

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення технологічної лінії приготування кормів для
свиновідгодівельної фермі з розробкою дробарки концентрованих
кормів**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Гурін Василь Васильович

Керівник: _____ Лупко Кристина Олегівна

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

прізвище, ініціали)

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Гуріну Василю Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічної лінії приготування кормів для свиновідгодівельної ферми з розробкою дробарки концентрованих кормів

керівник проєкту Лупко Кристина Олегівна, доктор філософії

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз сучасного стану тваринництва та наявних технологій приготування і роздавання кормів. Проведення патентного пошуку, вивчення наукових публікацій і останніх досліджень за обраним напрямом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз технічних і технологічних рішень в кормоцехах свиновідгодівельних ферм. 2. Проєктування механізованої лінії приготування кормів на свиновідгодівельній фермі. 3. Розробка дробарки концентрованих кормів. 4. Охорона праці та захист навколишнього

середовища. 5. Техніко-економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Технологічна схема (А1). 2. Дробарка. Вигляд загальний (А1). 3. Барабан молотковий. Складальне креслення (А1). 4. Вал (А3). 5. Диск (А3). 6. Шкив (А3). 7. Кришка підшипника (А4). 8. Втулка распорна (А4). 9. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Лупко К.О., старший викладач	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання: «05» травня 2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Технологічний	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 02.06.2026 р.	
5	Економічний	до 09.06.2026 р.	
6	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Гурін В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Лупко К.О.

(прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка	
					<u>Текстові документи</u>				
1	A4	46ДП.180000.000.ПЗ			Пояснювальна записка	66			
					<u>Графічні матеріали</u>				
2	A1	46ДП.180000.000.ТС			Технологічна схема	1	1		
3	A1	46ДП.180000.000.ВЗ			Дробарка. Вигляд загальний	1	2		
4	A1	46ДР.180001.000.СК			Барабан молотковий.	1	3		
					Складальне креслення				
5	A3	46ДР.180001.001			Вал	1	4		
6	A3	46ДР.180001.002			Диск	1	4		
7	A3	46ДР.180001.003			Шків	1	4		
8	A4	46ДР.180001.004			Кришка підшипника	1	4		
9	A4	46ДР.180001.005			Втулка распорна	1	4		
10	A1	46ДП.180000.000.ПЕ			Економічні показники	1	5		
					46ДП.180000.000.ПЗ				
Вм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розробив	Гурін В.В.								
Перевірів	Лупко К.О.				Удосконалення технологічної лінії приготування кормів для свиновідгодівельної ферми з розробкою дробарки концентрованих кормів	літе	аркуш	арк	
							4	66	
Н. контр.	Івлєв В.В.					ДДАЕУ АІ-2-22			
Затверд.	Дудін В. Ю.								

АНОТАЦІЯ

Гурін В.В. Удосконалення технологічної лінії приготування кормів для свинівідгодівельної ферми з розробкою дробарки концентрованих кормів / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі виконано аналіз сучасних технічних і технологічних рішень кормоцехів свинівідгодівельних ферм з урахуванням тенденцій виробництва концентрованих кормів та особливостей функціонування тваринницьких господарств Дніпропетровської області. Досліджено структуру та основні елементи сучасних кормоцехів, а також проаналізовано методи та технічні засоби подрібнення кормових матеріалів.

На основі проведеного аналізу розроблено проєкт механізованої лінії приготування кормів для свинівідгодівельної ферми з удосконаленням технологічної схеми та модернізацією молоткової дробарки концентрованих кормів. Виконано конструктивно-технологічне обґрунтування основних вузлів дробарки, розрахунок потужності допоміжного приводу деки, параметрів валу, підшипникових опор і пасової передачі.

Особлива увага була на нашу думку зосереджена на аспектах безпеки праці та екологічної безпеки, а також на встановленні економічної доцільності та технічної обґрунтованості запропонованих варіантів. Результати роботи спрямовані на підвищення ефективності процесу приготування кормів, зменшення енерговитрат і покращення умов праці.

Ключові слова: свинівідгодівельна ферма, кормоцех, концентровані корми, механізована лінія, подрібнення кормів, молоткова дробарка, технологічна схема, енергоефективність, охорона праці, техніко-економічна ефективність.

Зміст

Вступ	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ В КОРМОЦЕХАХ СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНИХ ФЕРМ.....	10
1.1 Оцінка тенденцій виробництва концентрованих кормів	10
1.2 Оцінка виробничої діяльності тваринницьких господарств Дніпропетровської області.....	13
1.3 Структура та основні елементи сучасного кормоцеху на свинарському підприємстві	16
1.4 Огляд методів і сучасних технічних рішень для подрібнення матеріалів	19
1.5 Висновки до розділу.....	21
2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНІЙ ФЕРМІ.....	23
2.1 Технологічна схема функціонування лінії приготування кормів.	23
2.2 Модернізація конструкції та технологічних параметрів молоткової дробарки.....	25
2.3 Проєктування технологічної схеми процесу приготування кормів ..	26
2.4 Обґрунтування та розрахунок потужності допоміжного приводу деки....	27
2.4 Розрахункове обґрунтування технологічної лінії приготування кормів.....	28
2.5 Висновки до розділу	30
3 РОЗРОБКА ДРОБАРКИ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ.....	32
3.1 Зоотехнічні нормативи та вимоги до процесу подрібнення кормів. ..	32
3.2 Конструктивно-технологічна схема молоткової дробарки	33
3.3 Удосконалення параметрів валу дробарки.....	36
3.4 Визначення параметрів та підбір підшипників кочення.....	39
3.5 Розрахунок пасової передачі деки з клиновим ременем.....	41
3.6 Висновки до розділу	43
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	45
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ.....	48
ВИСНОВКИ.....	51
БІБЛІОГРАФІЯ	53
Додатки.....	56

Вступ

Сучасний розвиток тваринництва, зокрема свинарства, характеризується підвищенням вимог до ефективності виробництва, якості продукції та раціонального використання ресурсів. У структурі витрат свиновідгодівельних ферм значну частку становлять корми, а також витрати, пов'язані з їх підготовкою, транспортуванням і роздачею. Саме тому вдосконалення технологічних процесів приготування кормів є одним із ключових напрямів підвищення економічної ефективності галузі.

Якість підготовки концентрованих кормів безпосередньо впливає на продуктивність тварин, їхній фізіологічний стан та коефіцієнт конверсії корму. Одним із найважливіших етапів цього процесу є подрібнення зернових компонентів до оптимального гранулометричного складу. Недостатній або, навпаки, надмірний ступінь подрібнення може призводити до перевитрати кормів, зниження засвоюваності поживних речовин та погіршення здоров'я тварин. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка та вдосконалення обладнання для подрібнення концентрованих кормів.

На більшості свиновідгодівельних ферм України використовуються морально та фізично застарілі технологічні лінії, які не забезпечують необхідної продуктивності, енергоефективності та якості обробки кормів. Існуючі дробарки часто характеризуються високими енерговитратами, нерівномірністю подрібнення, підвищеним зносом робочих органів та недостатньою надійністю в експлуатації. Це зумовлює необхідність пошуку нових конструктивно-технологічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності процесу дроблення.

Вдосконалення технологічної лінії приготування кормів передбачає комплексний підхід, який включає оптимізацію всіх її елементів: приймання та зберігання сировини, дозування компонентів, подрібнення, змішування та транспортування готового корму. Особливу увагу слід приділити саме стадії

подрібнення, оскільки вона значною мірою визначає подальші параметри технологічного процесу та якість кінцевого продукту.

Розробка нової або модернізація існуючої дробарки концентрованих кормів повинна базуватися на врахуванні фізико-механічних властивостей зернових матеріалів, закономірностей процесу руйнування частинок, а також вимог до енергоефективності та надійності роботи обладнання. Важливим аспектом є забезпечення рівномірного гранулометричного складу продукту при мінімальних витратах енергії, що дозволяє знизити собівартість кормів і підвищити конкурентоспроможність виробництва.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності технологічних процесів на свиновідгодівельних фермах, зниження енерговитрат та покращення якості кормів за рахунок удосконалення технологічної лінії та розробки сучасної дробарки концентрованих кормів. Реалізація цих завдань сприятиме підвищенню продуктивності тварин, зменшенню витрат кормів і покращенню економічних показників господарств.

Метою роботи є вдосконалення технологічної лінії приготування кормів для свиновідгодівельної ферми шляхом розробки ефективної конструкції дробарки концентрованих кормів, яка забезпечує підвищення якості подрібнення та зниження енерговитрат.

Аби дістатися до поставленої вершини, спершу мусимо подолати ряд ключових етапів:

- здійснити розгляд наявних методик виготовлення концентрованих кормових сумішей та проектних рішень для дробильного обладнання;
- визначити основні недоліки існуючих технічних рішень і напрямки їх удосконалення;
- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему вдосконаленої дробарки;
- виконати теоретичні та інженерні розрахунки основних параметрів обладнання;

- оцінити ефективність запропонованого технічного рішення;
- розглянути питання охорони праці та екологічної безпеки при експлуатації обладнання.

Об’єктом дослідження є технологічний процес приготування концентрованих кормів на свинівідгодівельній фермі.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні параметри дробарки концентрованих кормів та їх вплив на ефективність процесу подрібнення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості впровадження вдосконаленої технологічної лінії та розробленої дробарки у виробництво, що дозволить підвищити продуктивність обладнання, знизити енерговитрати та забезпечити стабільну якість кормів.

Таким чином, виконання даної дипломної роботи є важливим кроком у напрямі підвищення ефективності функціонування свинівідгодівельних ферм та розвитку сучасних технологій кормовиробництва.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ В КОРМОЦЕХАХ СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНИХ ФЕРМ

1.1 Оцінка тенденцій виробництва концентрованих кормів

Аналізуючи зміну обсягів виробництва концентрованих кормів, можна простежити чітку залежність розвитку тваринницької галузі України від рівня їх забезпеченості. Концентровані корми є невід’ємною складовою раціонів сільськогосподарських тварин, оскільки забезпечують високу енергетичну та поживну цінність кормових сумішей і безпосередньо впливають на продуктивність тварин. Огляд статистичних показників за нещодавні роки (див. мал. 1.1) демонструє нерівномірність динаміки випуску концентратів для тварин, що виражається у їхніх циклічних змінах. Така нестійка динаміка пояснюється впливом комплексу взаємопов’язаних факторів, серед яких основними є:

- військово-політична ситуація в країні та загальний стан економіки, що визначають доступність сировинних ресурсів і логістичні можливості;
- зміна обсягів вирощування зернових та олійних культур як основної сировини для виробництва кормів;
- кліматичні умови, що впливають на врожайність та якість рослинної продукції;
- коливання цін на енергоносії та матеріально-технічні ресурси;
- порушення виробничих і постачальних ланцюгів.

Зазначені коливання обсягів виробництва істотно впливають на формування цін на кормову сировину, що, у свою чергу, позначається на собівартості продукції тваринництва та загальній стабільності функціонування галузі. Нестабільність ринку кормів може призводити до зниження рентабельності господарств і стримувати їх подальший розвиток.

Серед потужностей, залучених до виготовлення комбикормів та преміксів, лєвова частка належить великим виробникам, котрі здебільшого

сконцентровані у центральній частині України. Це пояснюється їх територіальною близькістю до основних центрів тваринництва та розвинутою інфраструктурою, що дозволяє зменшити транспортні витрати і забезпечити безперебійне постачання продукції. У західних регіонах також функціонують підприємства з виробництва кормів, проте їх виробничі потужності є меншими, що обумовлено як специфікою регіонального розвитку, так і масштабами тваринницького виробництва.



Рисунок 1.1 – Коливання індексу цін на концентровані корми

Потреба різних підгалузей тваринництва у концентрованих кормах відображається у структурі їх споживання (рис. 1.2). Головну скрипку у тваринництві грає птахівництво, що впроваджує досить інтенсивні методи розведення і, як наслідок, виставляє суворі вимоги до якості та складу кормів. Друге місце за обсягами споживання посідає свинарство, де концентровані корми також відіграють ключову роль у забезпеченні швидкого приросту живої маси. Водночас у скотарстві значну частку

раціону становлять грубі та соковиті корми, що зменшує питому вагу концентратів.



Рисунок 1.2 – Склад використання концентрованих кормових добавок різними типами худоби у сільському господарстві

Фермерські угіддя та аграрні компанії, розташовані у західній частині України, виступають основними покупцями готових комбикормів та вітамінно-мінеральних попередніх сумішей, призначених для свиней та великої рогатої худоби. Це пов'язано зі сприятливими природно-кліматичними умовами та спеціалізацією регіону на розвитку тваринництва. Менш розвинена промисловість у цьому регіоні створює додаткові передумови для ефективного використання земельних ресурсів у сільському господарстві. Водночас центральні області також займають провідні позиції у виробництві кормів завдяки поєднанню сприятливих природних умов і розвиненої агропромислової інфраструктури.

На відміну від цього, південні регіони характеризуються посушливими кліматичними умовами, що обмежує врожайність сільськогосподарських культур і, відповідно, сировинну базу для виробництва кормів. Крім того, значна концентрація промислових підприємств, зокрема хімічної галузі, зменшує площі сільськогосподарських угідь, що негативно впливає на розвиток тваринництва.

Станом на сьогодні значну роль у забезпеченні тваринницьких комплексів кормами відіграють великі агропромислові підприємства, які організовують виробництво комбікормів переважно для власних потреб. До таких належать філії внутрішньогосподарських кормовиробничих комплексів, ПАТ «Миронівський комбікормовий завод», ПрАТ «АПК-Інвест» та ТОВ «Ясенвіт». Їх діяльність спрямована на забезпечення стабільного функціонування великих тваринницьких господарств, що потребують безперебійного постачання якісних кормів.

Разом із тим сучасний ринок комбікормів стикається з низкою проблем, серед яких ключовими є висока собівартість продукції та забезпечення належної якості. В умовах жорсткої конкуренції виробники змушені оптимізувати витрати, що іноді досягається за рахунок зниження якості сировини або спрощення технологічних процесів. Оскільки фермерські господарства орієнтуються на мінімізацію витрат при виробництві м'ясної продукції, попит на дешевші корми зростає, що створює додатковий тиск на виробників комбікормів.

У таких умовах особливої актуальності набуває вдосконалення технологічних ліній приготування кормів, зокрема процесів подрібнення, дозування та змішування компонентів. Підвищення ефективності цих процесів дозволяє забезпечити оптимальне співвідношення між якістю та вартістю кормів, що є важливою умовою сталого розвитку тваринницької галузі України.

1.2 Оцінка виробничої діяльності тваринницьких господарств Дніпропетровської області

Розгляд операційної діяльності худобо-овочевих ферм Дніпропетровщини, котрі оперують із власними потужностями для виробництва кормів або цехами комбікорму, демонструє послідовне злиття виробничих етапів у межах аграрного сектору цього краю. Використання власних кормових підрозділів дозволяє господарствам забезпечувати

тварин повноцінними, збалансованими раціонами, що безпосередньо впливає на підвищення продуктивності, зниження собівартості продукції та стабільність виробничих показників.

У Дніпропетровській області провідні аграрні підприємства м'ясного та молочного напрямів, зокрема агрохолдинги та великі фермерські господарства, поступово впроваджують власні кормовиробничі потужності. Це дає змогу оперативно реагувати на зміни у структурі кормової бази, контролювати якість сировини та зменшувати залежність від зовнішніх постачальників комбікормів. Значна частина підприємств регіону орієнтована на інтенсивні технології виробництва свинини, птиці та молока, що потребує стабільного забезпечення високоякісними концентрованими кормами.

Наявність власних кормоцехів на тваринницьких підприємствах дозволяє здійснювати повний контроль технологічного процесу — від приймання та підготовки сировини до отримання готових кормових сумішей. Це сприяє зниженню витрат на логістику, оптимізації рецептур кормів відповідно до фізіологічних потреб тварин та підвищенню ефективності використання кормових ресурсів. У результаті покращуються економічні показники господарств та зростає конкурентоспроможність продукції на ринку.

Переваги впровадження власних кормоцехів у тваринницьких підприємствах узагальнено на рисунку 1.3.

За даними Державної служби статистики України, структура використання кормів у тваринництві за видами у натуральному вираженні представлена на рисунку 1.4. Аналіз показує, що найбільшу частку в раціонах тварин займають концентровані корми — близько 45–48%, що підтверджує їх ключову роль у забезпеченні енергетичної та протеїнової цінності годівлі. Саме концентровані корми визначають інтенсивність росту та продуктивність тварин.

Соковиті корми становлять близько 27% у загальній структурі раціону

та забезпечують тварин вітамінами, біологічно активними речовинами та вологою, що особливо важливо для підтримання фізіологічного балансу організму. Грубі корми займають приблизно 16% і є незамінними для жуйних тварин, оскільки забезпечують нормальне функціонування травної системи завдяки високому вмісту клітковини.



Рисунок 1.3 – Переваги використання власних кормоцехів на тваринницьких підприємствах

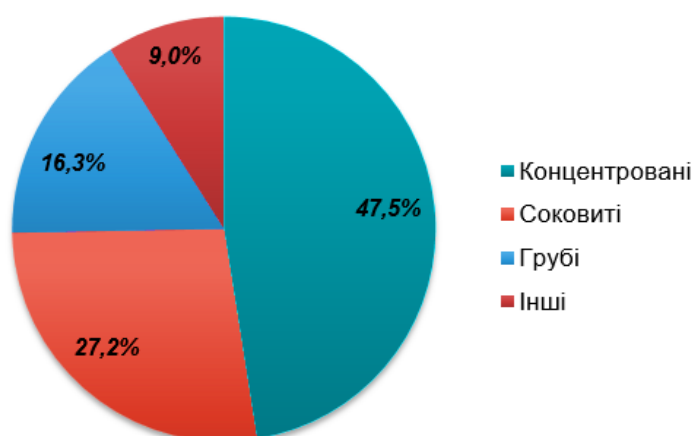


Рисунок 1.4 – Розподіл кормів у тваринництві за видами

Інші види кормів становлять близько 9% і включають мінеральні

добавки, премікси та спеціалізовані кормові компоненти, які використовуються для коригування раціонів і підвищення їх поживної цінності. Така структура свідчить про поступовий перехід до більш збалансованого та науково обґрунтованого підходу в годівлі сільськогосподарських тварин.

Перспективними напрямками розвитку тваринницьких підприємств Дніпропетровської області є впровадження автоматизованих систем управління кормовиробництвом, модернізація обладнання кормоцехів, застосування енергоефективних технологій подрібнення та змішування кормів, а також інтеграція цифрових систем контролю якості кормових сумішей. Реалізація цих заходів дозволить підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та забезпечити стабільний розвиток тваринницької галузі регіону.

1.3 Структура та основні елементи сучасного кормоцеху на свинарському підприємстві

Сучасна виробнича лінія по виробництву кормів на свинофермі середнього розміру – це складна, укомплектована автоматикою система, яка охоплює весь процес: від підготовки сировини до випуску та подальшого зберігання готових комбикормів. Це технологічно оснащений підрозділ, який дозволяє отримувати збалансовані кормові суміші відповідно до фізіологічних потреб тварин і прийнятих рецептур годівлі. Його структура включає взаємопов'язані функціональні блоки, кожен з яких виконує визначену роль у безперервному виробничому процесі.

Першим етапом є приймання та первинна підготовка сировини. До кормоцеху надходять зернові культури, шроти, білково-вітамінні добавки, премікси та інші компоненти. Для їх обробки використовуються транспортні системи, вагові комплекси, а також обладнання для очищення від механічних домішок (сепаратори, магнітні уловлювачі, очисники зерна).

Це дозволяє підвищити якість вихідної сировини та зменшити ризики потрапляння сторонніх включень у готовий корм.

Після цього сировина надходить до системи зберігання, яка представлена силосами, бункерами та складськими приміщеннями. Застосування герметичних ємностей у поєднанні з контролем вологості та температури забезпечує стабільність якісних показників компонентів і запобігає їх псуванню під час зберігання.

Основним технологічним етапом є виробництво комбікормів у виробничому блоці. Тут здійснюється подрібнення зернової сировини, її дозоване змішування з мінеральними та білково-вітамінними компонентами, а також введення рідких добавок за потреби. За наявності відповідного обладнання суміші можуть проходити процес грануляції та термічної обробки, що підвищує їх засвоюваність і біологічну цінність. Усі операції виконуються під контролем автоматизованих систем управління, які забезпечують точність дозування та стабільність рецептур.

Готова продукція зберігається у фінальних силосах або фасується в мішки для подальшого транспортування та використання у годівлі тварин. На підприємствах середньої та великої потужності часто передбачається наявність виробничо-лабораторного контролю, що дозволяє оперативно оцінювати якість кормів і за необхідності коригувати їх склад.

Кормоцехи подібного типу зазвичай розраховані на обслуговування господарств із поголів'ям близько 2–10 тисяч свиней, а їхня продуктивність може становити орієнтовно до 10 тонн комбікорму на добу залежно від складності рецептур і рівня автоматизації процесів.

Наявність власного кормоцеху є важливою конкурентною перевагою свинарського підприємства, оскільки забезпечує зниження витрат на закупівлю готових комбікормів, підвищення стабільності їх якості та можливість оперативної адаптації рецептур під потреби різних груп тварин. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню продуктивності поголів'я та загальної рентабельності виробництва.

Кормоцех із продуктивністю до 10 тонн комбікорму на добу повинен бути укомплектований сучасним технологічним обладнанням, яке забезпечує виконання всіх ключових етапів виробничого процесу. Така конфігурація є оптимальною для підприємств із середнім рівнем навантаження та стабільним поголів'ям свиней.

Таблиця 1.1 – Технічне забезпечення для створення комбікормового цеху, здатного виробляти до 10 тонн готових кормів на добу

Позиція	Продуктивність / Місткість	Одиниці
Обладнання для приймання та накопичення вхідних матеріалів		
Сховища для зернових культур (силоси)	60–110 т	2–5
Контейнери для преміксів і мінеральних добавок	6–12 т	1–3
Приміщення для розміщення шротів та рідких складників	110–160 м ²	1
Пристрої для очищення зерна та магнітні фільтри	3–4 т/год	1
Установки для зменшення розміру частинок (подрібнення)		
Дробильне обладнання ударної дії (молоткова)	1,5–3 т/год	1
Вальцевий апарат для подрібнення	до 3 т/год	1
Обладнання для транспортування		
Шнекові транспортери	до 12 м	3–6
Норії вертикальні	до 7 м, 2,5–6 т/год	1–3
Стрічкові конвеєри	до 16 м	1–3
Обладнання для змішування		
Горизонтальний змішувач кормів	1–3 м ³ , до 3 т/год	1–3
Автоматизовані дозатори компонентів	—	3–6
Обладнання для грануляції та обробки		
Гранулятор	1–3 т/год	1
Охолоджувач гранул	до 3 т/год	1

Раціональна організація роботи кормоцеху є визначальним чинником ефективності свинарського виробництва. Вона передбачає оптимальне

поєднання технологічних рішень, рівня автоматизації та економічної доцільності експлуатації обладнання. Відповідність виробничої потужності кормоцеху реальним потребам господарства забезпечує стабільний розвиток підприємства, зниження собівартості продукції та підвищення його конкурентоспроможності.

1.4 Огляд методів і сучасних технічних рішень для подрібнення матеріалів

Подрібнення концентрованих кормів є одним із ключових етапів технологічного процесу у кормоцехах, оскільки безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту. Його основною метою є зменшення розмірів часток сировини, що сприяє підвищенню її перетравності та засвоюваності тваринами, а також забезпечує однорідність змішування компонентів комбікорму [6, 7].

У практиці кормовиробництва застосовується кілька основних способів подрібнення, кожен з яких має свої конструктивні та технологічні особливості, а також переваги й обмеження (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Ключові способи подрібнення кормової сировини

Найбільш поширеним є молотковий спосіб подрібнення, який відзначається універсальністю та здатністю обробляти широкий спектр зернової сировини. Його перевагами є висока продуктивність і простота конструкції, однак недоліками залишаються підвищене енергоспоживання та інтенсивне зношування робочих органів.

Вальцевий спосіб подрібнення характеризується більшою енергоефективністю та забезпечує рівномірний гранулометричний склад продукту. Водночас його застосування є обмеженим щодо вологості та виду сировини, що зменшує універсальність даного методу.

Роторно-дискові дробарки належать до більш сучасних технічних рішень і забезпечують точніше регулювання ступеня подрібнення при відносно менших втратах на зношування. Проте їх широке впровадження стримується підвищеною вартістю обладнання та складністю обслуговування.

Окрему групу становлять інноваційні методи, зокрема ультразвукове подрібнення, які потенційно дозволяють значно підвищити ефективність процесу та якість продукту. Водночас їх практичне застосування у промисловому кормовиробництві поки що обмежене через високу вартість і недостатню технологічну поширеність.

Сучасні технічні рішення у сфері подрібнення кормів спрямовані на підвищення продуктивності, зменшення енергоспоживання та розширення рівня автоматизації процесів. Так, сучасні молоткові дробарки оснащуються системами автоматичного контролю гранулометричного складу, регулювання швидкості обертання робочих органів і захисту від перевантажень, що дозволяє оптимізувати режим роботи обладнання.

Вальцеві млини часто комплектуються системами охолодження валків, що запобігає перегріванню сировини та збереженню її поживних властивостей. Використання енергоефективних приводів і частотних перетворювачів сприяє зниженню експлуатаційних витрат.

Крім того, перспективним напрямом є створення комбінованих

подрібнювальних систем, які поєднують принципи роботи різних типів дробарок, що дозволяє підвищити універсальність обладнання та адаптувати його до різних видів сировини.

Інтеграція сучасного подрібнювального обладнання в автоматизовані системи керування кормоцехом забезпечує оперативний контроль якості помелу в реальному часі, стабільність технологічного процесу та зниження впливу людського фактора. У результаті такі підходи дозволяють підвищити ефективність виробництва комбікормів і забезпечити його економічну доцільність.

1.5 Висновки до розділу

Проведений аналіз тенденцій виробництва концентрованих кормів та оцінка виробничої діяльності тваринницьких господарств дозволяє зробити висновок, що кормова база є одним із ключових чинників стабільного розвитку тваринницької галузі України. Встановлено, що виробництво концентрованих кормів характеризується нестабільною динамікою, яка зумовлена впливом економічних, кліматичних, логістичних та геополітичних факторів, а також коливаннями цін на сировину й енергоносії. Це безпосередньо впливає на собівартість продукції тваринництва та рівень її конкурентоспроможності.

Аналіз структури споживання кормів показав, що найбільша частка припадає на концентровані корми, які відіграють визначальну роль у забезпеченні високої продуктивності птиці та свиней. Водночас регіональні особливості виробництва кормів свідчать про концентрацію потужностей у центральних і частково західних областях України, тоді як південні регіони мають обмежений сировинний потенціал через природно-кліматичні умови.

Дослідження виробничої діяльності тваринницьких підприємств Дніпропетровської області підтверджує тенденцію до інтеграції власних кормоцехів у структуру господарств. Використання власних комбікормових

потужностей дозволяє знизити залежність від зовнішніх постачальників, забезпечити стабільну якість кормів, оптимізувати раціони та підвищити економічну ефективність виробництва.

Окремий аналіз структури та функціонування сучасного кормоцеху свинарського підприємства показав, що ефективність його роботи визначається рівнем автоматизації, раціональною організацією технологічних процесів і правильним підбором обладнання. Повний виробничий цикл – від приймання сировини до отримання готового комбікорму – забезпечує стабільність якості продукції та зниження витрат.

Огляд сучасних способів подрібнення кормів засвідчив, що найбільш поширеними залишаються молоткові та вальцеві дробарки, тоді як роторно-дискові та інноваційні методи мають перспективний, але поки що обмежений характер застосування. Водночас розвиток автоматизованих систем контролю, енергоефективних приводів і комбінованих технологічних рішень сприяє підвищенню ефективності процесу подрібнення.

Таким чином, сучасний розвиток кормовиробництва спрямований на впровадження автоматизованих, енергоощадних та інтегрованих технологічних рішень, що дозволяють підвищити якість комбікормів, знизити їх собівартість і забезпечити сталий розвиток тваринницької галузі України.

2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНІЙ ФЕРМІ

2.1 Технологічна схема функціонування лінії приготування кормів.

У межах кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу приготування кормів, який є основою ефективного функціонування свиновідгодівельного підприємства. Розроблена технологічна лінія сформована з урахуванням зоотехнічних вимог до годівлі тварин, продуктивності обладнання та раціональної послідовності виконання операцій, що в сукупності забезпечує отримання однорідних і повноцінних кормових сумішей.

Технологічний процес приготування кормів складається з шести взаємопов'язаних етапів, кожен з яких виконує конкретну функцію в загальному виробничому циклі. Перший етап – приймання та накопичення кормової сировини. На цьому етапі здійснюється надходження зернових культур, грубих кормів, коренеплодів та інших компонентів, які розміщуються у бункерах і ємностях для подальшого зберігання та дозування. Одночасно здійснюється початкова оцінка якості, яка включатиме аналіз на наявність сторонніх включень (грунтових домішок у межах 1–2%, насіння отруйних бур'янів до 0,25%) та встановлення рівня вологості. Для цього застосовуються бункерні системи та вагове обладнання.

Наступна стадія – це зоотехнічна обробка первинної сировини. Сюди входить видалення сторонніх механічних включень та небажаних домішок шляхом використання сепараторів і магнітних пасток. Після цього матеріали піддаються подрібненню, яке регламентується потребами у харчуванні різних категорій тварин. Наприклад, для концентратів оптимальна фракція – 0,2–1 мм, для об'ємних кормів – 1–2 мм, а для

коренеплодів – 5–10 мм. Цей процес подрібнення реалізується на інноваційних установках, зокрема на модернізованому подрібнювачі моделі ДБ-3М.

Третій етап – технічна обробка подрібнених компонентів. На цьому етапі відбувається змішування сировини з одночасним введенням рідких добавок (патока, рослинні олії тощо). За необхідності застосовується теплова обробка шляхом запарювання суміші з використанням парогенератора. Для цих цілей задіюється затирочно-змішувальний апарат моделі КЖ-500, що володіє ємністю бункера у 2,8 кубічних метри, і гарантує ступінь однорідності суміші на рівні не менше 90%.

Четвертий етап передбачає техніко-економічний контроль якості кормової суміші. На цьому етапі здійснюється перевірка рівномірності змішування компонентів, відповідності рецептурі та допустимих відхилень масових часток ($\pm 5\text{--}10\%$), а також контролюється відсутність сторонніх домішок. Загальна продуктивність технологічної лінії становить до 18 т/год залежно від виду сировини та режиму роботи обладнання. Для контролю використовуються пробовідбірники та лабораторні засоби аналізу.

П'ятий етап – видача та транспортування готової кормосуміші. Готовий продукт подається до систем роздачі або тимчасового зберігання у бункерах. Для переміщення використовуються транспортні засоби шнекового та стрічкового типу, зокрема транспортер ТС-40.

Шостий етап – формування остаточної однорідності кормової суміші. Він полягає у завершальному перемішуванні та рівномірному розподілі мікродобавок і преміксів відповідно до зоотехнічних вимог. На цьому етапі широко застосовуються автоматизовані системи дозування, що дозволяють підвищити точність рецептур і стабільність якості продукції.

Щодо загальних технічних параметрів цієї виробничої лінії, можна зазначити таке: її пропускна здатність сягає 18 тонн за годину (хоча цей показник може варіюватися залежно від типу вихідної сировини). Потужність двигуна, що приводить у дію змішувач-запарник, складає 7,7

кіловат, а тривалість повного виробничого циклу коливається в діапазоні від 8 до 60 хвилин. Ядром цієї технологічної установки є модернізований подрібнювач моделі ДБ-3М, а також апарат для змішування і запарювання КЖ-500 та конвеєр стрічковий ТС-40.

Отже, впровадження запропонованої технологічної лінії дозволяє забезпечити високу якість кормових сумішей, знизити енерговитрати, підвищити рівень автоматизації процесів та загальну ефективність роботи свиновідгодівельного підприємства.

2.2 Модернізація конструкції та технологічних параметрів молоткової дробарки

Мінімально допустимий зазор між молотками та декою дробарки визначається з урахуванням геометричних параметрів робочих органів і конструктивних допусків, що забезпечують ефективність процесу подрібнення та запобігають механічному контакту елементів під час роботи. Розрахунок виконується за залежністю:

$$\Delta R_{\min} = \sqrt{l^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} + C \quad (2.1)$$

де l – відстань від осі підвісу молотка до його кінцевої частини, мм ($l = 78$ мм); b – ширина молотка, мм ($b = 50$ мм); C – конструктивний допуск, мм ($C = 0,5$ мм).

Підставляючи вихідні дані у формулу, отримаємо:

$$\Delta R_{\min} = \sqrt{78^2 + \left(\frac{50}{2}\right)^2} + 0,5 = 82,41 \text{ мм}$$

Таким чином, мінімально можливий зазор між молотками та декою визначається розрахунковим шляхом і є важливим конструктивним параметром, який впливає на інтенсивність ударної взаємодії, ступінь подрібнення сировини та загальну ефективність роботи молоткової дробарки.

2.3 Проектування технологічної схеми процесу приготування кормів

Площа завантажувального вікна визначається виходячи із заданої продуктивності дробарки та умов забезпечення безперервної подачі матеріалу в робочу зону [10]. Розрахунок виконується на основі рівняння витратної здатності потоку сипкого матеріалу:

$$Q_n = 3600 \cdot v_k \cdot \gamma \cdot S \quad (2.2)$$

де маємо Q_n – це пропускна спроможність бункера, яку вважаємо ідентичною потужності дробарки, тобто $Q_{др} = 1$ т/год; v_k – швидкість, з якою сипучий матеріал витікає з отвору бункера, вимірюється у метрах за секунду (м/с); γ – це питома вага ячменю, що становить $0,75$ т/м³ (або ж відповідний показник густини).

Швидкість витікання матеріалу визначається за залежністю:

$$v_k = \lambda \cdot \sqrt{3,2 \cdot g \cdot R} \quad (2.3)$$

де λ – коефіцієнт витікання; g – прискорення вільного падіння, м/с²; R – гідравлічний радіус отвору, м.

Приймаємо: $\lambda = 0,61$, $R = 3,2 \text{ мм} = 0,0032 \text{ м}$.

Підставляючи значення, отримуємо:

$$v_k = 0,61 \cdot \sqrt{3,2 \cdot 9,81 \cdot 0,0032} = 0,194 \text{ м/с}.$$

Далі визначаємо площу завантажувального вікна:

$$S = \frac{Q_n}{3600 \cdot v_k \cdot \gamma} \quad (2.4)$$

$$S = \frac{1}{3600 \cdot 0,194 \cdot 0,75} = 0,0011 \text{ м}^2$$

Отримана площа використовується для визначення геометричних розмірів завантажувального вікна. Приймаючи прямокутну форму отвору, маємо:

$$S = a \cdot b \quad (2.5)$$

де b – ширина вікна, мм; a – довжина вікна, мм.

Приймаємо $a = 96$ мм, тоді ширина визначається як:

$$b = \frac{S}{a} = \frac{1100}{96} \approx 11,5 \text{ мм}$$

Таким чином, встановлені розміри завантажувального вікна забезпечують необхідну пропускну здатність подачі сировини до дробарки, що є важливою умовою стабільної роботи технологічної лінії та рівномірного навантаження робочих органів.

2.4 Обґрунтування та розрахунок потужності допоміжного приводу деки

Потужність електродвигуна приводу деки визначається на основі основного енергетичного рівняння для обертових робочих органів [11], яке враховує взаємодію матеріалу з робочою поверхнею та втрати на тертя:

$$N_d = \frac{m' \cdot v_d^2}{1 - f_n} \quad (2.6)$$

де m' – потік маси матеріалу за секунду, причому m' становить 0,278 кілограма на секунду; v_d – швидкість руху (поступальна) деки, вимірюється в метрах на секунду; f_n – показник стирання, що дорівнює 0,9.

Швидкість обертального руху деки знаходять, використовуючи таку формулу:

$$v_d = \frac{\pi \cdot n \cdot R}{30} \quad (2.7)$$

де n – частота обертання деки, $n = 1700 \text{ хв}^{-1}$; R – радіус деки, $R = 0,08 \text{ м}$.

Підставляючи значення, отримуємо:

$$v_d = 3,14 \cdot 1700 \cdot 0,0830 = 14,23 \text{ м / с}$$

Далі визначаємо потужність приводу деки:

$$N_d = 0,278 \cdot 14,23^2 - 0,9 = 542 \text{ Вт} = 0,54 \text{ кВт}$$

Виходячи з потреби у потужності, зупинились на виборі електродвигуна потужністю 0,55 кВт, моделі АИРЕ 71 А4, що виготовлений Сумським електромеханічним заводом «Електродвигун». Цей агрегат функціонує на швидкості 1500 обертів за хвилину, оснащений валом діаметром 14 мм і важить 12 кг, що цілком сприяє його безпроблемному монтажу у корпус дробарки.

Загальна встановлена потужність привідної системи дробарки визначається як сума потужностей приводу ротора та приводу деки:

$$N = N_d + N_p \quad (2.8)$$

де N_d – потужність приводу деки, кВт; N_p – потужність приводу ротора, кВт.

Підставляючи значення, маємо:

$$N = 11 + 0,55 = 11,55 \text{ кВт}$$

Отже, загальна потужність модернізованої дробарки ДБ-3М сягає 11,55 кВт, що гарантує її надійне функціонування у межах обумовлених технологічних параметрів та робочих навантажень.

2.4 Розрахункове обґрунтування технологічної лінії приготування кормів

Ця виробнича лінія спроектована задля подрібнення зернових матеріалів, зведення різноманітних складників до купи та формування у підсумку збалансованих комбікормів, придатних для свиней, незалежно від їхньої вікової категорії чи цільового призначення.

Модернізація цієї кормоприготувальної лінії полягає у заміні традиційного подрібнювача типу КДУ-2, який використовується на етапі попередньої обробки сировини, на оновлену дробарку ДБ-3М. Збільшення її пропускної здатності до трьох тонн за годину (що значно перевищує 1,49 т/год у КДУ-2) усуває перешкоду («пляшкове горлечко») у виробничому циклі, забезпечуючи суттєве прискорення роботи з підготовкою сировини. Решта етапів виробничого циклу – приймання, точне дозування,

змішування, верифікація якості та відпуск кінцевого продукту – зберігають свій попередній вигляд.

Як вихідну сировину розглядають зернові компоненти, грубі корми, коренеплоди та мінеральні добавки. Усі види сировини перед надходженням у виробничий процес проходять контроль на наявність сторонніх домішок, а також перевірку вологості.

Бункер для накопичення компонентів кормових сумішей визначається за розрахунковим об'ємом:

$$V = \frac{G_{\text{раз}}}{\rho \cdot \beta} \quad (2.9)$$

$$V = \frac{2000}{750 \cdot 0,8} = \frac{2000}{600} = 3,33 \text{ м}^3$$

На основі виконаних розрахунків доцільним є вибір бункера об'ємом 5 м³, що забезпечує стабільність подачі сировини та безперервність технологічного процесу.

Тривалість процесу змішування визначається за залежністю:

$$T = \frac{G}{Q} \quad (2.10)$$

$$T = \frac{2000}{18 \cdot 1000} = 0,133 \text{ год } (\approx 8 \text{ хв})$$

Вивантаження готової суміші здійснюється за допомогою шнекового транспортера продуктивністю 12 т/год та стрічкового транспортера ТС-40 (40 т/год). Час вивантаження розраховується відповідно до продуктивності обладнання

$$T = \frac{2000}{12 \cdot 1000} = 0,167 \text{ год } (\approx 10 \text{ хв})$$

Введення вітамінно-мінеральних добавок (1% від маси суміші) здійснюється дозатором МТД-3А з подачею 0,75 кг/хв. Маса добавок та час їх внесення визначаються за залежністю:

$$T = \frac{2000}{12 \cdot 1000} = 0,167 \text{ год } (\approx 10 \text{ хв}) \quad (2.11)$$

$$T = \frac{M_{\text{добавок}}}{Q_{\text{дозатор}}} = \frac{20}{0,75} \approx 1,6 \text{ хв}$$

Проведені розрахунки підтверджують відповідність дозатора МТД-3А вимогам технологічного процесу. Остаточне змішування протягом 5 хв забезпечує необхідний рівень однорідності кормової суміші.

Загальна тривалість виробничого циклу для базового та удосконаленого варіантів становить:

базовий варіант:

$$T_{\text{заг}} = 1,34 + 0,133 + 0,417 + 0,167 + 0,027 + 0,083 = 2,167 \text{ год}$$

удосконалений варіант:

$$T_{\text{заг}} = 0,67 + 0,133 + 0,417 + 0,167 + 0,027 + 0,083 = 1,497 \text{ год}$$

Таким чином, застосування модернізованої дробарки ДБ-3М дозволяє суттєво скоротити час підготовки сировини, усунути технологічні затримки та підвищити загальну ефективність роботи лінії приготування кормів.

2.5 Висновки до розділу

У межах другого розділу кваліфікаційної роботи виконано проєктування механізованої лінії приготування кормів для свиновідгодівельної ферми, а також проведено комплексні технологічні та конструктивні розрахунки її основних вузлів і режимів роботи. Розроблена технологічна схема враховує зоотехнічні вимоги до годівлі свиней різних вікових груп, забезпечує раціональну послідовність операцій та спрямована на отримання однорідних і збалансованих кормових сумішей.

Встановлено, що базова структура лінії включає взаємопов'язані етапи: приймання та накопичення сировини, її зоотехнічну підготовку, подрібнення, змішування з введенням добавок, контроль якості та видачу готового продукту. Запропонована модернізація передбачає заміну подрібнювача КДУ-2 на удосконалену дробарку ДБ-3М, що дозволило підвищити продуктивність процесу з 1,49 до 3 т/год і усунути «вузьке місце»

технологічної лінії. Це забезпечує скорочення тривалості підготовки сировини та підвищення загальної пропускної здатності системи.

У ході конструктивного розрахунку визначено мінімально допустимий зазор між молотками та декою дробарки, який є важливим параметром, що впливає на інтенсивність подрібнення та довговічність робочих органів. Також виконано розрахунок площі та геометричних розмірів завантажувального вікна, що забезпечує стабільну подачу сировини та рівномірне навантаження дробарки.

Окремо обґрунтовано потужність допоміжного приводу деки та здійснено вибір електродвигуна, що відповідає розрахунковим навантаженням. Встановлено, що сумарна потужність привідної системи дробарки становить 11,55 кВт, що гарантує її надійну та ефективну роботу в заданих технологічних режимах.

Проведено також розрахункове обґрунтування параметрів технологічної лінії приготування кормів, зокрема визначено об'єм бункера, тривалість змішування, час дозування мікродобавок та загальний виробничий цикл. Встановлено, що використання модернізованої дробарки ДБ-3М суттєво скорочує тривалість технологічного процесу та підвищує його стабільність.

Таким чином, результати проектування підтверджують технічну доцільність запропонованих рішень. Удосконалена механізована лінія приготування кормів забезпечує підвищення продуктивності, зменшення енерговитрат, покращення якості кормових сумішей та загальне підвищення ефективності роботи свиновідгодівельного підприємства.

3 РОЗРОБКА ДРОБАРКИ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

3.1 Зоотехнічні нормативи та вимоги до процесу подрібнення кормів.

Змолування (механічне подрібнення) злакових та інших домішок, що йдуть на корм, постає як один із центральних етапів у технології розробки збалансованого харчування для свиней. Це зумовлено тим, що подрібнення безпосередньо диктує якість кінцевого корму, ступінь, у якому організм здатен його асимілювати, а отже, і те, наскільки вигідно засвоюються всі цінні нутрієнти. У зв'язку з цим обладнання для подрібнення повинно відповідати низці зоотехнічних вимог.

Передусім, важливим є забезпечення оптимального гранулометричного складу подрібненого продукту. Для свиней різних вікових груп рекомендований розмір часток корму становить 0,8–1,2 мм, що сприяє кращій перетравності, підвищує коефіцієнт засвоєння поживних речовин та забезпечує інтенсивніший ріст і розвиток тварин.

Не менш важливою вимогою є однорідність помелу. Рівномірний розподіл часток за розмірами забезпечує стабільність процесів травлення, тоді як наявність надмірно великих фракцій або пилоподібної фракції негативно впливає на якість годівлі та може знижувати ефективність використання корму.

Окрему увагу приділяють енергоефективності процесу. Подрібнення повинно здійснюватися з мінімальними витратами електроенергії, оскільки надлишкове енергоспоживання прямо підвищує собівартість кормовиробництва. Використання сучасних енергоощадних дробарок та оптимізованих робочих режимів дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати.

Важливим критерієм є збереження поживної цінності сировини. Процес подрібнення не повинен призводити до значного руйнування

структури зерна або втрати основних поживних речовин, зокрема білків, жирів і вуглеводів, що забезпечує високу біологічну повноцінність корму.

Також необхідною умовою є стабільність роботи обладнання. Дробарка повинна забезпечувати безперервний технологічний процес із заданою продуктивністю відповідно до потужності господарства, без значних коливань навантаження та простоїв.

Важливою вимогою є універсальність подрібнення, тобто здатність обладнання ефективно обробляти різні види зернових культур (кукурудзу, ячмінь, пшеницю тощо), а також інші компоненти кормових сумішей, що використовуються у годівлі свиней.

Необхідною умовою є також безпека експлуатації. Обладнання повинно бути оснащене захисними пристроями, що запобігають потраплянню сторонніх предметів у робочу зону, зокрема магнітними уловлювачами та системами попереднього очищення сировини.

Окремо слід відзначити екологічні вимоги. Процес подрібнення має бути максимально герметизованим із використанням пиловловлювальних систем, що дозволяє знизити рівень запиленості виробничого середовища та мінімізувати вплив на довкілля і умови праці персоналу.

Таким чином, дотримання зоотехнічних вимог до процесу подрібнення забезпечує отримання високоякісних кормів, підвищує ефективність використання сировини, знижує втрати поживних речовин і сприяє створенню безпечних та енергоефективних умов роботи кормоцеху.

3.2 Конструктивно-технологічна схема молоткової дробарки

З огляду на вивчення наявного устаткування, призначеного для подрібнення зернових, було з'ясовано, що типовою вадою значної частини молоткових подрібнювачів, які задіяні на нинішніх виробництвах комбікормів, є надмірна витрата енергії цим процесом. Значна частина спожитої енергії витрачається неефективно через утворення так званого

замкненого кільцевого шару матеріалу в робочій камері. У результаті цього енергія використовується не лише на безпосереднє руйнування зерна, а й на постійне переміщення та циркуляцію цієї маси, що знижує загальну ефективність процесу подрібнення.

Додатковою проблемою, пов'язаною з циркуляцією матеріалу, є інтенсивне абразивне стирання частинок об сито та робочі поверхні дробарки. Це призводить до утворення значної кількості дрібнодисперсної пилоподібної фракції. Цей поділ є неприйнятним, бо він негативно впливає на фізико-механічні характеристики кінцевого продукту, призводить до втрати цінних поживних елементів, а також здатен спричинити локальне зростання температури маси через сильне тертя.

Зазначені недоліки негативно впливають як на енергетичну ефективність роботи дробарок, так і на якість кінцевого продукту. Підвищене енергоспоживання збільшує собівартість виробництва кормів, тоді як надмірне утворення пилу знижує поживну цінність комбікорму та погіршує екологічні умови в зоні обслуговування обладнання. З огляду на це, нагальним завданням стає вдосконалення будови молоткових подрібнювачів, метою якого є зведення до мінімуму чи повне усунення рециркуляції матеріалу у кільцевому шарі, налагодження траєкторії руху подрібнюваної маси та збільшення продуктивності процесу ударного розмелювання.

Для подальших технологічних і конструктивних розрахунків прийнято базову модель дробарки ДБ-3М (рис. 2.1), яка є модернізованим варіантом серійної дробарки та може ефективно застосовуватись у складі кормоцехів невеликих і середніх свинарських господарств. Дана дробарка характеризується підвищеною продуктивністю та покращеними енергетичними показниками, що робить її доцільною для впровадження у технологічні лінії приготування кормів.

Основні технічні характеристики дробарки ДБ-3М: продуктивність – до 3 т/год, що забезпечує швидку переробку зернової сировини; встановлена

потужність електродвигуна – 11 кВт, що дозволяє підтримувати стабільний режим роботи; фракційний склад подрібненого продукту – 0,8–1,2 мм відповідно до зоотехнічних вимог; габаритні розміри – 1044×985×1108 мм, що забезпечує зручну інтеграцію в технологічні лінії кормоцехів; маса – 480 кг, що гарантує достатню жорсткість і стійкість конструкції в процесі експлуатації.

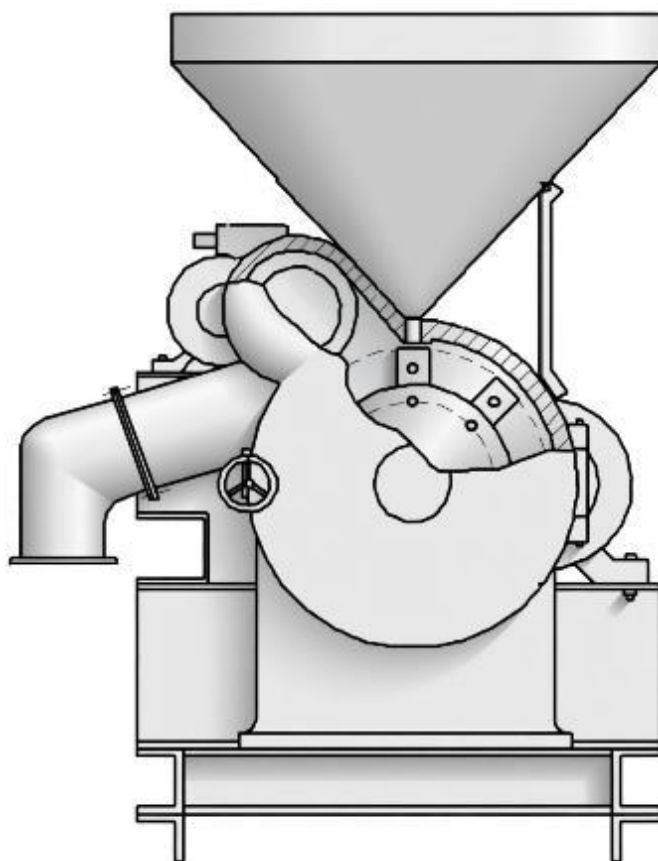


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема молоткової дробарки

Конструкція дробарки забезпечує можливість переробки різних видів зернової сировини, зокрема пшениці, ячменю, кукурудзи та сої, що підвищує її універсальність у системах комбікормового виробництва. Завдяки поєднанню високої продуктивності та оптимізованого енергоспоживання дробарка ДБ-3М є важливим елементом сучасної технологічної лінії приготування кормів.

Суть функціонування модернізованого подрібнювача полягає в такому: сировина зернова, що надходить із завантажувального бункера, потрапляє до камери помелу. Там, під впливом ударів молотків, що обертаються з високою швидкістю, відбувається початкове роздрібнення частинок. Далі маса переміщується до деки, яка, обертаючись назустріч ротору, забезпечує повторне ударне навантаження, значно посилюючи процес подрібнення. Кінцевий подрібнений матеріал відводиться з робочої зони через вихідний патрубок.

Ключовою конструктивною особливістю даного рішення є відсутність стійкого кільцевого циркуляційного шару, що дозволяє зменшити непродуктивні енерговитрати та підвищити ефективність використання ударної енергії. Завдяки цьому знижується інтенсивність абразивного зношування ситових поверхонь, зменшується утворення пилоподібної фракції та покращується якість кінцевого кормового продукту. Крім того, зменшується нагрівання сировини під час обробки, що сприяє збереженню її поживної цінності.

Таким чином, запропонована конструктивна схема дозволяє підвищити ефективність процесу подрібнення, забезпечити більш раціональне використання енергії та покращити якісні показники готового комбікорму. Для реалізації та обґрунтування прийнятих рішень виникає необхідність у виконанні відповідних конструктивних і технологічних розрахунків.

3.3 Удосконалення параметрів валу дробарки

Виконаємо визначення діаметрів окремих ділянок валу.

Діаметр вихідних кінців валу визначаємо за залежністю:

$$d \geq (7...8)\sqrt[3]{T}, \quad (3.1)$$

де T – обертальний момент на валу.

$$d = 8 \cdot \sqrt[3]{25} = 24 \text{ мм.}$$

Діаметр ділянки валу під підшипник визначаємо за формулою:

$$d_{\Pi} \geq d + 2t, \quad (3.2)$$

де t – висота буртика, $t=2$ мм.

$$d_{\Pi} = 24 + 2 \cdot 2 = 28 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{\Pi}=30$ мм.

Діаметр валу в зоні буртика визначаємо як:

$$d_{\text{бп}} = d_{\Pi} + 3r, \quad (3.3)$$

де r – радіус фаски підшипника, $r=1,6$ мм.

$$d_{\text{бп}} = 30 + 3 \cdot 1,6 = 34,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_{\text{бп}}=36$ мм.

Визначення довжин ділянок валу. Довжину вихідного кінця валу визначаємо:

$$l_5 = 1,35d, \quad (3.4)$$

$$l_5 = 1,35 \cdot 24 = 32 \text{ мм.}$$

Довжини ділянок під підшипники:

$$l_2 = l_4 = 1,25d_{\Pi}, \quad (3.5)$$

$$l_2 = l_4 = 1,25 \cdot 30 = 37,5 \text{ мм.}$$

Розрахунок реакцій опор у вертикальній площині. Розглядаємо рівновагу валу та будуємо епюри згинальних моментів:

$$\sum M_A = G \cdot l_1 - R_B^b \cdot l_2 = 0 \quad (3.6)$$

$$R_A^b = \frac{G(l_1 + l_2)}{l_2} \quad (3.7)$$

$$R_B^b = \frac{300 \cdot 109}{109} = 300 \text{ Н.}$$

$$\sum M_B = G(l_1 + l_2) - R_A^b \cdot l_2 = 0 \quad (3.8)$$

$$R_A^b = \frac{G(l_1 + l_2)}{l_2} \quad (3.9)$$

$$R_A^b = \frac{300(109 + 109)}{109} = 600 \text{ Н}$$

Перевірка рівноваги:

$$R_B^b = \sum Y_0 = G + R_A^b - R_B^b = 0 \quad (3.10)$$

$$-300 + 600 - 300 = 0.$$

Згинальні моменти. Для першого та другого перерізів:

$$M_1 = G \cdot l \quad (3.11)$$

$$M_1 = -300 \cdot 0,109 = 32,8 \text{ Н/м}$$

$$M_1 = -R_B^b \cdot l_2 \quad (3.12)$$

$$M_1 = -300 \cdot 0,109 = -32,8 \text{ Н/м}$$

Горизонтальна площина. Реакції опор визначаємо з умов рівноваги:

$$\sum M_A = -F_t l_1 - R_B^r l_2 + F_p (l_2 + l_3) = 0 \quad (3.13)$$

$$R_B^r = \frac{-F_t l_1 + F_p (l_2 + l_3)}{l_2} \quad (3.14)$$

$$R_B^r = 646 \text{ Н}$$

$$R_A^r = \frac{-F_t (l_1 + l_2) - F_p l_3}{l_2} \quad (3.14)$$

$$R_A^r = 23 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\sum Z = F_t + R_A^r - R_B^r + F_p = 0 \quad (3.16)$$

$$97 + 23 - 646 + 526 = 0.$$

Згинальні моменти в горизонтальній площині

$$M_{l_1} = F_t \cdot l_1 = 10,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{l_2} = F_t (l_1 + l_2) + R_A^r l_2 = 92 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок міцності валу. Небезпечний переріз I-I біля підшипника (ослаблений галтеллю).

$$M = 92 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}, \quad T = 25 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Напруження вигину:

$$\sigma = \frac{M}{W} = 34 \text{ МПа} \quad (3.17)$$

Напруження кручення:

$$\tau = 4,6 \text{ МПа}$$

Втомна міцність (сталь 45)

Межі витривалості:

$$\tau_{-1} = 150 \text{ МПа}, \quad \tau_B = 450 \text{ МПа}$$

Запас міцності при вигині

$$S_\sigma = 3,3$$

Запас міцності при крученні

$$S_\tau = 31,5$$

Загальний запас міцності

$$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = 3,3 \quad (3.18)$$

Отже, умова міцності виконується.

3.4 Визначення параметрів та підбір підшипників кочення

Розрахунок виконуємо для підшипника, що сприймає найбільше навантаження.

Радіальне навантаження на підшипник визначаємо за залежністю:

$$F_r = R_B = \sqrt{(R_B^b)^2 + (R_B^r)^2}, \quad (3.19)$$

$$F_r = \sqrt{300^2 + 942^2} = 988 \text{ Н}$$

Діаметр валу в зоні встановлення підшипника становить $d=30$ мм.

Попередньо обираємо радіальний кульковий підшипник середньої серії з умовним позначенням 306, для якого:

$$C_r = 22 \text{ кН}$$

Визначення еквівалентного динамічного навантаження. Еквівалентне динамічне навантаження визначаємо за формулою:

$$P_r = (X \cdot v \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_b \cdot K_t, \quad (3.20)$$

де $X=1$, $Y=0$ – коефіцієнти радіального та осевого навантаження; $v=1$ – коефіцієнт обертання (обертається внутрішнє кільце); $K_b=1,2$ – коефіцієнт безпеки; $K_t=1$ – температурний коефіцієнт.

Тоді:

$$P_r = 1 \cdot 1 \cdot 988 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1185,6 \text{ Н}$$

Розрахунок довговічності. Еквівалентний ресурс визначаємо:

$$L_{hE} = K_{hE} \cdot L_h, \quad (3.21)$$

де $K_{hE}=0,18$, $L_h=20000$ год.

Подальше перетворення у кількість обертів:

$$L_E = 60 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot L_{hE}, \quad (3.22)$$

де $n=3440 \text{ хв}^{-1}$.

$$L_E = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 3440 \cdot 3600 = 742 \text{ млн.об.}$$

Визначення необхідної динамічної вантажопідйомності

$$C = P \cdot \sqrt[3]{p \cdot L}, \quad (3.23)$$

де $p=3$ для кулькових підшипників.

$$C = 1185,6 \cdot \sqrt[3]{743} = 10738 \text{ Н} = 10,7 \text{ кН.}$$

Умова $C_{\text{потр}} \leq C_{\text{доп}}$ виконується.

Перевірка за статичною вантажопідйомністю. Еквівалентне статичне навантаження:

$$P_0 = x_0 \cdot F_r + y_0 \cdot F_a, \quad (3.24)$$

де $x_0=0,6$, $y_0=0$, $F_a=0$.

$$P_0 = 0,6 \cdot 988 = 593 \text{ Н.}$$

Порівняння:

$$P_0 = 593 \leq 15100.$$

Отже, умови міцності та довговічності виконуються, тому обраний підшипник відповідає експлуатаційним вимогам і може бути прийнятий до використання.

3.5 Розрахунок пасової передачі деки з клиновим ремнем

Згідно з рекомендаціями обираємо переріз ремня типу 0. Приймаємо діаметр ведучого шківів $d_{p1}=80$ мм та визначаємо номінальну потужність, яку може передати один ремінь: $P_0=0,7$ кВт.

Розрахунок геометричних параметрів передачі виконуємо у встановленій послідовності.

Передавальне відношення визначаємо за формулою:

$$i = \frac{n_1}{n_2}, \quad (3.25)$$

де n_1 – частота обертання валу електродвигуна; n_2 – частота обертання деки.

$$i = \frac{1390}{1700} = 0,82$$

Діаметр веденого шківів:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot i = 80 \cdot 0,82 = 65,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{p2}=63$ мм.

Попередньо задаємо міжосьову відстань:

$$a' \approx d_{p1} = 80 \text{ мм}$$

Визначення довжини ремня

$$l'_p = 2a + 0,5\pi(d_2 + d_1) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4a}, \quad (3.26)$$

$$l'_p = 2 \cdot 80 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (63 + 80) + \frac{(80 - 63)^2}{4 \cdot 80} = 385 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартну довжину ремня $l_p = 400$ мм.

Уточнення міжосьової відстані:

$$a = \frac{2l - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2l - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_1 - d_2)^2}}{8} \quad (3.27)$$

$$a = 87 \text{ мм}$$

Потужність, що передається одним ремнем

$$P_p = \frac{P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_l \cdot C_i}{C_p}, \quad (3.28)$$

де $C_\alpha=0,98$ – коефіцієнт кута охоплення; $C_l=0,78$ коефіцієнт довжини ремня; $C_i \approx 1,0$ – коефіцієнт передавального відношення; $C_p \approx 1,0$ – коефіцієнт режиму роботи.

$$P_p = 0,54 \text{ кВт.}$$

Визначення кількості ременів

$$Z = \frac{P}{P_p \cdot C_z}, \quad (3.29)$$

де $P=0,55$ кВт – потужність двигуна; $C_z=1$.

$$Z = \frac{0,55}{0,54} \approx 1$$

Приймаємо $Z=1$.

Швидкість руху ремня:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_1}{60}, \quad (3.30)$$

$$v = 5,8 \text{ м / с.}$$

Додаткове натягнення:

$$F_v = \rho \cdot A \cdot v, \quad (3.31)$$

де $\rho=1250 \text{ кг/м}^3$; $A=47 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

$$F_v = 0,34 \text{ Н}$$

Попереднє натягнення ремня:

$$F_0 = 64,5 \text{ Н}$$

Сила, що діє на вал

$$\frac{\beta}{2} = \frac{180^\circ - \alpha}{2} = 5,5^\circ. \quad (3.32)$$

У статичному режимі:

$$F_r = 2F_0 \cdot Z \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) = 135 \text{ Н}, \quad (3.33)$$

З урахуванням динаміки:

$$F_r = 125 - 2F_v \cdot Z = 124\text{H} \quad (3.34)$$

Ресурс роботи ременя

$$T = T_{\text{ср}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (3.35)$$

де $T_{\text{ср}}=2000$ год; $K_1=2,5$ – коефіцієнт режиму; $K_2=1,0$ – коефіцієнт умов експлуатації.

$$T = 5000 \text{ год.}$$

Отже, розраховані параметри підтверджують працездатність клинопасової передачі, а обрані елементи відповідають заданим умовам експлуатації.

3.6 Висновки до розділу

На основі аналізу зоотехнічних вимог встановлено, що якість подрібнення безпосередньо впливає на засвоюваність кормів, продуктивність тварин та економічні показники виробництва. Обґрунтовано необхідність забезпечення оптимального гранулометричного складу, однорідності помелу, енергоефективності процесу та збереження поживної цінності сировини.

У результаті аналізу існуючих конструкцій виявлено основні недоліки молоткових дробарок, зокрема підвищену енергоємність і утворення циркуляційного кільцевого шару матеріалу. Запропонована конструктивно-технологічна схема удосконаленої дробарки дозволяє усунути ці недоліки за рахунок інтенсифікації ударного впливу та оптимізації руху матеріалу в робочій камері. Це забезпечує зниження енергоспоживання, зменшення утворення пилоподібної фракції та підвищення якості готового продукту.

Проведені розрахунки параметрів валу показали, що його конструкція забезпечує необхідну міцність і надійність у заданих умовах роботи. Запаси міцності при вигині та крученні відповідають нормативним вимогам, що підтверджує працездатність елемента.

Виконаний підбір підшипників кочення підтвердив їх відповідність умовам експлуатації за показниками динамічної та статичної вантажопідйомності, а також довговічності. Обрані підшипники забезпечують надійну роботу вузла при заданих навантаженнях.

Розрахунок клинопасової передачі приводу деки показав, що обрана схема є працездатною та забезпечує передачу необхідної потужності при мінімальній кількості ременів. Визначені параметри передачі, сили натягу та ресурс роботи відповідають умовам експлуатації та гарантують її надійну роботу.

У цілому, прийняті конструктивні та технологічні рішення забезпечують підвищення ефективності процесу подрібнення, зниження енерговитрат, покращення якості кормів і надійність роботи обладнання, що є важливим для сучасних кормовиробничих підприємств.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Процес приготування кормів на свиновідгодівельних фермах належить до категорії технологічних процесів підвищеної небезпеки, оскільки пов'язаний із використанням машин та механізмів, електрообладнання, пиловиділенням, шумом, а також можливістю виникнення пожеж і вибухів пилоповітряних сумішей. У зв'язку з цим забезпечення належного рівня охорони праці та захисту навколишнього середовища є важливою складовою ефективного функціонування кормоцеху.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами при приготуванні кормів є рухомі частини машин (дробарки, транспортери, змішувачі), підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, можливість ураження електричним струмом, а також небезпека займання пилу. Особливу увагу необхідно приділяти молотковим дробаркам, які є джерелом інтенсивного пиловиділення та шуму, а також можуть створювати небезпечні ситуації у разі потрапляння сторонніх предметів у робочу камеру.

З метою забезпечення безпечних умов праці технологічне обладнання повинно відповідати вимогам чинних нормативних документів з охорони праці. Усі рухомі та обертові частини машин мають бути оснащені захисними кожухами, що унеможливають випадковий доступ обслуговуючого персоналу до небезпечних зон. Пускові пристрої повинні мати блокування, яке виключає можливість запуску обладнання при відкритих захисних огороженнях.

Важливим елементом безпеки є правильна організація робочого місця. Робочі проходи повинні бути вільними від сторонніх предметів, мати достатню ширину та бути добре освітленими. Освітлення повинно відповідати встановленим нормам і забезпечувати чітку видимість усіх

елементів обладнання та зон обслуговування. Підлога має бути рівною, неслизькою та легко очищуваною від пилу та залишків кормів.

Електробезпека є одним із ключових аспектів охорони праці. Усі електроустановки повинні мати надійне заземлення та захист від короткого замикання і перевантажень. Електрощити мають бути закритого типу, з обмеженим доступом сторонніх осіб. Проведення технічного обслуговування електрообладнання дозволяється лише кваліфікованому персоналу, який має відповідну групу допуску з електробезпеки.

Особливу небезпеку становить пил, що утворюється під час подрібнення та транспортування кормів. Органічний пил є не лише шкідливим для органів дихання працівників, але й вибухонебезпечним у разі накопичення у повітрі до критичних концентрацій. Для зниження запиленості необхідно застосовувати герметизацію обладнання, встановлення аспіраційних систем і пиловловлювачів (циклонів, фільтрів). Робочі місця повинні бути обладнані місцевою витяжною вентиляцією, що забезпечує ефективне видалення пилу безпосередньо в місцях його утворення.

З метою захисту органів дихання працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, зокрема респіраторами або пилозахисними масками. Крім того, необхідно використовувати засоби захисту органів слуху (навушники або беруші) у зв'язку з підвищеним рівнем шуму, який може перевищувати допустимі значення під час роботи дробарок.

Важливим заходом є забезпечення пожежної безпеки. Приміщення кормоцеху повинно бути обладнане первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками, ящиками з піском, пожежними щитами), а також системами пожежної сигналізації. Забороняється накопичення пилу на обладнанні, конструкціях і в повітропроводах, оскільки це підвищує ризик займання. Не допускається використання відкритого вогню та куріння у виробничих приміщеннях.

Організаційні заходи охорони праці передбачають проведення інструктажів з техніки безпеки, навчання персоналу безпечним методам роботи, а також регулярний контроль знань працівників. Кожен працівник повинен бути ознайомлений з правилами експлуатації обладнання, діями у разі аварійних ситуацій та порядком надання першої допомоги.

Захист навколишнього середовища при приготуванні кормів полягає у зменшенні негативного впливу виробничих процесів на атмосферне повітря, ґрунти та водні ресурси. Основним джерелом забруднення є пилові викиди, які можуть потрапляти в атмосферу. Використання ефективних систем аспірації та фільтрації дозволяє значно знизити рівень викидів і забезпечити відповідність екологічним нормам.

Важливим аспектом є раціональне використання енергетичних ресурсів. Застосування енергоефективного обладнання, оптимізація режимів роботи машин і своєчасне технічне обслуговування дозволяють зменшити споживання електроенергії та, відповідно, знизити екологічне навантаження.

Відходи кормовиробництва (пил, залишки сировини) повинні збиратися та утилізуватися відповідно до встановлених норм. У більшості випадків вони можуть бути повторно використані у виробництві кормів, що сприяє зменшенню втрат сировини та підвищенню економічної ефективності виробництва.

Для зниження шумового впливу на навколишнє середовище рекомендується застосовувати шумоізоляційні матеріали, встановлювати обладнання на вібропоглинаючих основах, а також розміщувати найбільш шумні агрегати у окремих приміщеннях.

Санітарно-гігієнічні умови праці повинні відповідати встановленим нормам. Регулярне прибирання виробничих приміщень, контроль мікроклімату (температури, вологості, швидкості руху повітря) та забезпечення працівників санітарно-побутовими приміщеннями є необхідними умовами підтримання здоров'я персоналу.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

Економічна ефективність впровадження удосконаленої молоткової дробарки ДБ-3М визначається шляхом порівняння її техніко-економічних показників із базовою машиною (дробаркою КДУ-2), яка використовується у типовій технологічній лінії приготування кормів. Основна мета розрахунку — оцінка зниження собівартості подрібнення кормів, економії ресурсів та визначення строку окупності додаткових капітальних вкладень.

Для проведення розрахунків приймаємо такі вихідні дані (на основі ринкових цін станом на 2025–2026 рр.):

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	КДУ-2 (аналог)	ДБ-3М (удосконалена)
Продуктивність, т/год	1,49	3,0
Потужність, кВт	15	11,55
Вартість, грн	180 000	240 000
Кількість обслуговуючого персоналу, осіб	2	1
Тарифна ставка, грн/год	120	120
Термін служби, років	8	10
Річний фонд роботи, год	2000	2000

Вартість електроенергії приймаємо: 6,0 грн/кВт·год (середній тариф для підприємств)

Витрати на оплату праці визначаються за формулою:

$$C_{\text{п}} = n \cdot T \cdot F \quad (5.1)$$

де n — кількість працівників; T — тарифна ставка; F — фонд часу.

Для КДУ-2: $C_{\text{п1}} = 2 \cdot 120 \cdot 2000 = 480000$ грн/рік

Для ДБ-3М: $C_{\text{п2}} = 1 \cdot 120 \cdot 2000 = 240000$ грн/рік

Економія: 240000 грн/рік

Витрати на електроенергію

$$C_e = P \cdot F \cdot C_{\text{ел}} \quad (5.2)$$

Для КДУ-2: $C_{e1} = 15 \cdot 2000 \cdot 6 = 180000$ грн

Для ДБ-3М: $C_{e2} = 11,55 \cdot 2000 \cdot 6 = 138600$ грн

Економія: 41400 грн/рік

Амортизаційні відрахування:

$$A = \frac{C}{T} \quad (5.3)$$

Для КДУ-2: $A_1 = \frac{180000}{8} = 22500$ грн

Для ДБ-3М: $A_2 = \frac{240000}{10} = 24000$ грн

Збільшення витрат: 1500 грн/рік

Витрати на ремонт і технічне обслуговування

Приймаємо: 10% від вартості (КДУ-2), 8% (ДБ-3М — більш досконала конструкція).

Для КДУ-2: $C_{p1} = 180000 \cdot 0,1 = 18000$ грн

Для ДБ-3М: $C_{p1} = 240000 \cdot 0,08 = 19200$ грн

Збільшення: 1200 грн/рік

Таблиця 5.1 – Загальні річні витрати

Стаття	КДУ-2	ДБ-3М
Праця	480000	240000
Електроенергія	180000	138600
Амортизація	22500	24000
Ремонт	18000	19200
Разом	700500	421800

Собівартість подрібнення 1 т корму

Річний обсяг:

КДУ-2: $Q_1 = 1,49 \cdot 2000 = 2980$ т

ДБ-3М: $Q_2 = 3 \cdot 2000 = 6000$ т

Собівартість:

$$\text{КДУ-2: } S_1 = \frac{700500}{2980} = 235 \text{ грн/т}$$

$$\text{ДБ-3М: } S_2 = \frac{421800}{6000} = 70,3 \text{ грн/т}$$

Економічний ефект

$$\text{Річна економія: } E = 700500 - 421800 = 278700 \text{ грн/рік}$$

Додаткові капітальні вкладення

$$\Delta K = 240000 - 180000 = 60000 \text{ грн}$$

Строк окупності

$$T = \frac{\Delta K}{E} \quad (5.4)$$

$$T = \frac{60000}{278700} = 0,22 \text{ року}$$

Тобто приблизно 2,6 місяця.

Проведений техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленої дробарки ДБ-3М є економічно доцільним і ефективним рішенням для кормоцехів свиновідгодівельних підприємств. Основні переваги: зниження витрат на оплату праці у 2 рази; зменшення енергоспоживання на 23%; підвищення продуктивності у 2 рази; зниження собівартості подрібнення корму більш ніж у 3 рази. Річний економічний ефект становить 278,7 тис. грн, а строк окупності додаткових інвестицій – лише 0,22 року, що свідчить про високу інвестиційну привабливість розробки.

Крім економічних переваг, удосконалена конструкція забезпечує покращення якості корму (менше пилу, рівномірність фракції), що позитивно впливає на продуктивність тваринництва. Таким чином, впровадження дробарки ДБ-3М дозволяє не лише знизити витрати, але й підвищити загальну ефективність виробництва кормів.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз виробництва концентрованих кормів і діяльності тваринницьких господарств показав, що кормова база є визначальним чинником стабільного розвитку галузі. Виробництво кормів характеризується нестабільністю через економічні, кліматичні та інші фактори, що впливає на собівартість і конкурентоспроможність продукції. Найбільшу частку у структурі споживання займають концентровані корми, особливо у свинарстві та птахівництві. Встановлено регіональні відмінності у їх виробництві та тенденцію до створення власних кормоцехів, що підвищує ефективність господарств. Ефективність сучасних кормоцехів визначається рівнем автоматизації, організацією процесів і підбором обладнання. Найпоширенішими залишаються молоткові та вальцеві дробарки, хоча перспективними є інноваційні технології. Загалом розвиток кормовиробництва спрямований на впровадження енергоефективних і автоматизованих рішень для підвищення якості кормів і зниження їх собівартості.

2. У другому розділі виконано проектування механізованої лінії приготування кормів для свиновідгодівельної ферми та проведено розрахунки її основних вузлів і режимів роботи. Розроблена схема відповідає зоотехнічним вимогам і забезпечує отримання однорідних кормових сумішей. Встановлено структуру лінії та запропоновано модернізацію із заміною дробарки КДУ-2 на ДБ-3М, що підвищило продуктивність з 1,49 до 3 т/год і усунуло «вузьке місце» процесу. Виконані конструктивні розрахунки (зазор, завантаження, привід) та визначено сумарну потужність 11,55 кВт, що забезпечує надійну роботу обладнання. Обґрунтовано параметри технологічного процесу, які підтверджують скорочення тривалості циклу.

3. На основі аналізу зоотехнічних вимог встановлено, що якість подрібнення визначає засвоюваність кормів, продуктивність тварин та

економічну ефективність виробництва. Обґрунтовано необхідність забезпечення оптимального гранулометричного складу, однорідності помелу та енергоефективності процесу. Аналіз існуючих конструкцій показав недоліки молоткових дробарок, зокрема підвищену енергоємність і утворення циркуляційного кільцевого шару. Запропоновані конструктивно-технологічні рішення дозволяють зменшити ці недоліки, підвищити якість продукту та знизити енергоспоживання. Розрахунки валу підтвердили його достатню міцність і працездатність у заданих умовах. Підібрані підшипники відповідають вимогам за вантажопідйомністю та забезпечують надійну роботу вузла. Розрахунок клинопасової передачі приводу показав її працездатність і здатність передавати необхідну потужність із забезпеченням надійного ресурсу роботи.

4. Узагальнюючи, процес приготування кормів на свиновідгодівельних фермах є потенційно небезпечним виробництвом, що супроводжується дією шуму, пилу, рухомих механізмів та електрообладнання, а також ризиками пожеж і вибухів пилоповітряних сумішей. Забезпечення безпечних умов праці потребує комплексного застосування технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних заходів, зокрема захисту обладнання, вентиляції, аспірації, використання ЗІЗ та дотримання правил електро- і пожежної безпеки. Водночас реалізація екологічних заходів дозволяє мінімізувати пилові викиди, шумовий вплив і раціонально використовувати ресурси, що забезпечує безпечну та екологічно збалансовану роботу кормоцеху.

5. Проведений техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленої дробарки ДБ-3М є економічно доцільним і ефективним рішенням для кормоцехів свиновідгодівельних підприємств. Річний економічний ефект становить 278,7 тис. грн, а строк окупності додаткових інвестицій – лише 0,22 року, що свідчить про високу інвестиційну привабливість розробки.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А., Алієва, О. Ю., Малєгін, Р. Д., Лупко, К. О., Лінко, М. О., Гезь, Я. В., & Безугла, Л. С. (2022). Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: колективна монографія (Е. Б. Алієв, ред.). ЛПРА.
2. Алієв, Е. Б., & Білоус, І. М. (2025). Результати експериментальних досліджень дискового подрібнювача макухи нішевих олійних культур. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, 38, 140–151. <https://doi.org/10.36710/IOC-2025-38-13>
3. Бабич, О. А., & Петриченко, В. Ф. (2014). Соя як стратегічна культура для забезпечення збалансованих кормів у тваринництві. Вісник аграрної науки, 10, 5–10.
4. Bilous, I., Jasinskas, A., Dudin, V., Kukharets, S., Aliiev, E., Domeika, R., Paulikienė, S., & Ūksas, T. (2025). Justification of the design and operating parameters of the improved disc grain crusher. Agriculture, 15(22), 2344. <https://doi.org/10.3390/agriculture15222344>
5. Демчук, О. В., & Левченко, М. В. (2019). Удосконалення технології приготування кормів в умовах сільськогосподарського підприємства. Науково-інформаційний вісник біолого-технологічного факультету, 12, 168–170.
6. ДСТУ 2421-94. (1994). Комбікорми. Терміни та визначення. Держстандарт України.
7. ДСТУ 4124-2002. (2003). Комбікорми повнораціонні для свиней. Технічні умови. Держстандарт України.
8. ДСТУ 4482:2005. (2006). Премікси. Технічні умови. Держспоживстандарт України.
9. ДСТУ 4507:2005. (2007). Комбікорми для контрольної відгодівлі свиней. Технічні умови. Держспоживстандарт України.

10. ДСТУ 4508:2005. (2007). Комбікорми-концентрати для свиней. Технічні умови. Держспоживстандарт України.
11. ДСТУ 8024:2015. (2017). Комбікорми гранульовані. Загальні технічні умови. УкрНДНЦ.
12. Дудін, В. Ю., & Білоус, І. М. (2025). Дослідження ефективності роботи дискового подрібнювача зерна. Вібрації в техніці та технологіях, 1(116), 56–63. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2025-1-7>
13. Єгоров, Б. В. (2011). Технологія виробництва комбікормів. Друкарський дім.
14. Ібатуллін, І. І., Мельник, Ю. Ф., Отченашко, В. В., Сичов, М. Ю., Кривенок, М. Я., Чигрин, А. І., Кондратюк, В. М., Ільчук, І. І., Уманець, Д. П., Яценко, О. В., Баланчук, І. М., Голубєв, М. І., Кононенко, В. К., Столюк, В. Д., & Панасенко, Ю. О. (2013). Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин (І. І. Ібатуллін, ред.). Полісся.
15. Кравець, О. В. (2017). Технологія виробництва і переробки продукції свинарства. ПДАА.
16. Laurinen, P., Siljander-Rasi, H., Karhunen, J., Alaviuhkola, T., Näsi, M., & Tuppi, K. (2000). Effects of different grinding methods and particle size of barley and wheat on pig performance and digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 83, 1–16. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00116-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00116-9)
17. Lyu, F., Thomas, M., Hendriks, W., & Van Der Poel, A. (2019). Size reduction in feed technology and methods for determining, expressing and predicting particle size: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 261, 114347. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114347>
18. Проваторов, Г. В., Ладика, В. І., & Бондарчук, Л. В. (2018). Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин. Університетська книга.
19. Повод, М., Бондарська, О., Лихач, В., Жижка, С., Нечмілов, В., & Дудін, В. (2021). Технологія виробництва і переробки продукції свинарства. Науково-методичний центр ВФПО.

20. Рудь, В. П. (2020). Організація маркетингу в свинарстві: сучасний стан і механізм функціонування ринку. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 6, 112–118.
21. Thomas, M., Hendriks, W., & Van Der Poel, A. (2018). Size distribution analysis of wheat, maize and soybeans and energy efficiency using different methods for coarse grinding. *Animal Feed Science and Technology*, 240, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.010>
22. Таврійський державний агротехнологічний університет. (n.d.). Особливості технології роздавання кормів у свинарстві. Електронна бібліотека ТДАТУ. https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page70.html
23. Вінницький національний аграрний університет. (n.d.). Кормова зона та марки технологічного обладнання для кормоцехів. Електронний репозитарій ВНАУ. http://socrates.vsau.org/b04213/elbook/view_page.php
24. Vukmirovic, D., Levic, J., Fistes, A., Colovic, R., Brlek, T., Colovic, D., & Djuragic, O. (2015). Influence of grinding method and grinding intensity of corn on mill energy consumption and pellet quality. *Hemijaska Industrija*, 70(1), 67–72. <https://doi.org/10.2298/hemind141114012v>

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

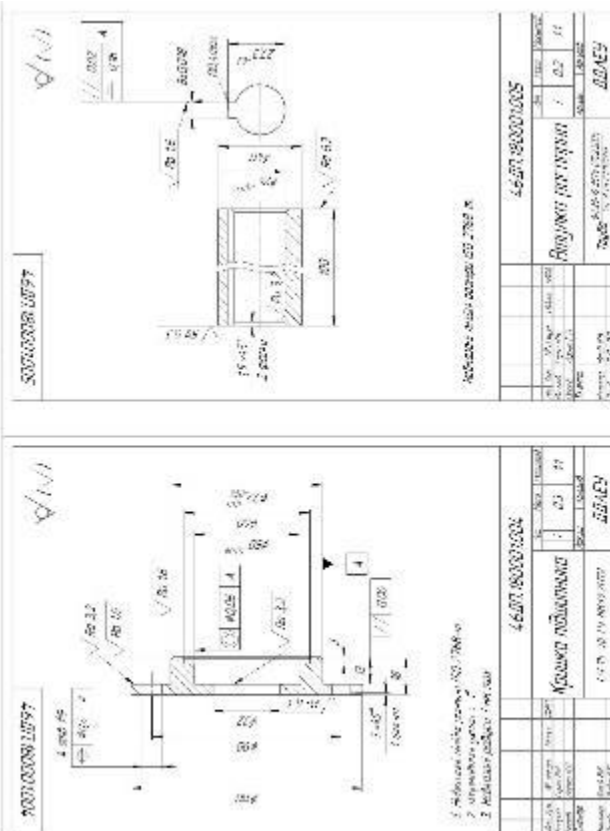
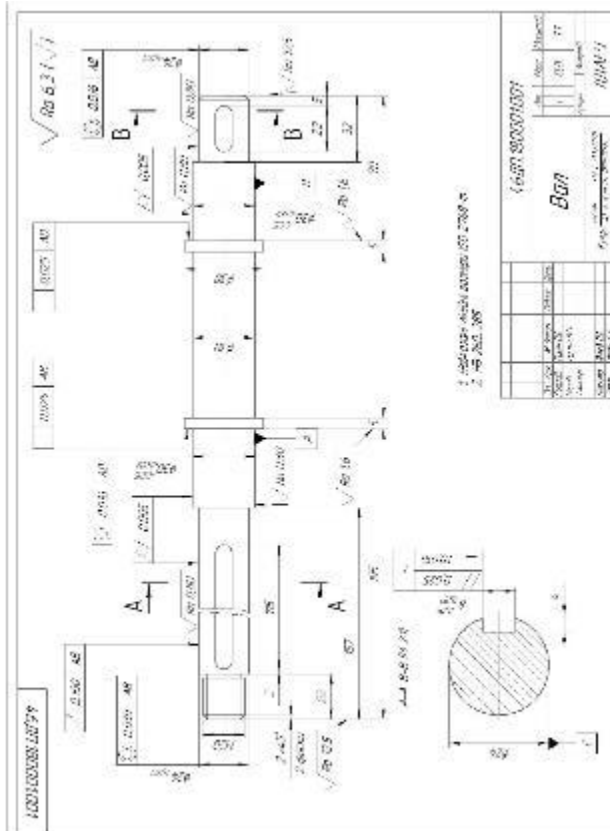
Удосконалення технологічної лінії приготування кормів для свиновідгодівельної ферми з розробкою дробарки концентрованих кормів

Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Гурін Василь Васильович

Керівник: доктор філософії
Лупко Кристина Олегівна

Дніпро, 2026



[illegible]

Книжкины

ФУРМЕН А4