3,58 \text{ год.}$$

Таким чином, для забезпечення ферми на 400 корів концентрованими кормами кормоцех працює приблизно 3,5–4 години на добу.

Розрахунок потреби в електроенергії дробарки ДБ-5

Потужність електродвигуна дробарки:

$$N = 30 \text{ кВт}$$

Час роботи:

$$t = 0,64 \text{ год.}$$

Добові витрати електроенергії:

$$W = N \times t$$

$$W = 30 \times 0,64 = 19,2 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річне споживання:

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$W_{\text{річ}} = 19,2 \times 365 = 7008 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Отримані результати свідчать про достатньо високу енергоефективність кормоцеху при використанні дробарки ДБ-5.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПОТОКОВО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ

У даному розділі виконано технологічний розрахунок молочнотоварної ферми на 400 корів із безприв'язним утриманням тварин. Особливу увагу приділено проектуванню генерального плану ферми, організації виробничого режиму, забезпеченню нормативного мікроклімату та розрахунку потоково-технологічних ліній кормоцеху з дробаркою зерна ДБ-5.

3.1 Розробка генплану ферми з визначенням потреби приміщень і аналізом показників використання площі ділянки

Для проектування прийнято молочнотоварну ферму на 400 корів із безприв'язним утриманням у двох корівниках по 200 голів кожний. До складу ферми входять доїльний блок, молочний блок, кормоцех, склади кормів, силосні траншеї, гноєсховище та адміністративно-побутові приміщення[3].

Таблиця 3.1 – Потреба в основних приміщеннях

Найменування будівлі або споруди	Кількість	Розміри, м	Площа, м ²
Корівник на 200 голів	2	72 × 24	1728 × 2
Доїльний блок	1	24 × 12	288
Молочний блок	1	12 × 9	108
Кормоцех	1	18 × 12	216
Зерносклад	1	18 × 12	216
Сіносховище	1	36 × 18	648
Адміністративний корпус	1	18 × 9	162
Ветпункт і профілакторій	1	18 × 12	216
Гноєсховище	1	45 × 25	1125
Силосні траншеї (4 шт.)	4	50 × 10	2000
Разом забудова	—	—	8439 м ²

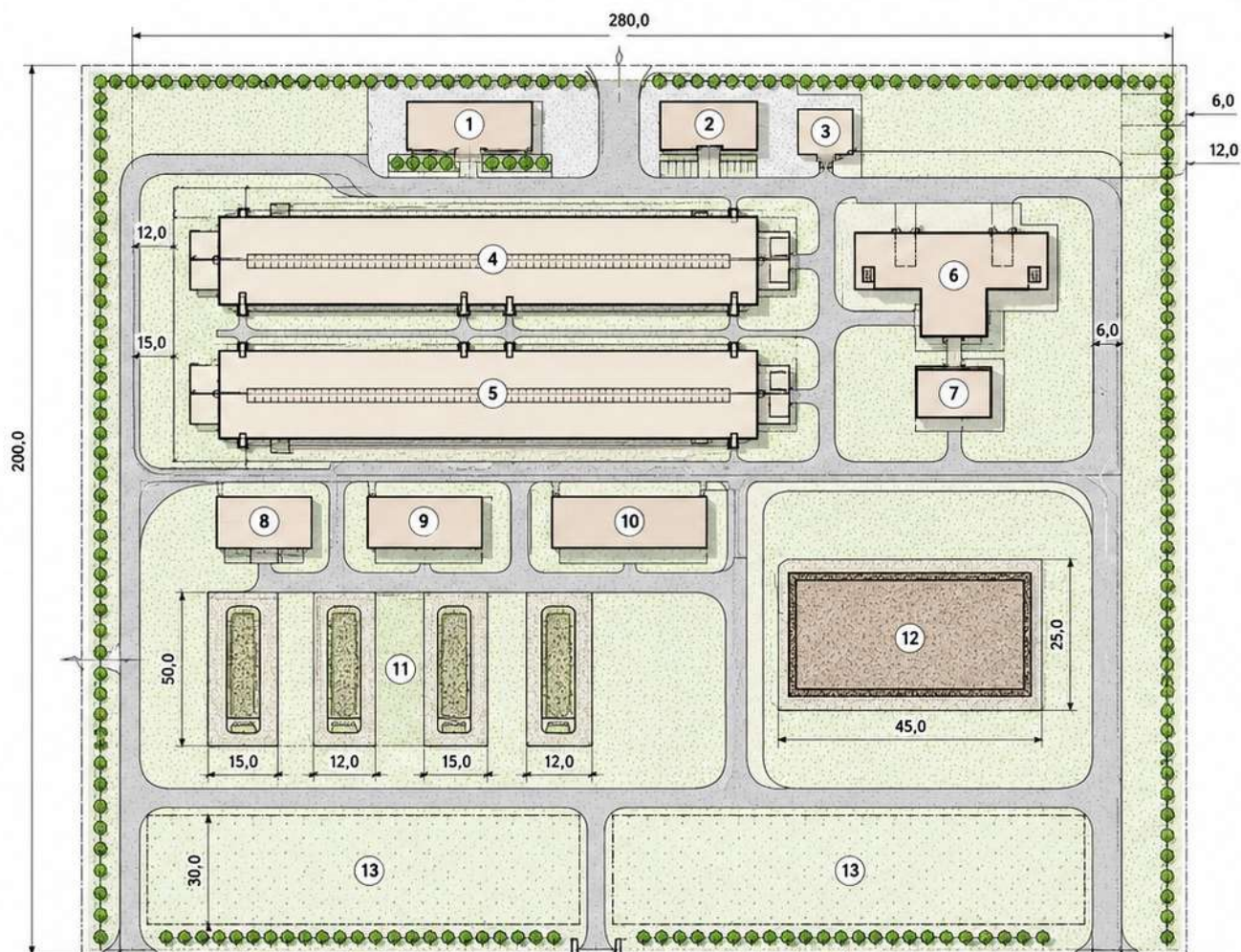


Рисунок 3.1 – Генеральний план ферми :

1 – адміністративний корпус; 2 – ветеринарний пункт; 3 – дезбар'єр; 4–5 – корівники; 6 – доїльний блок; 7 – молочний блок; 8 – кормоцех із дробаркою ДБ-5; 9 – зерносклад; 10 – сіносховище; 11 – силосні траншеї; 12 – гноєсховище; 13 – вигульні майданчики; 14 – внутрішньофермські дороги[3].

Розрахунок площі земельної ділянки

Для молочнотоварних ферм приймають 120–150 м² земельної ділянки на одну корову. Приймаємо 140 м²/гол.:

$$F=400 \cdot 140=56000 \text{ м}^2$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

МВМ 00.000 ПЗ

Арк.

Показники використання території

Коефіцієнт забудови

$$K_z = 8439 / 56000 = 0,15.$$

Коефіцієнт озеленення та вільних площ

$$K_v = 1 - 0,15 = 0,85.$$

Отримані значення відповідають нормативним вимогам для тваринницьких підприємств.

3.2 Розробка розпорядку дня на фермі

Раціональний розпорядок дня забезпечує ритмічність виробництва, нормальний фізіологічний стан тварин і високу продуктивність.

Таблиця 3.2 – Розпорядок дня на фермі[3]

Час	Виробнича операція
04:30–05:00	Підготовка до доїння, санітарна обробка обладнання
05:00–07:00	Перше доїння корів
07:00–08:00	Роздавання ранкової порції кормів
08:00–09:00	Напування тварин, прибирання приміщень
09:00–12:00	Підготовка кормів у кормоцеху, ветеринарний огляд
12:00–13:00	Роздавання денної порції кормів
13:00–15:00	Відпочинок тварин, технологічні роботи
15:00–17:00	Друге доїння корів
17:00–18:00	Роздавання вечірньої порції кормів
18:00–19:00	Видалення гною, прибирання проходів
19:00–21:00	Третє доїння корів
21:00–22:00	Очищення та дезінфекція доїльного обладнання

Триразове доїння забезпечує стабільну молочну продуктивність корів із середнім надоем понад 8000 кг молока за лактацію.

3.3 Розрахунок мікроклімату приміщення для утримання тварин

Для корівника на 200 голів приймаємо розміри приміщення 72×24 м.
Висота до низу конструкцій – 3,6 м[3].

Об'єм приміщення

$$V=72 \cdot 24 \cdot 3,6=6220,8 \text{ м}^3$$

На одну корову припадає:

$$V_1=6220,8/200=31,1 \text{ м}^3/\text{гол.}$$

Норматив для дійних корів становить 25–35 $\text{м}^3/\text{гол.}$, тому умова виконується.

Розрахунок повітрообміну

Для дійних корів мінімальний повітрообмін у зимовий період приймають $70 \text{ м}^3/\text{год}$ на 100 кг живої маси. Середня маса корови – 600 кг[3].

$$L_1=70 \cdot 6=420 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Загальний повітрообмін для 200 корів:

$$L=420 \cdot 200=84000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна кратність повітрообміну[3]:

$$n=L/V=84000/6220,8=13,5 \text{ разів/год.}$$

Отримане значення відповідає нормативним вимогам для зимового періоду.

Розрахунок вентиляційних шахт

Швидкість руху повітря у витяжній шахті приймаємо 1,2 м/с. Необхідна сумарна площа перерізу шахт:

$$F=L/3600 \cdot v=84000/3600 \cdot 1,2=19,4 \text{ м}^2$$

Якщо прийняти шахти розміром $1,2 \times 1,2$ м, площа однієї шахти становитиме:

$$F_1=1,2 \cdot 1,2=1,44 \text{ м}^2$$

Кількість шахт:

$$n=19,4/1,44 \approx 14 \text{ шт.}$$

Приймаємо 14 вентиляційних шахт рівномірно по довжині будівлі.

Параметри мікроклімату

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Для дійних корів у корівнику підтримують[3]:

- температуру повітря: +8...+12 °С;
- відносну вологість: 60–75 %;
- швидкість руху повітря взимку: 0,2–0,3 м/с;
- концентрацію аміаку: не більше 20 мг/м³.

Забезпечення нормативного мікроклімату позитивно впливає на здоров'я тварин та рівень молочної продуктивності.

3.4 Технологічний розрахунок потоково-технологічних ліній кормоцеху з дробаркою ДБ-5

Кормоцех призначений для приготування концентрованих кормових сумішей для ферми на 400 корів. До складу лінії входять: приймальний бункер, дробарка ДБ-5, шнекові транспортери, дозатори, змішувач кормів та завантажувальний шнек[3].

Добова потреба у концентрованих кормах

Середня норма концентратів для однієї корови – 8 кг/добу.

$$Q_d = 400 \cdot 8 = 3200 \text{ кг/добу} = 3,2 \text{ т/добу}$$

З урахуванням нетелей та молодняку приймаємо загальну потребу концентрованої суміші 5 т/добу.

Розрахунок дробарки ДБ-5

Продуктивність дробарки:

$$W = 5 \text{ т/год.}$$

Час роботи дробарки на добу:

$$t = 3,2 / 5 = 0,64 \text{ год.}$$

Отже, дробарка працює приблизно 38–40 хвилин на добу.

Розрахунок шнекового транспортера

Потрібно транспортувати 3,2 т подрібненого зерна за 0,64 год. Необхідна продуктивність транспортера:

$$W_{\text{тр}} = 3,2 / 0,64 = 5 \text{ т/год.}$$

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Приймаємо шнековий транспортер продуктивністю 8 т/год, що забезпечує надійну роботу лінії.

Розрахунок змішувача кормів

Добова кількість суміші – 5 т. Продуктивність змішувача С-12:

$$W_{зм}=12 \text{ т/год}$$

Час змішування:

$$t_{зм}=5/12=0,42 \text{ год}$$

або близько 25 хвилин.

Розрахунок бункера готової суміші

Для забезпечення безперервної роботи кормороздавача запас корму приймаємо на 0,5 доби:

$$Q_6=0,5 \cdot 5=2,5 \text{ т}$$

За насипної маси суміші 650 кг/м³ об'єм бункера становитиме[3]:

$$V_6=2500/650=3,85 \text{ м}^3$$

Приймаємо бункер місткістю 4 м³.

Технологічна схема роботи кормоцеху

1. Зерно із зерноскладу завантажується у приймальний бункер.
2. Шнеком подається до дробарки ДБ-5.
3. Подрібнене зерно транспортується у змішувач.
4. Додаються макуха, премікси та мінеральні добавки.
5. Після змішування готова суміш надходить у накопичувальний бункер.
6. Кормороздавач завантажується готовою сумішшю та доставляє її до корівників.

Енергетичний розрахунок

Потужність обладнання:

- дробарка ДБ-5 – 30 кВт;
- шнекові транспортери – 5 кВт;
- змішувач кормів – 11 кВт.

Загальна встановлена потужність:

$$N_{вст}=30+5+11=46 \text{ кВт}$$

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Добові витрати електроенергії:

$$W=30\cdot0,64+5\cdot0,4+11\cdot0,42=19,2+2,0+4,6=25,8 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Річне споживання електроенергії кормоцехом становитиме:

$$W_p=25,8\cdot365=9417 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Отримані результати свідчать, що кормоцех із дробаркою ДБ-5 повністю забезпечує потребу ферми на 400 корів у концентрованих кормах та має достатній резерв продуктивності.

Висновки до розділу 3

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що для ферми на 400 корів необхідна земельна ділянка площею 5,6 га, а коефіцієнт забудови становить 0,15, що відповідає нормативним вимогам. Розроблений розпорядок дня забезпечує ритмічність виробництва та оптимальне використання робочого часу. Розрахунок мікроклімату показав необхідність організації повітрообміну 84 тис. м³/год. із встановленням 14 вентиляційних шахт. Технологічний розрахунок кормоцеху довів, що дробарка ДБ-5 при продуктивності 5 т/год. забезпечує добову потребу ферми в подрібненому зерні з великим запасом продуктивності, а загальні витрати електроенергії кормоцеху становлять близько 9,4 тис. кВт·год. на рік.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

4 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування модернізації ротора дробарки зерна

4.1.1 Зоотехнічні вимоги[4]

Молоткова дробарка використовується для подрібнення фуражного зерна з вологістю до 17 % з метою приготування кормів для різних видів сільськогосподарських тварин і птиці. Обладнання може застосовуватися в усіх природно-кліматичних зонах України як складова комбікормових агрегатів та цехів продуктивністю 4–6 т/год, а також у кормоцехах і зерносховищах середніх та великих тваринницьких і птахівничих господарств[4].

Подача зерна до дробарки та транспортування подрібненого продукту здійснюються за допомогою технологічного обладнання лінії приготування кормів або окремих транспортуючих пристроїв. Конструкцією машини передбачено систему автоматичного регулювання подачі матеріалу, а також пристрої для вилучення металевих домішок та сторонніх предметів. Допустимий рівень запиленості робочої зони не повинен перевищувати 4 мг/м³.

Нормальна робота дробарки та її електрообладнання забезпечується за температури навколишнього середовища від мінус 35 до плюс 35 °С і відносної вологості повітря до 98 %[4].

Однією з основних умов ефективного використання кормів є забезпечення необхідного ступеня подрібнення кормових компонентів. Оптимальний розмір частинок залежить від виду тварин або птиці, їх віку, а також від типу кормової сировини та способу використання корму (у складі комбікормів, окремо, у гранульованому чи розсипному вигляді).

Відповідно до чинних стандартів розрізняють три ступені помелу комбікормів[4]:

- дрібний – із середнім розміром частинок від 0,2 до 1,0 мм;
- середній – від 1,0 до 1,8 мм;
- крупний – від 1,8 до 2,6 мм.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Практичними дослідженнями встановлено, що для годівлі свиней найбільш придатними є корми дрібного помелу, тоді як для великої рогатої худоби та птиці доцільно використовувати корми середнього або крупного помелу.

Кількість мінеральних домішок у комбікормах регламентується залежно від виду та віку тварин. Для курчат, поросят і телят молочного періоду їх вміст не повинен перевищувати 0,3 %, для молодняку великої рогатої худоби та свиней – 0,5 %, а для дорослих корів і овець – не більше 0,7 %[5].

Вміст металоманітних домішок із розміром частинок до 2 мм та незагостреними краями допускається в кількості не більше 30 мг на 1 кг корму. Кількість насіння отруйних рослин не повинна перевищувати 0,25 % від загальної маси корму[5].

4.1.2 Призначення, будова та процес роботи безрешітної дробарки ДБ-5

Безрешітна дробарка ДБ-5 призначена для подрібнення різних видів фуражного зерна з вологістю до 17 %. Машина випускається у двох модифікаціях: ДБ-5-1, яка використовується як окремий агрегат, та ДБ-5-2, що входить до складу комбікормових установок типу ОКЦ[6].

Комплектація дробарки ДБ-5-1 включає безпосередньо дробарку, завантажувальний та вивантажувальний шнеки, а також шафу керування. Модифікація ДБ-5-2 постачається без шнеків і системи керування[6].

Основними складовими машини є (рис. 4.1) дробильна камера, корпус, бункер для зерна, розподільна камера та несуча рама. На рамі встановлено електродвигун приводу та корпус із ротором, які з'єднані між собою втулково-пальцевою муфтою. Для зручності забору зерна із бурту завантажувальний шнек обладнано допоміжним шнеком[6].

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

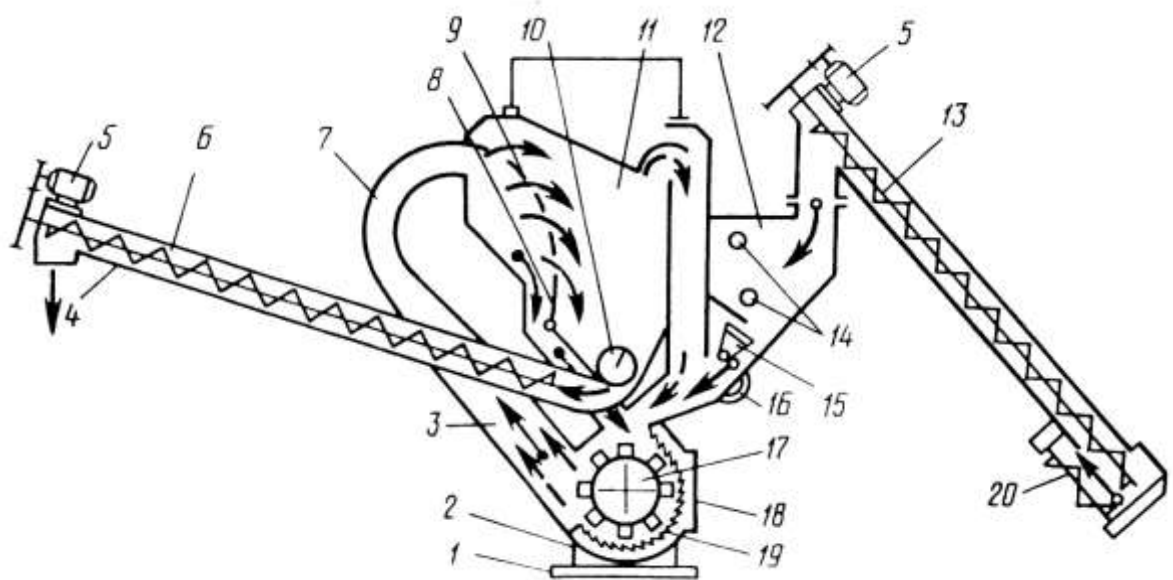


Рис. 4.1. Схема робочого процесу дробарки безрешітної ДБ-5:

1 – рама; 2 – корпус; 3 – дробильна камера; 4 – вивантажувальний шнек; 5 – електродвигун; 6 – корпус шнека; 7 – кормопровід; 8 – заслінка; 9 – сепаратор; 10 – шнек розподільної камери; 11 – розподільна камера; 12 – бункер для зерна; 13 – завантажувальний шнек; 14 – датчики рівня; 15 – заслінка бункера; 16 – магніт; 17 – ротор; 18 – кришка; 19 – дека; 20 – допоміжний шнек[6]

Ротор змонтований у підшипникових опорах і складається з вала, дисків та шарнірно підвішених молотків. Фіксація дисків і дистанційних втулок на валу здійснюється за допомогою гайки. Необхідні проміжки між молотками забезпечуються встановленням розпірних втулок.

У корпусі передбачено дві горловини, через які здійснюється переміщення продукту та повітряних потоків. Для технічного обслуговування передбачена відкидна кришка. На внутрішній поверхні корпусу встановлені деки, положення яких можна регулювати за допомогою ексцентрикових механізмів.

Для підвищення безпеки експлуатації машина оснащена кінцевим вимикачем, який блокує запуск дробарки при відкритій кришці. У бункері розташовані магнітний уловлювач металевих домішок, датчики рівня зерна та механізм керування заслінкою.

Розподільна камера виконує функцію сортування подрібненого матеріалу на дрібну та крупну фракції. Її конструкція забезпечує повернення надто великих частинок на повторне подрібнення та циркуляцію повітряного потоку всередині машини.

Ступінь подрібнення регулюється зміною положення заслінки розподільної камери та встановленням відповідного сепаратора. Для подрібнення вівса використовують сепаратор з отворами діаметром 16 мм, а для інших зернових культур – 8 мм[6].

У верхній частині камери встановлений тканинний фільтр для відведення надлишкового повітря, а в нижній – шнек для транспортування готового продукту.

Привід заслінки складається з електродвигуна, зубчастої передачі, вала та електромагнітної муфти. У разі вимкнення муфти заслінка під дією власної ваги швидко перекидає надходження зерна до дробильної камери.

Шафа керування містить амперметр для контролю навантаження головного електродвигуна, апаратуру керування та автоматичний регулятор продуктивності.

Монтаж дробарки та шафи керування виконують на бетонному фундаменті із застосуванням фундаментних болтів. Кабелі прокладають у металевих рукавах у спеціально підготовлених каналах. Обов'язковою умовою експлуатації є надійне заземлення обладнання.

Перед введенням у роботу проводять обкатку дробарки в кілька етапів: перевірку роботи електродвигунів, холостий запуск із вимкненим регулятором, роботу на холостому ходу з увімкненим регулятором та випробування під навантаженням.

Під час перевірки контролюють правильність напрямку обертання робочих органів, справність блокувальних пристроїв та роботу автоматичного регулятора. Після заповнення бункера зерном регулятор вмикають і спостерігають за навантаженням електродвигуна. За нормальних умов експлуатації відхилення сили струму не перевищують ± 5 А.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Після успішного випробування дробарки під робочим навантаженням протягом 30 хвилин оформлюють акт введення машини в експлуатацію.

4.1.3 Обґрунтування модернізації ротора безрешітної дробарки ДБ-5

Проведений аналіз науково-технічної літератури та результатів практичного використання безрешітної дробарки ДБ-5 показав, що дана машина забезпечує необхідну якість подрібнення зернових кормів і в цілому відповідає зоотехнічним вимогам. Разом з тим під час експлуатації виявлено певні недоліки конструкції.

Однією з найбільш поширених проблем є налипання та накопичення частинок вологого або в'язкого зерна на робочих поверхнях дробильної камери. Особливо часто це спостерігається під час подрібнення вівса, що призводить до зниження продуктивності машини, погіршення якості подрібнення та необхідності періодичного очищення робочої зони.

Для усунення зазначеного недоліку пропонується модернізувати робочий орган дробарки шляхом встановлення спеціальної скоби на крайні молотки ротора. Під час роботи скоба створюватиме додатковий очищувальний ефект, запобігаючи накопиченню частинок корму на внутрішніх поверхнях дробильної камери. Реалізація такого конструктивного рішення дозволить підвищити надійність роботи машини, зменшити кількість технологічних зупинок та покращити загальну ефективність процесу подрібнення зерна.

4.2 Технологічний розрахунок

Технологічний розрахунок дробарки ДБ-5 виконується з метою визначення основних параметрів процесу подрібнення зерна та перевірки відповідності технічних характеристик машини виробничим потребам господарства.

Дробарка ДБ-5 призначена для подрібнення зерна з вологістю до 17 % при приготуванні комбікормів для великої рогатої худоби, свиней та птиці. Основним робочим органом машини є ротор із шарнірно закріпленими молотками, які руйнують зерно ударами при високій швидкості обертання[6].

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Вихідними даними для розрахунку приймаємо:

- продуктивність дробарки – 5 т/год;
- насипна густина зерна – 750 кг/м³;
- середній розмір зерна до подрібнення – 5 мм;
- середній розмір частинок після подрібнення – 1,2 мм;
- коефіцієнт використання часу зміни – 0,85.

Годинна продуктивність дробарки становить

$$Q = 5000 \text{ кг/год.}$$

Об'ємна продуктивність:

$$Q_{об} = Q / \rho$$

$$Q_{об} = 5000 / 750 = 6,67 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Секундна подача матеріалу:

$$q = 5000 / 3600 = 1,39 \text{ кг/с.}$$

Ступінь подрібнення визначається за формулою

$$i = d_1 / d_2,$$

де d_1 – середній розмір зерна до подрібнення, мм;

d_2 – середній розмір частинок після подрібнення, мм.

$$i = 5 / 1,2 = 4,17.$$

Отримане значення відповідає вимогам до приготування кормів для більшості видів сільськогосподарських тварин.

Для забезпечення необхідної продуктивності площа живого перерізу завантажувального патрубку повинна забезпечувати безперервне надходження матеріалу до робочої камери. За швидкості руху зерна у завантажувальному каналі 1,2 м/с площа перерізу становить

$$F = Q_{об} / (3600 \cdot v)$$

$$F = 6,67 / (3600 \cdot 1,2) = 0,00154 \text{ м}^2.$$

Отже, діаметр круглого завантажувального отвору становить приблизно

$$d = \sqrt{(4F/\pi)}$$

$$d = \sqrt{(4 \cdot 0,00154 / \pi)} = 0,044 \text{ м.}$$

Приймається стандартний отвір діаметром 50 мм.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Аналіз отриманих результатів показує, що дробарка ДБ-5 забезпечує необхідну продуктивність при заданому ступені подрібнення та може ефективно використовуватися в кормоцехах середньої продуктивності.

4.3 Кінематичний розрахунок

Кінематичний розрахунок проводиться для визначення частоти обертання ротора, швидкості руху молотків та параметрів приводу дробарки.

Привід дробарки здійснюється від асинхронного електродвигуна потужністю 30 кВт.

Номінальна частота обертання двигуна:

$$n_{\text{дв}} = 3000 \text{ хв}^{-1}.$$

Передача обертання здійснюється через пружну муфту безпосередньо на вал ротора.

Передаточне число приводу:

$$u = n_{\text{дв}} / n_{\text{р}}$$

де $n_{\text{р}}$ – частота обертання ротора.

Для дробарки ДБ-5

$$n_{\text{р}} = 3000 \text{ хв}^{-1}.$$

Тоді

$$u = 3000 / 3000 = 1.$$

Кутова швидкість ротора:

$$\omega = \pi n / 30$$

$$\omega = 3,14 \cdot 3000 / 30 = 314 \text{ рад/с}.$$

Зовнішній діаметр ротора становить

$$D = 0,50 \text{ м}.$$

Лінійна швидкість кінця молотка:

$$v = \pi D n / 60$$

$$v = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 3000 / 60 = 78,5 \text{ м/с}.$$

Отримана швидкість знаходиться в межах рекомендованих значень для молоткових дробарок (70–90 м/с), що забезпечує ефективне руйнування зерна.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Частота проходження молотків через робочу зону визначається:

$$f = z \cdot n / 60,$$

де z – кількість молотків.

Для ротора ДБ-5

$$z = 72.$$

Тоді

$$f = 72 \cdot 3000 / 60 = 3600 \text{ с}^{-1}.$$

Це означає, що за одну секунду через робочу зону проходить близько 3600 ударних елементів, що забезпечує інтенсивний процес подрібнення.

Шлях, який проходить кінець молотка за одну секунду:

$$S = v \cdot t$$

$$S = 78,5 \cdot 1 = 78,5 \text{ м.}$$

Отже, ротор створює достатньо високу ударну дію для отримання необхідної якості подрібнення корму.

4.4 Силовий аналіз механізмів машини

Силовий аналіз дозволяє визначити навантаження, що діють на ротор, молотки та вал дробарки під час роботи.

Основною силою, яка забезпечує подрібнення зерна, є ударна сила молотка.

Маса одного молотка:

$$m = 0,35 \text{ кг.}$$

Лінійна швидкість його руху:

$$v = 78,5 \text{ м/с.}$$

Кінетична енергія одного молотка:

$$E = mv^2 / 2$$

$$E = 0,35 \cdot 78,5^2 / 2 = 1078 \text{ Дж.}$$

Таким чином, кожний молоток під час удару має запас енергії понад 1 кДж, чого достатньо для руйнування зерна.

Відцентрова сила, яка діє на молоток:

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$F_{ц} = mv^2 / r,$$

де $r = 0,25$ м.

Тоді

$$F_{ц} = 0,35 \cdot 78,5^2 / 0,25 = 8629 \text{ Н.}$$

Отримане навантаження утримується віссю підвісу молотка та дисками ротора.

Крутний момент на валу визначається за формулою:

$$M = 9550 \cdot N / n$$

$$M = 9550 \cdot 30 / 3000 = 95,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Окружна сила на роторі:

$$F_t = 2M / D$$

$$F_t = 2 \cdot 95,5 / 0,5 = 382 \text{ Н.}$$

Радіальна складова навантаження приймається рівною 30 % від окружної сили:

$$F_r = 0,3 \cdot 382 = 115 \text{ Н.}$$

Результуюче навантаження:

$$F = \sqrt{(F_t^2 + F_r^2)}$$

$$F = \sqrt{(382^2 + 115^2)} = 399 \text{ Н.}$$

Одержані результати свідчать про те, що вал ротора та його опори працюють в умовах значних динамічних навантажень, тому при конструюванні необхідно передбачати достатній запас міцності та жорсткості.

Проведений силовий аналіз підтверджує працездатність конструкції дробарки ДБ-5 та можливість забезпечення стабільного процесу подрібнення зернових кормів.

4.5 Енергетичний розрахунок

Енергетичний розрахунок дробарки ДБ-5 виконується з метою визначення необхідної потужності приводу для забезпечення заданої продуктивності та оцінки ефективності використання електроенергії під час подрібнення зерна.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Процес подрібнення зерна супроводжується витратами енергії на руйнування зернівок, подолання сил тертя між частинками продукту і робочими органами машини, а також на подолання механічних втрат у приводі та опорах ротора.

Вихідні дані для розрахунку:

- продуктивність дробарки $Q=5$ т/год.;
- встановлена потужність електродвигуна $N_{вст}=30$ кВт;
- коефіцієнт корисної дії приводу $\eta=0,92$;
- питома витрата енергії на подрібнення зерна $e=5,2$ кВт·год./т.

Теоретична потужність, необхідна для подрібнення зерна:

$$N_T = \frac{Q \cdot e}{1}$$

$$N_T = 5 \cdot 5,2 = 26,0 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність двигуна з урахуванням втрат у приводі:

$$N = \frac{N_T}{\eta}$$

$$N = \frac{26,0}{0,92} = 28,3 \text{ кВт}$$

Отримане значення є меншим за встановлену потужність двигуна, що підтверджує правильність вибору електропривода потужністю 30 кВт.

Коефіцієнт запасу потужності:

$$k = \frac{N_{вст}}{N}$$

$$k = \frac{30}{28,3} = 1,06$$

Коефіцієнт запасу відповідає рекомендованим значенням для дробарок кормів і забезпечує надійну роботу машини при зміні вологості та фізико-механічних властивостей зерна.

Годинна витрата електроенергії:

$$W = N_{вст} \cdot t$$

Для однієї години роботи:

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$W=30 \cdot 1=30 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Питома витрата електроенергії:

$$w=W/Q$$

$$w=30/5=6,0 \text{ кВт} \cdot \text{год/ т}$$

Отримане значення відповідає показникам сучасних молоткових дробарок аналогічної продуктивності.

Енергія, що накопичується ротором під час обертання, визначається за формулою:

$$E=J \cdot \omega^2 / 2 ,$$

де J – момент інерції ротора;

ω – кутова швидкість.

Для ротора масою 120 кг та радіусом 0,25 м:

$$J=mr^2/2$$

$$J=120 \cdot 0,25^2 / 2 = 3,75 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Кутова швидкість:

$$\omega=314 \text{ рад/с} .$$

Тоді

$$E=3,75 \cdot 314^2 / 2 = 184867 \text{ Дж.}$$

Таким чином, ротор накопичує близько 185 кДж кінетичної енергії, що забезпечує стабільність роботи дробарки навіть при нерівномірній подачі зерна.

Проведений енергетичний розрахунок показав, що потужність встановленого електродвигуна є достатньою для забезпечення заданої продуктивності дробарки ДБ-5.

4.6 Розрахунок деталей та вузлів на міцність

Для перевірки працездатності конструкції виконується розрахунок найбільш навантажених елементів ротора:

1. вала ротора;
2. осі підвісу молотків;
3. молотка ротора.

					MBM 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

4.6.1 Розрахунок вала ротора на міцність

Вал ротора передає крутний момент від електродвигуна до робочого органа та сприймає згинальні навантаження від маси ротора і динамічних сил.

Крутний момент:

$$M_k = 95,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для суцільного круглого вала діаметр визначають за формулою[7]:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 M_k}{\pi [\tau]}}$$

Допустиме напруження кручення для сталі 45[7]:

$$[\tau] = 35 \text{ МПа.}$$

Підставляємо значення:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 95500}{3,14 \cdot 35}}$$

$$d = 24,0 \text{ мм}$$

З урахуванням ударних навантажень вводимо коефіцієнт запасу:

$$k = 1,8$$

Тоді

$$d_p = 24 \cdot 1,8 = 43,2 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр вала:

$$d = 50 \text{ мм}$$

Перевірка на кручення[7]:

$$\tau = \frac{16 M_k}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 95500}{3,14 \cdot 50^3}$$

$$\tau = 3,9 \text{ МПа}$$

Оскільки

$$\tau < [\tau],$$

умова міцності виконується.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

4.6.2 Розрахунок осі підвісу молотка

Вісь сприймає відцентрову силу від молотка.

Відцентрова сила:

$$F=8629 \text{ Н}$$

Матеріал осі – сталь 45.

Допустиме напруження зрізу[7]:

$$[\tau]=60 \text{ МПа.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\tau]}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 8629}{3,14 \cdot 60}}$$

$$d = 13,5 \text{ мм}$$

Необхідний діаметр:

Приймаємо стандартний діаметр:

$$d=20 \text{ мм.}$$

Фактичне напруження зрізу[7]:

$$\tau=F/A$$

$$A=\pi d^2/4$$

$$A=314 \text{ мм}^2$$

$$\tau=8629/314 =27,5 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується:

$$27,5<60 \text{ МПа}$$

Отже, вісь має достатній запас міцності.

4.6.3 Розрахунок молотка ротора

Молоток працює в умовах багаторазових ударних навантажень та дії відцентрових сил.

Приймаємо розміри молотка:

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- довжина – 150 мм;
- ширина – 50 мм;
- товщина – 6 мм.

Площа небезпечного перерізу:

$$A=50 \cdot 6=300 \text{ мм}^2.$$

Напруження розтягу від відцентрової сили[8]:

$$\sigma=F/A$$

$$\sigma=8629/300=28,8 \text{ МПа}$$

Для сталі 65Г допустиме напруження:

$$[\sigma]=250 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу:

$$n=250/28,8=8,7$$

Отримане значення свідчить про значний запас міцності.

Перевіримо молоток на згин.

Момент згину[8]:

$$M=F \cdot l,$$

де $l=75 \text{ мм}$

$$M=8629 \cdot 75=647175 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Момент опору[8]:

$$W=bh^2/6$$

$$W=50 \cdot 6^2/6=300 \text{ мм}^3$$

Напруження згину[8]:

$$\sigma_3=M/W$$

$$\sigma_3=647175/300=215,7 \text{ МПа}$$

Оскільки

$$215,7 < 250 \text{ МПа},$$

умова міцності також виконується.

					MBM 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Висновок до інженерної частини

В результаті виконаних технологічного, кінематичного, силового та енергетичного розрахунків встановлено, що дробарка ДБ-5 забезпечує продуктивність 5 т/год. при питомих витратах електроенергії близько 6 кВт·год. на тонну продукції. Кінематичні параметри ротора відповідають вимогам ефективного подрібнення зернових кормів.

Розрахунки на міцність показали, що вал ротора, вісь підвісу молотків та самі молотки мають достатній запас міцності для роботи в умовах значних динамічних навантажень. Це підтверджує надійність конструкції дробарки та можливість її тривалої експлуатації в кормоцехах сільськогосподарських підприємств.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути при експлуатації дробарки ДБ-5

Питання охорони праці при експлуатації машин і обладнання для приготування кормів є важливою складовою забезпечення безпечних умов праці на тваринницьких фермах та в кормоцехах. Дробарка ДБ-5 належить до машин підвищеної небезпеки, оскільки під час її роботи виникають механічні, електричні, шумові та пилові фактори, які можуть негативно впливати на обслуговуючий персонал[9].

Основним небезпечним фактором є наявність рухомих частин машини. Ротор дробарки обертається з великою частотою обертання, а швидкість руху молотків досягає 70–80 м/с. У разі відкривання кришок або захисних огорожень під час роботи можливе травмування працівника внаслідок контакту з рухомими деталями. Особливу небезпеку становлять приводні муфти, вали та пасові передачі, які повинні бути надійно закриті захисними кожухами[9].

Під час подрібнення зерна утворюється значна кількість пилу органічного походження. Тривале перебування працівників у запиленому середовищі може викликати подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів, сприяти розвитку професійних захворювань органів дихання. Крім того, пилоповітряні суміші за певних умов можуть утворювати вибухонебезпечне середовище.

Суттєвим шкідливим фактором є підвищений рівень шуму. Джерелом шуму є удари молотків по зерну, рух повітряних потоків усередині робочої камери та робота електродвигуна. Рівень шуму біля дробарки може перевищувати допустимі санітарні норми та досягати 85–95 дБ. Тривалий вплив шуму призводить до швидкої втомлюваності працівників, зниження уваги та погіршення слуху[9].

Під час роботи дробарки виникають також вібрації, які передаються через фундамент і корпус машини. Надмірні вібрації можуть негативно впливати як на

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

технічний стан обладнання, так і на організм людини, викликаючи підвищену стомлюваність та погіршення самопочуття.

При експлуатації дробарки існує небезпека ураження електричним струмом. Причиною може бути пошкодження ізоляції проводів, несправність електродвигуна, відсутність або несправність захисного заземлення. Особливо небезпечними є умови підвищеної вологості, які часто мають місце у виробничих приміщеннях сільськогосподарських підприємств.

Небезпеку також становлять технологічні операції з технічного обслуговування та ремонту дробарки. Під час заміни молотків, сит, підшипників або очищення робочої камери можливе травмування рук гострими кромками деталей чи випадкове ввімкнення машини.

Додатковими шкідливими факторами є недостатня освітленість робочого місця, підвищена температура повітря в приміщенні кормоцеху та значне фізичне навантаження при виконанні допоміжних операцій із завантаження зерна та видалення готового продукту[9].

Таким чином, аналіз умов експлуатації дробарки ДБ-5 показує, що під час її роботи можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори механічного, електричного, шумового, вібраційного та пилового характеру, які потребують застосування комплексу організаційних і технічних заходів щодо їх усунення або зменшення.

5.2 Розробка заходів по покращенню умов праці і усуненню небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Для забезпечення безпечної експлуатації дробарки ДБ-5 необхідно впроваджувати комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на усунення або зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

З метою захисту працівників від травмування всі рухомі частини дробарки повинні бути обладнані надійними захисними огороженнями. Корпус машини, приводні елементи, муфти та обертові вали мають бути закриті металевими

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

кожухами, які виключають можливість випадкового контакту людини з небезпечними зонами. Експлуатація дробарки без огорожень категорично забороняється[9].

Для попередження запуску машини під час проведення ремонтних робіт необхідно застосовувати систему блокування електропривода. Перед початком технічного обслуговування дробарку слід повністю відключити від електромережі та вивісити попереджувальний плакат «Не вмикати! Працюють люди» [9].

Для зменшення запиленості повітря рекомендується використовувати герметизовану систему транспортування кормів та місцеву витяжну вентиляцію. Над завантажувальним і розвантажувальним патрубками доцільно встановлювати аспіраційні пристрої, які забезпечують видалення пилу безпосередньо з місця його утворення. У виробничому приміщенні повинна функціонувати припливно-витяжна вентиляція[9].

Для захисту органів дихання працівники повинні забезпечуватися засобами індивідуального захисту, зокрема протипиловими респіраторами. При виконанні робіт з очищення обладнання необхідно також використовувати захисні окуляри[9].

Зниження рівня шуму досягається за рахунок підтримання справного технічного стану ротора, своєчасної заміни зношених молотків і підшипників, а також встановлення шумопоглинальних облицювань на стінах приміщення. У разі перевищення допустимих рівнів шуму працівники повинні користуватися навушниками або протишумовими вкладишами.

Для боротьби з вібраціями дробарку необхідно встановлювати на міцному фундаменті через гумові або пружинні амортизатори. Регулярне балансування ротора дозволяє знизити динамічні навантаження та покращити умови праці обслуговуючого персоналу.

З метою забезпечення електробезпеки всі металеві частини дробарки та електродвигуна повинні бути надійно заземлені. Електрообладнання має проходити періодичний огляд і перевірку стану ізоляції. Для захисту від

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

коротких замикань і перевантажень необхідно встановлювати автоматичні вимикачі та пристрої захисного відключення.

Особливу увагу слід приділяти навчанню персоналу безпечним методам роботи. До обслуговування дробарки допускаються лише особи, які пройшли відповідний інструктаж з охорони праці та ознайомлені з правилами експлуатації обладнання. Періодично необхідно проводити повторні інструктажі та перевірку знань працівників.

Робоче місце оператора повинно бути забезпечене достатнім природним і штучним освітленням. Освітленість робочої зони має відповідати вимогам чинних норм охорони праці. Проходи біля обладнання необхідно підтримувати в чистоті та не захащувати сторонніми предметами.

5.3 Висновки по розділу

Таким чином, впровадження запропонованих технічних і організаційних заходів дозволить значно підвищити рівень безпеки праці під час експлуатації дробарки ДБ-5, знизити ризик виробничого травматизму, покращити санітарно-гігієнічні умови праці та забезпечити надійну роботу обладнання в процесі приготування кормів.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

6 ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз існуючої технології виробництва молока та обґрунтовано необхідність удосконалення процесу приготування концентрованих кормів шляхом модернізації ротора дробарки зерна ДБ-5. Встановлено, що якість подрібнення зерна суттєво впливає на засвоєння кормів тваринами, продуктивність молочного стада та економічні показники роботи господарства.

У ході роботи проведено аналіз виробничої діяльності господарства, технології утримання та годівлі великої рогатої худоби, а також технічних засобів, що використовуються для приготування кормів. Визначено основні напрямки підвищення ефективності кормоприготування за рахунок удосконалення конструкції дробарки зерна.

Виконані технологічні, кінематичні, силові та енергетичні розрахунки підтвердили працездатність дробарки ДБ-5 та дозволили визначити основні параметри її роботи. Встановлено, що машина забезпечує продуктивність до 5 т/год при задовільній якості подрібнення зернових кормів і допустимих питомих витратах електроенергії.

У роботі запропоновано модернізацію ротора дробарки, спрямовану на підвищення ефективності процесу подрібнення, покращення рівномірності гранулометричного складу готового продукту та зменшення енерговитрат. Проведені розрахунки показали, що запропонована конструкція відповідає вимогам міцності та надійності. Перевірка найбільш навантажених елементів ротора, зокрема вала, осі підвісу молотків та самих молотків, підтвердила наявність достатнього запасу міцності для безпечної та довготривалої експлуатації.

Розглянуто питання охорони праці при експлуатації дробарки ДБ-5. Проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час роботи обладнання, та розроблено комплекс організаційних і

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

технічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

Очікуваний результат від впровадження запропонованих технічних рішень полягає у підвищенні якості підготовки концентрованих кормів, покращенні їх засвоюваності тваринами, зниженні експлуатаційних витрат та підвищенні економічної ефективності виробництва молока. Удосконалення конструкції ротора дробарки дозволяє підвищити надійність роботи обладнання, зменшити витрати електроенергії та створити передумови для зростання продуктивності молочного скотарства.

Таким чином, поставлена в кваліфікаційній роботі мета досягнута, а розроблені технічні рішення є доцільними та можуть бути рекомендовані для практичного використання в господарствах, що займаються виробництвом молока.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Костенко В. І. Технологія виробництва молока і яловичини. Практикум : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2023. 444 с.

2. Вимоги до молока та молочних продуктів. Наказ Мінагрополітики України №801 від 19.01.2026.

3. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств / І.І. Ревенко, В.Д.Роговий, В.І.Кравчук та ін.; за ред. І.І. Ревенка. К.: Урожай, 1999. 190 с.

4. Ревенко, І. І. Механізація тваринництва : [Підруч. для аграр. вищ. навч. закл.] / І.І.Ревенко, В.М.Щербак. Київ : Вища освіта, 2004. 319 с

5. Машини і обладнання для тваринництва : Електронний підручник / І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін. Київ : ДУ «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти», 2019.

6. Класифікація та аналіз роботи молоткових подрібнювачів. *Машини та обладнання для тваринництва. URL:*

https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page21.html

7. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин : підручник. 2-е вид., переробл. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.

8. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник / В. Т. Павлице. 2-ге вид., перероб. Львів : Афіша, 2003. 560 с.

9. Войналович О.В., Марчишина Є.І., Білько Т.О. Охорона праці у сільському господарстві : навч. підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 691 с.

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

ДОДАТКИ

					МВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		