

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Удосконалення технологічного процесу приготування кормів
на молочно-товарній фермі з розробкою молоткової дробарки**

Виконав: здобувач вищої освіти 3 курсу, групи АІС-3-23
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Пономаренко Дмитро Євгенійович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

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

Кафедра інжинірингу технічних систем
Рівень вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
інжинірингу технічних систем
(назва кафедри)
ДОЦЕНТ
(вчене звання)
Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«05» травня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Пономаренко Дмитро Євгенійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічного процесу приготування кормів на молочно-товарній фермі з розробкою молоткової дробарки

керівник проєкту Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для видалення гною. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика господарства. 2. Удосконалення технологічного процесу приготування кормів на МТФ. 3. Розробка молоткової дробарки. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема. 2. Молоткова дробарка. 3. Молоткова дробарка. 4. Дробильний апарат. 5. Дека. 6. Втулка. 7. Вал. 8. Вал. 9. Охорона праці. 10. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Дудін В.Ю., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 07.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2026 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2026 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2026 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2026 р.	
5	Економічний	до 22.05.2026р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Здобувач

(підпис)

Пономаренко Д. Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пономаренко Д. Є. Удосконалення технологічного процесу приготування кормів на молочно-товарній фермі з розробкою молоткової дробарки/ Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто удосконалення технологічного процесу приготування кормів для великої рогатої худоби шляхом модернізації молоткової дробарки зернових компонентів. Обґрунтовано застосування технології TMR, визначено добову потребу ферми в кормосуміші, підібрано основні засоби механізації та виконано розрахунок сховищ кормів. Проаналізовано існуючі конструкції дробарок і запропоновано удосконалення молоткової дробарки шляхом встановлення регульованої секційної деки та застосування оборотних молотків зі скошеною робочою кромкою. Визначено основні параметри удосконалення, розроблено заходи з охорони праці та виконано економічну оцінку запропонованого рішення. Встановлено, що впровадження удосконаленої дробарки є технічно та економічно доцільним.

Ключові слова: приготування кормів, велика рогата худоба, TMR, молоткова дробарка, зерно, дека, молотки, механізація, охорона праці, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 Характеристика господарства	10
1.1 Загальні відомості	10
1.2 Характеристика рослинництва	11
1.3 Характеристика тваринництва	13
1.4 Висновки	15
2 Удосконалення технологічного процесу приготування кормів на МТФ	16
2.1 Вихідні дані та зоотехнічні вимоги до процесу	16
2.2 Постановка завдання на проектування	19
2.3 Вибір технології та варіантів механізації процесу	20
2.4 Визначення продуктивності процесу	23
2.5 Розрахунки технічного забезпечення	28
2.6 Розрахунок кількості та місткості сховищ кормів	32
2.7 Висновки	36
3 Розробка молоткової дробарки	37
3.1 Аналіз існуючих конструкцій дробарок	37
3.2 Вимоги до подрібнювачів зернових кормів	39
3.3 Конструктивні удосконалення дробарки	40
3.4 Розрахунок параметрів удосконалення	43
3.5 Висновки	49
4 Охорона праці	50
4.1 Загальні вимоги при приготуванні кормів для ВРХ	50
4.2 Інструкція з охорони праці для оператора молоткової дробарки	52
4.3 Висновки	53

5 Економічна оцінка удосконалення дробарки	55
5.1 Вихідні дані	55
5.2 Розрахунок показників економічної ефективності	56
5.3 Висновки	57
Загальні висновки	58
БІБЛІОГРАФІЯ	59
ДОДАТКИ	61

ВСТУП

Ефективний розвиток тваринництва значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів, серед яких одне з провідних місць займає приготування кормів. Саме якість підготовки кормових компонентів, їх однорідність, ступінь подрібнення та своєчасність згодовування безпосередньо впливають на продуктивність тварин, засвоюваність поживних речовин і економічні показники виробництва продукції. У сучасних умовах підвищення вартості енергоресурсів, матеріалів та технічного обслуговування особливої актуальності набуває вдосконалення машин і обладнання, що входять до складу технологічних ліній кормоприготування.

У виробництві кормів для великої рогатої худоби широкого застосування набули повнозмішані раціони, приготовані за технологією TMR, яка забезпечує рівномірний розподіл усіх компонентів кормової суміші та підвищує ефективність годівлі. Разом із тим реалізація цієї технології потребує попередньої якісної підготовки окремих складових раціону. Якщо стеблові та соковиті корми можуть подрібнюватися безпосередньо у змішувачі-роздавачі, то зернові компоненти потребують окремого подрібнення до зоотехнічно обґрунтованого розміру частинок. Саме тому подрібнювачі зерна є важливою ланкою в системі кормоприготування на молочнотоварних фермах.

Серед машин для подрібнення зернових кормів найбільшого поширення набули молоткові дробарки, які характеризуються відносною простотою конструкції, універсальністю та достатньою продуктивністю. Проте експлуатація серійних машин показує, що вони не завжди забезпечують необхідну рівномірність гранулометричного складу готового продукту, мають підвищене пиловиділення та значні питомі витрати енергії. Це зумовлює необхідність пошуку нових технічних рішень, спрямованих на вдосконалення конструкції дробарок і підвищення ефективності їх роботи.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в тому, що удосконалення молоткової дробарки дає змогу підвищити якість подрібнення зернових

кормів, знизити енерговитрати на виконання процесу та покращити загальні показники функціонування технологічної лінії приготування кормів для ВРХ. Запровадження таких технічних рішень є важливим напрямом підвищення ефективності кормовиробництва і конкурентоспроможності тваринницьких підприємств.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності технологічного процесу приготування кормів для великої рогатої худоби шляхом удосконалення молоткової дробарки зернових компонентів.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно було вирішити такі завдання:

- дослідити виробничі умови господарства та обґрунтувати структуру технологічної лінії приготування кормів для ВРХ;
- проаналізувати сучасні технології приготування кормів і визначити місце операції подрібнення зерна в загальній схемі кормоприготування;
- визначити добову потребу в кормових компонентах, продуктивність технологічного процесу та підібрати основні засоби механізації;
- проаналізувати існуючі конструкції дробарок зернових кормів і обґрунтувати вибір напрямку вдосконалення;
- розробити конструктивні удосконалення молоткової дробарки та визначити їх основні параметри;
- оцінити економічну доцільність запропонованого технічного рішення і розробити заходи з охорони праці при експлуатації обладнання.

1 Характеристика господарства

1.1 Загальні відомості

Базою виконання дипломного проєкту є товариство з обмеженою відповідальністю «Агрофірма «Перше Травня», що розташоване в смт. Томаківка Нікопольського району Дніпропетровської області. Підприємство було створене на базі реформованого колективного господарства і на сьогодні є одним із типових представників аграрних підприємств степової зони України.

Господарство має вигідне економіко-географічне положення, оскільки знаходиться в зоні розвиненого сільськогосподарського виробництва з наявністю транспортних шляхів, що забезпечують зв'язок із переробними підприємствами та ринками збуту. Відстань до районного центру становить близько 10–15 км, до обласного центру - близько 100 км, що створює сприятливі умови для логістики продукції.

Основним видом діяльності підприємства є вирощування зернових, зернобобових та олійних культур. Разом із тим господарство здійснює комплексну діяльність, яка включає тваринництво, допоміжні виробництва та обслуговуючі підрозділи.

Земельні ресурси підприємства становлять орієнтовно 4 тис. га сільськогосподарських угідь, у тому числі рілля займає понад 85–90 % площ. Така структура землекористування характерна для степової зони та забезпечує високий рівень інтенсивності рослинницького виробництва.

Клімат району помірно континентальний із жарким літом та відносно м'якою зимою. Середньорічна температура повітря становить +8...+10 °С, а кількість опадів - 400–450 мм на рік. Основна частина опадів припадає на теплий період року, проте їх розподіл нерівномірний, що часто призводить до посушливих умов у період вегетації рослин. Це обумовлює необхідність впровадження ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту та накопичення вологи.

Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами звичайними та південними, які характеризуються високим вмістом гумусу (3–5 %) і доброю структурою. Це створює сприятливі умови для вирощування широкого спектра сільськогосподарських культур.

Матеріально-технічна база господарства включає машинно-тракторний парк, зернозбиральну техніку, транспортні засоби, а також виробничі приміщення для зберігання продукції та утримання тварин. Рівень механізації основних процесів є достатньо високим, однак окремі технологічні операції потребують модернізації, зокрема у сфері кормоприготування та роздавання кормів.

1.2 Характеристика рослинництва

Рослинництво є основною галуззю діяльності підприємства та формує його економічний потенціал. Структура посівних площ визначається природно-кліматичними умовами та кон'юктурою ринку і включає зернові, технічні та кормові культури.

Основними культурами є озима пшениця, ячмінь, кукурудза на зерно, соя, соняшник і ріпак. Частка зернових культур у структурі посівів становить близько 50–60 %, технічних - 30–35 %, кормових - до 10 %. Така структура дозволяє забезпечити як реалізацію продукції, так і формування кормової бази для тваринництва.

Таблиця 1.1 – Структура земельних угідь господарства

Вид угідь	Площа, га	Частка, %
Рілля	4800	88
Сіножаті	220	4
Пасовища	310	6
Інші угіддя	120	2
Разом	5450	100

Середня врожайність основних культур становить:

озима пшениця - 4,0–5,5 т/га;

ячмінь - 3,5–4,5 т/га;

кукурудза - 5,0–7,0 т/га;

соняшник - 2,0–3,0 т/га;

ріпак - 2,5–3,5 т/га.

Таблиця 1.2 – Структура посівних площ

Культура	Площа, га	Частка, %
Озима пшениця	1800	33
Ячмінь	650	12
Кукурудза	900	17
Соняшник	1400	26
Ріпак	500	9
Кормові культури	200	3
Разом	5450	100

Таблиця 1.3 – Урожайність основних культур

Культура	Урожайність, т/га
Озима пшениця	4.8
Ячмінь	4.2
Кукурудза	6.5
Соняшник	2.6
Ріпак	3.1

Технологія вирощування культур базується на використанні сучасних агротехнічних заходів. Обробіток ґрунту включає оранку, дискування, культивування, а також застосування мінімального та нульового обробітку на окремих полях. Внесення добрив здійснюється з урахуванням агрохімічного аналізу ґрунтів.

Система захисту рослин передбачає використання гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів, що дозволяє мінімізувати втрати врожаю. Водночас велика увага приділяється дотриманню сівозмін, що сприяє збереженню родючості ґрунтів.

Збирання врожаю здійснюється високопродуктивними зернозбиральними комбайнами, що дозволяє проводити роботи у стислі строки та з мінімальними втратами. Післязбиральна доробка продукції включає очищення, сушіння та зберігання.

Рослинницька продукція використовується як для реалізації, так і для забезпечення тваринництва кормами, що створює замкнутий виробничий цикл.

1.3 Характеристика тваринництва

Тваринництво в господарстві виконує важливу функцію, доповнюючи рослинництво та забезпечуючи більш повне використання виробничих ресурсів. Основними напрямками є скотарство та свинарство.

Таблиця 1.4 – Поголів'я тварин

Вид тварин	Кількість, гол.
ВРХ – всього	520
у т.ч. корови	210
Молодняк ВРХ	310
Свині	850
Разом	1430

Таблиця 1.5 – Показники продуктивності тваринництва

Показник	Значення
Середній надій молока, кг/рік	5200
Середньодобовий приріст ВРХ, г	650–750
Середньодобовий приріст свиней, г	500–650

У галузі скотарства переважає молочно-м'ясний напрям. Поголов'я великої рогатої худоби становить орієнтовно 520 голів, у тому числі корів - 210 голів. Середня продуктивність корів знаходиться на рівні 5 тис. кг молока на рік.

Свинарство представлено відгодівлею молодняку, що дозволяє ефективно використовувати зернові корми. Поголів'я свиней може становити 500–1000 голів залежно від виробничого циклу.

Утримання тварин здійснюється в капітальних приміщеннях із використанням механізованих систем годівлі, напування та частково - видалення гною. Важливим елементом є кормоцех або система приготування кормів, де здійснюється подрібнення, змішування та підготовка кормових сумішей.

Раціони годівлі формуються з урахуванням віку, продуктивності та фізіологічного стану тварин. Основу кормової бази становлять зернові культури власного виробництва, а також силос, сінаж і концентровані корми.

Особливу роль у підвищенні ефективності тваринництва відіграє механізація процесів роздавання кормів. Використання кормороздавачів дозволяє зменшити трудомісткість процесів, забезпечити рівномірність розподілу корму та підвищити продуктивність праці.

Разом із тим, аналіз показує, що існуючі технічні засоби не завжди відповідають сучасним вимогам, що зумовлює необхідність їх удосконалення.

1.4 Висновки

У результаті проведеного аналізу встановлено, що ТОВ «Агрофірма «Перше Травня» є багатогалузевим сільськогосподарським підприємством із розвитком рослинництвом і тваринництвом, яке функціонує в умовах степової зони України.

Рослинництво є основною галуззю, що забезпечує формування доходів підприємства та створює кормову базу для тваринництва. Тваринництво, у свою чергу, дозволяє більш ефективно використовувати ресурси господарства та підвищує його економічну стійкість.

Аналіз матеріально-технічного забезпечення показав достатній рівень механізації основних виробничих процесів, однак існує потреба в удосконаленні окремих технологічних операцій, зокрема процесів приготування та роздавання кормів.

Таким чином, підвищення ефективності функціонування господарства можливе за рахунок впровадження сучасних технічних рішень у сфері механізації тваринництва, що і визначає актуальність теми дипломного проєкту.

2 Удосконалення технологічного процесу приготування кормів на МТФ

2.1 Вихідні дані та зоотехнічні вимоги до процесу

Процес приготування кормів на молочнотоварній фермі є одним із визначальних факторів забезпечення високої продуктивності великої рогатої худоби, оскільки саме якість корму безпосередньо впливає на рівень обміну речовин, засвоюваність поживних компонентів і загальний фізіологічний стан тварин. Вихідними даними для організації технологічного процесу є поголів'я стада, структура раціонів, добова потреба в кормах, а також фізико-механічні властивості кормових компонентів, зокрема зернової частини. При цьому важливим є врахування типу годівлі, який передбачає використання концентрованих, соковитих та грубих кормів у визначених пропорціях.

Зоотехнічні вимоги до процесу приготування кормів передбачають забезпечення рівномірного подрібнення зерна до оптимального фракційного складу, що сприяє підвищенню коефіцієнта перетравності корму. Для великої рогатої худоби рекомендований розмір частинок зернових компонентів повинен знаходитись у межах 1,0–2,0 мм, що забезпечує баланс між швидкістю ферментації в рубці та ефективністю використання поживних речовин. Недостатнє подрібнення призводить до зниження засвоюваності, тоді як надмірне - до утворення пилоподібної фракції, що негативно впливає на поїдання корму та може викликати респіраторні захворювання у тварин.

Однією з важливих вимог є забезпечення однорідності кормової суміші, що досягається шляхом якісного змішування компонентів після їх подрібнення. Нерівномірність складу корму призводить до вибіркового поїдання та дисбалансу раціону, що негативно впливає на продуктивність. Також необхідно мінімізувати втрати кормів у процесі приготування, особливо у вигляді пилу та дрібнодисперсних частинок, які не споживаються тваринами. Технологічний процес повинен бути організований таким чином, щоб забезпечити безперервність опе-

рацій, мінімальні витрати енергії та високу продуктивність обладнання. Особливу увагу слід приділяти процесу подрібнення зерна, який є найбільш енергоємним і визначає якість кінцевого продукту. Саме тому до обладнання для дроблення висуваються підвищені вимоги щодо надійності, ефективності та стабільності роботи.

Таким чином, вихідні дані та зоотехнічні вимоги формують основу для подальшого обґрунтування параметрів технологічного процесу приготування кормів і вибору відповідних технічних засобів, зокрема удосконалених молоткових дробарок, що дозволяють підвищити ефективність виробництва та знизити експлуатаційні витрати.

Таблиця 2.1 – Раціон годівлі дійних корів

Вид корму	Кількість, кг/добу
Силос кукурудзяний	20
Сінаж	10
Сіно	3
Концентровані корми	6
Коренеплоди	5
Разом	44

Таблиця 2.2 – Раціон сухостійних корів

Вид корму	Кількість, кг/добу
Силос	12
Сінаж	8
Сіно	4
Концентровані корми	2
Разом	26

Таблиця 2.3 – Раціон молодняка

Вид корму	Кількість, кг/добу
Силос	8
Сінаж	5
Сіно	2
Концентровані корми	3
Разом	18

Таблиця 2.4 – Раціон відгодівлі

Вид корму	Кількість, кг/добу
Силос	15
Сінаж	6
Сіно	2
Концентровані корми	5
Разом	28

Таблиця 2.5 – Структура раціонів

Група	Грубі, %	Соковиті, %	Концентровані, %
Дійні корови	15	55	30
Сухостійні	25	55	20
Молодняк	20	50	30
Відгодівля	15	50	35

Аналіз наведених раціонів годівлі показує, що основу кормової бази для всіх технологічних груп великої рогатої худоби становлять соковиті корми, зокрема силос і сінаж, частка яких досягає 50–55 %. Концентровані корми викорис-

туються для балансування раціонів за енергією та протеїном, особливо для дійних корів і тварин на відгодівлі. Така структура раціонів обумовлює необхідність якісного подрібнення зернових компонентів, що забезпечує підвищення їх засвоюваності та ефективності використання.

2.2 Постановка завдання на проектування

Проведений аналіз організації технологічного процесу приготування кормів на молочнотоварній фермі свідчить про наявність ряду факторів, що стримують підвищення ефективності виробництва. До них належать нерівномірність підготовки кормових компонентів, значні витрати енергії на виконання окремих операцій, а також недостатня узгодженість роботи окремих елементів технологічної лінії. У сукупності це призводить до зниження якості кормових сумішей і, відповідно, до недоотримання продуктивності тварин.

Особливістю процесу приготування кормів є його багатостадійність, яка включає подрібнення, дозування, змішування та транспортування компонентів. Ефективність кожної з цих операцій впливає на кінцевий результат, однак найбільш вагомим є забезпечення необхідного ступеня підготовки кормів і їх рівномірного розподілу у суміші. Порушення технологічних режимів на будь-якому етапі призводить до погіршення якості готового продукту.

Аналіз існуючих технічних засобів показує, що вони не завжди забезпечують стабільність технологічного процесу. Спостерігається варіативність показників якості корму, зокрема за фракційним складом і рівномірністю змішування, що обумовлено як конструктивними особливостями обладнання, так і режимами його роботи. Крім того, значні енерговитрати на виконання технологічних операцій знижують економічну ефективність виробництва.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення технологічного процесу приготування кормів шляхом раціонального поєднання операцій, оптимізації режимів роботи обладнання та підвищення рівня механізації. Проектування

повинно бути спрямоване на забезпечення стабільної якості кормових сумішей, зменшення енерговитрат і підвищення продуктивності праці.

Отже, завданням даного проєкту є обґрунтування та розробка ефективного технологічного процесу приготування кормів на молочнотоварній фермі, який забезпечить відповідність зоотехнічним вимогам, раціональне використання ресурсів та підвищення загальної ефективності виробництва.

2.3 Вибір технології та варіантів механізації процесу

Сучасні технології приготування кормів для великої рогатої худоби базуються на принципі забезпечення повнораціонної годівлі з використанням багатокomпонентних кормових сумішей, що включають грубі, соковиті та концентровані корми. Основною тенденцією розвитку є перехід від роздільного згодовування компонентів до використання змішаних раціонів, що дозволяє забезпечити рівномірне споживання поживних речовин і підвищити продуктивність тварин.

Залежно від рівня механізації та організації виробництва, технології приготування кормів можна умовно поділити на періодичні та потокові. Періодичні технології передбачають послідовне виконання окремих операцій із використанням універсальних машин, що характерно для невеликих господарств. Поточні технології базуються на безперервному або напівбезперервному виконанні операцій, що забезпечує більш високу продуктивність та стабільність якості кормових сумішей і застосовується у середніх і великих господарствах.

Особливе місце серед сучасних технологій займає система приготування повнозмішаних раціонів (TMR - Total Mixed Ration), яка передбачає формування однорідної кормової суміші з усіх компонентів раціону перед її згодовуванням тваринам. Дана технологія забезпечує стабільність поживної цінності корму в кожній порції, виключає вибіркове поїдання окремих компонентів та сприяє оптимізації процесів травлення у великої рогатої худоби. Внаслідок цього досягається підвищення молочної продуктивності, покращення конверсії корму та зниження ризику метаболічних порушень.

Реалізація TMR-технології здійснюється із застосуванням змішувачів-роздавачів кормів, які поєднують функції подрібнення, перемішування та транспортування кормової суміші до місця годівлі. У таких агрегатах особливу роль відіграє процес обробки стеблових кормів, зокрема сіна та сінажу, які надходять у вигляді рулонів або тюків і потребують додаткового подрібнення. Конструктивно це забезпечується наявністю шнекових або вертикальних робочих органів, оснащених ножами, що здійснюють розрив і подрібнення волокнистої маси до необхідної довжини частинок.

Таким чином, підготовка грубих і соковитих кормів у межах TMR-технології виконується безпосередньо в змішувачі-роздавачі, що дозволяє об'єднати декілька технологічних операцій в одну та скоротити тривалість приготування корму. Крім того, це забезпечує більш рівномірний розподіл волокнистих компонентів у загальній масі кормової суміші.

Разом із тим, зернові компоненти раціону мають інші фізико-механічні властивості і потребують більш інтенсивного впливу для досягнення необхідного ступеня подрібнення. Робочі органи змішувачів-роздавачів, як правило, не забезпечують достатньої дисперсності зерна, оскільки їх конструкція орієнтована на обробку волокнистих матеріалів, а не на тонке дроблення. У результаті використання лише TMR-міксера для підготовки концентрованих кормів призводить до отримання нерівномірного фракційного складу, що негативно впливає на засвоюваність поживних речовин.

З огляду на це, у технологічній схемі приготування кормів передбачають окрему стадію підготовки зернових компонентів, яка включає їх подрібнення до заданого розміру частинок. Такий підхід дозволяє забезпечити відповідність зоотехнічним вимогам до корму та створити оптимальні умови для формування повнозмішаного раціону.

Отже, ефективна реалізація TMR-технології базується на раціональному поєднанні процесів: попередньої підготовки концентрованих кормів і подальшого змішування всіх компонентів у змішувачі-роздавачі. Це дозволяє досягти

високої якості кормових сумішей, знизити втрати кормів і підвищити загальну ефективність виробництва.

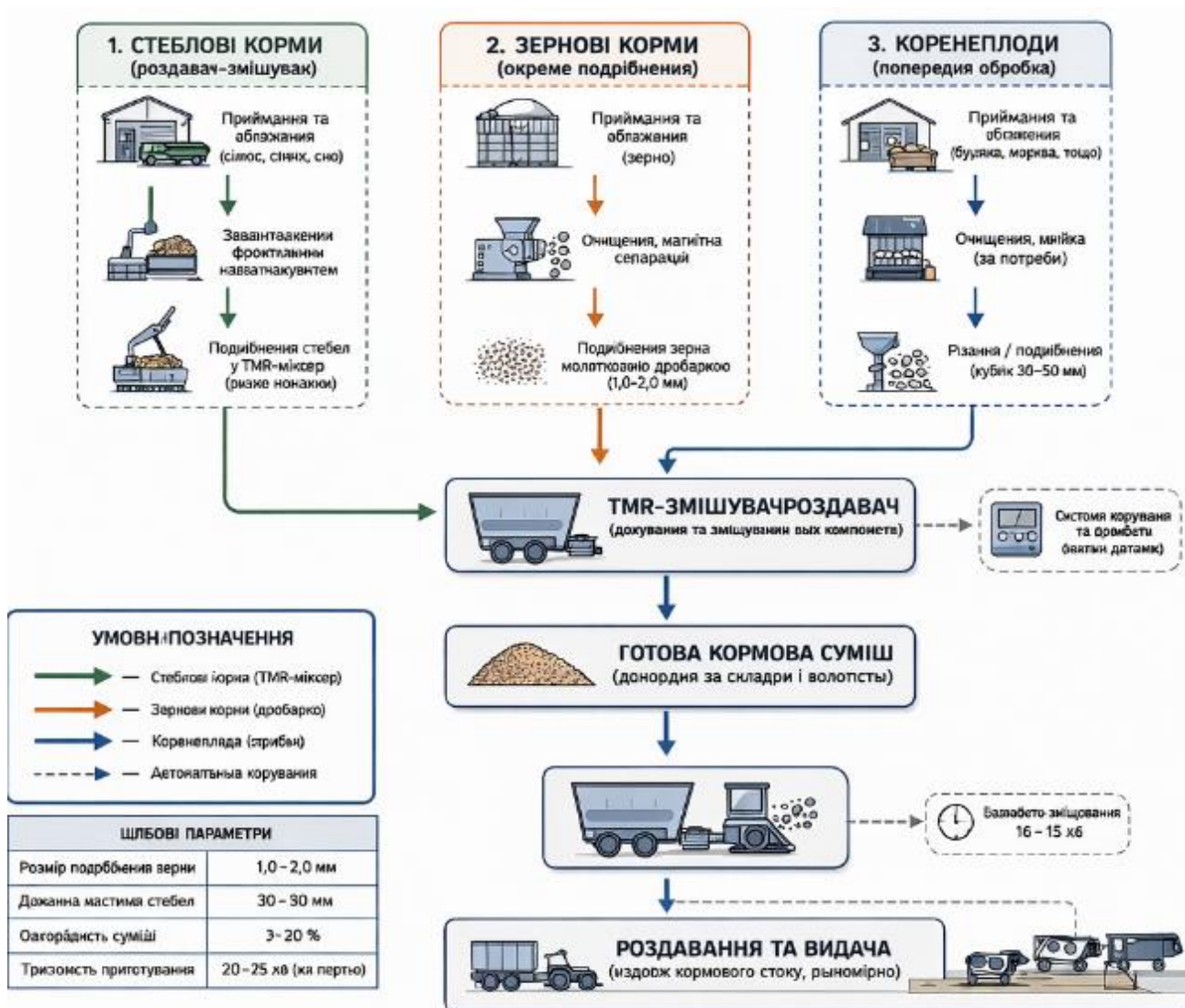


Рисунок 2.1 – Рисунок 2.1 – Технологічна схема приготування кормів за технологією TMR із попереднім подрібненням зернових компонентів

Технологічний процес приготування кормів за технологією TMR передбачає роздільну підготовку окремих компонентів раціону з подальшим їх об'єднанням у змішувачі-роздавачі. Стеблові та соковиті корми (сілос, сінаж, сіно) подаються безпосередньо до TMR-міксера, де піддаються подрібненню та пере-

мішуванню за допомогою шнекових робочих органів. Завантаження здійснюється фронтальним навантажувачем відповідно до заданого раціону.

Зернові компоненти проходять попередню підготовку, яка включає очищення та подрібнення у молотковій дробарці до необхідного розміру частинок. Після цього подрібнене зерно подається до змішувача-роздавача, де дозується відповідно до структури раціону.

Коренеплоди, за наявності у раціоні, проходять операції очищення та подрібнення і також подаються до змішувача. У TMR-міксері відбувається дозування всіх компонентів, їх інтенсивне перемішування та формування однорідної кормової суміші.

Готова кормова суміш транспортується до місця годівлі та рівномірно роздається вздовж кормового столу. Така організація процесу забезпечує високу однорідність корму, зменшення втрат поживних речовин та підвищення ефективності використання кормів тваринами.

2.4 Визначення продуктивності процесу

Визначення продуктивності технологічного процесу приготування кормів на молочнотоварній фермі є необхідною умовою для правильного вибору машин і обладнання, а також для забезпечення безперебійної роботи кормоцеху. Продуктивність процесу повинна відповідати добовій потребі тварин у кормах і забезпечувати своєчасне приготування повнозмішаної кормосуміші відповідно до раціонів годівлі окремих технологічних груп великої рогатої худоби.

Для розрахунку приймаємо, що на фермі утримуються такі групи тварин: дійні корови, сухостійні корови, молодняк віком 6–12 місяців та відгодівельний молодняк. Добова потреба у кормах для кожної групи визначається за формулою:

$$Q_{\text{доб},i} = q_i \cdot n_i \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{доб},i}$ - добова потреба в кормі для i -тої групи тварин, кг/добу;

q_i - добова норма корму на одну голову, кг/добу;

n_i - кількість тварин у групі, гол.

Загальна добова потреба ферми у кормосуміші визначається як сума потреб усіх груп:

$$Q_{\text{доб}} = \sum Q_{\text{доб},i} \quad (2.2)$$

Для подальших розрахунків приймаємо таку структуру поголів'я: дійні корови - 210 голів, сухостійні корови - 50 голів, молодняк 6–12 місяців - 150 голів, відгодівельний молодняк - 160 голів. Відповідно до прийнятих раціонів, добова потреба в кормі становитиме:

для дійних корів

$$Q_{\text{доб},1} = 44 \cdot 210 = 9240 \text{ кг/добу}$$

для сухостійних корів

$$Q_{\text{доб},2} = 26 \cdot 50 = 1300 \text{ кг/добу}$$

для молодняку 6–12 місяців

$$Q_{\text{доб},3} = 18 \cdot 150 = 2700 \text{ кг/добу}$$

для відгодівельного молодняку

$$Q_{\text{доб},4} = 28 \cdot 160 = 4480 \text{ кг/добу}$$

Тоді загальна добова потреба у кормосуміші становить:

$$Q_{\text{доб}} = 9240 + 1300 + 2700 + 4480 = 17720 \text{ кг/добу}$$

Отже, протягом доби необхідно приготувати 17,72 т повнозмішаного корму.

Оскільки технологія TMR передбачає приготування корму окремими партіями, доцільно визначити кількість циклів змішування за добу. Якщо місткість змішувача-роздавача становить 5 т готової суміші, кількість циклів визначають за формулою:

$$z = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{ц}}} \quad (2.3)$$

де z - кількість циклів за добу;

$Q_{\text{ц}}$ - маса кормосуміші за один цикл, кг.

Підставляючи значення, маємо:

$$z = 17720 / 5000 = 3,54$$

Отримане значення округлюємо до цілого в більшу сторону, тобто приймаємо 4 цикли на добу. У такому випадку фактична маса однієї партії становитиме:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{17720}{4} = 4430 \text{ кг}$$

Це значення не перевищує місткість змішувача, тому прийнятий режим роботи є допустимим.

Наступним етапом є визначення тривалості одного циклу приготування

корму. У загальному випадку цикл включає завантаження компонентів, подрібнення стеблових кормів у TMR-міксері, внесення попередньо підготовлених зернових компонентів, змішування та роздавання. Тривалість одного циклу можна визначити як:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{зав}} + t_{\text{подр}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{розд}}, \quad (2.4)$$

де $t_{\text{ц}}$ - тривалість одного циклу, хв;

$t_{\text{зав}}$ - час завантаження компонентів, хв;

$t_{\text{подр}}$ - час подрібнення та підготовки стеблових кормів, хв;

$t_{\text{зм}}$ - час змішування, хв;

$t_{\text{розд}}$ - час роздавання корму, хв.

Для практичних розрахунків приймаємо: $t_{\text{зав}} = 10$ хв, $t_{\text{подр}} = 8$ хв, $t_{\text{зм}} = 12$ хв, $t_{\text{розд}} = 15$ хв. Тоді:

$$t_{\text{ц}} = 10 + 8 + 12 + 15 = 45 \text{ хв}$$

Загальна тривалість роботи змішувача-роздавача за добу становитиме:

$$T_{\text{доб}} = z \cdot t_{\text{ц}} \quad (2.5)$$

$$T_{\text{доб}} = 4 \cdot 45 = 180 \text{ хв} = 3 \text{ год}$$

Таким чином, для забезпечення ферми кормами змішувач-роздавач повинен працювати близько 3 годин на добу, що є цілком прийнятним показником для даного типу обладнання.

Окремо необхідно визначити добову потребу у зернових компонентах, оскільки вони підлягають попередньому подрібненню. Відповідно до прийнятих раціонів, частка концентрованих кормів становить: для дійних корів - 6 кг, для

сухостійних корів - 2 кг, для молодняку - 3 кг, для відгодівельного молодняку - 5 кг на голову за добу. Тоді добова потреба в зерновій частині дорівнює:

$$Q_{\text{зер}} = 1260 + 100 + 450 + 800 = 2610 \text{ кг/добу}$$

Отже, за добу необхідно подрібнити 2,61 т зернових компонентів.

Необхідна продуктивність машини для подрібнення зерна визначається за формулою:

$$W = \frac{Q_{\text{зер}}}{T} \quad (2.6)$$

де W - необхідна продуктивність дробарки, кг/год;

T - допустимий час роботи дробарки за добу, год.

Якщо прийняти, що дробарка повинна забезпечити підготовку зерна за 2 години, то:

$$W = 2610 / 2 = 1305 \text{ кг/год}$$

Таким чином, для даної ферми необхідно передбачити використання дробарки продуктивністю не менше 1,3 т/год. З урахуванням можливих коливань навантаження, нерівномірності подачі матеріалу та резерву потужності доцільно приймати машину з продуктивністю 1,5–2,0 т/год.

Отже, проведені розрахунки показали, що для забезпечення добової потреби ферми у повнозмішаних кормах необхідно готувати 17,72 т кормосуміші на добу при виконанні 4 циклів змішування. Добова потреба у зернових компонентах становить 2,61 т, що визначає необхідність використання окремого засобу механізації для їх попереднього подрібнення. Отримані результати є вихідною основою для подальшого вибору складу технологічної лінії та обґрунтування параметрів машин, що входять до її складу.

2.5 Розрахунки технічного забезпечення

Вибір засобів механізації технологічного процесу приготування кормів здійснюється на основі раніше визначеної добової потреби у кормосуміші, структури раціонів та прийнятої технології TMR із попередньою підготовкою окремих компонентів. Основною вимогою при цьому є забезпечення безперебійної роботи технологічної лінії, узгодження продуктивності машин між собою та мінімізація витрат праці й енергії.

Ключовим елементом технологічної лінії є змішувач-роздавач кормів, який забезпечує дозування, подрібнення стеблових компонентів, перемішування та транспортування кормової суміші. Виходячи з розрахованої добової потреби у кормі $Q_{\text{доб}}=17720$ кг та прийнятої кількості циклів змішування, доцільно застосувати мобільний TMR-міксер місткістю 5 м³, що відповідає масі однієї партії близько 4,0–4,5 т. За таких умов один агрегат забезпечує виконання чотирьох циклів на добу, що повністю покриває потребу ферми у кормосуміші.

Необхідна кількість змішувачів визначається за залежністю:

$$n_{TMR} = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{ц}} \cdot z \cdot k_{\text{в}}} \quad (2.7)$$

де n_{TMR} - кількість змішувачів-роздавачів, шт.;

$Q_{\text{доб}}$ - добова потреба в кормосуміші, т/добу;

$Q_{\text{ц}}$ - маса кормосуміші за один цикл, т;

z - кількість циклів за добу;

$k_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання часу роботи машини.

$$n_{TMR} = \frac{17,72}{5 \cdot 4 \cdot 0,9} = 0,98$$

Отже, для забезпечення потреб ферми достатньо одного змішувача-роздавача.

Для підготовки зернових компонентів приймається молоткова дробарка продуктивністю 1,5–2,0 т/год. Такий вибір обґрунтований тим, що розрахункова потреба у подрібненні становить 2,61 т/добу, що може бути забезпечено протягом 2 годин роботи обладнання.

Необхідна кількість дробарок визначається за формулою:

$$n_{\partial} = \frac{Q_{\text{зер}}}{W_{\partial} \cdot T \cdot k_{\text{в}}} \quad (2.8)$$

де n_{∂} - кількість дробарок, шт.;

$Q_{\text{зер}}$ - добова потреба у зерні, т;

W_{∂} - продуктивність дробарки, т/год;

T - тривалість роботи дробарки за добу, год;

$k_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання часу.

Підставивши значення $Q_{\text{зер}} = 2,61$ т, $W_{\partial} = 1,5$ т/год, $T = 2$ год, $k_{\text{в}} = 0,9$, отримаємо

$$n_{\partial} = \frac{2,61}{1,5 \cdot 2 \cdot 0,9} = 0,97$$

Отже, для виконання операції подрібнення зерна достатньо однієї молоткової дробарки.

Для переміщення подрібненого зерна від дробарки до змішувача-роздавача доцільно передбачити один шнековий транспортер продуктивністю 3-5 т/год. Така продуктивність значно перевищує фактичну потребу лінії, що забезпечує надійність роботи та виключає затримки у подачі концентрованих кормів.

Завантаження стеблових і соковитих кормів у змішувач-роздавач доцільно здійснювати одним фронтальним або телескопічним навантажувачем вантажопідйомністю 1,5-2,5 т. Його застосування забезпечує механізовану подачу силосу, сінажу, сіна та інших об'ємних компонентів без значних витрат ручної праці.

Для підготовки коренеплодів, які входять до складу раціону окремих технологічних груп тварин, доцільно прийняти одну коренерізку продуктивністю 3-5 т/год. Це дає змогу одержати необхідний розмір частинок та забезпечити рівномірне введення коренеплодів до кормосуміші.

Таким чином, до складу технологічної лінії приготування кормів слід включити один змішувач-роздавач кормів, одну молоткову дробарку, один шнековий транспортер, один навантажувач і одну коренерізку. Прийнятий комплект машин забезпечує виконання всіх необхідних операцій у межах добової потреби ферми та відповідає прийнятій технології приготування кормів.

Коренеплоди, що входять до складу раціону, потребують попереднього очищення та подрібнення. Для цього використовується коренерізка, продуктивністю близько 1,0–1,5 т/год.

У результаті підбору засобів механізації сформовано наступний склад технологічної лінії: один змішувач-роздавач кормів, один фронтальний навантажувач, одна молоткова дробарка, один транспортер для подачі зерна та одна коренерізка. Такий комплект обладнання забезпечує виконання всіх технологічних операцій у заданих режимах та відповідає потребам ферми.

Отже, обрані засоби механізації дозволяють забезпечити безперервність технологічного процесу, відповідність зоотехнічним вимогам до якості кормів та ефективне використання матеріально-технічних ресурсів господарства.

З урахуванням розрахованої добової потреби ферми у кормосуміші в кількості 17,72 т та потреби в подрібненому зерні 2,61 т обрано комплект машин, який забезпечує виконання всіх операцій технологічного процесу. Для змішування і роздавання кормів прийнято TMR-міксер об'ємом 5 м³, що відповідає партійному способу приготування корму.

Таблиця 2.6 – Підбір машин для технологічної лінії приготування кормів

Найменування машини	Рекомендована марка	Основна характеристика	Потрібно за розрахунком	Приймається
Змішувач-роздавач кормів (TMR-міксер)	LP-SLQ5	об'єм 5 м ³ ; продуктивність до 3 т/год	1	1
Молоткова дробарка	SFSP56×40	продуктивність 1,5–6 т/год; решета 1–3 мм	1	1
Навантажувач	Manitou MLT 625-75 H	вантажопідйомність 2,5 т; висота підйому 5,9 м	1	1
Транспортер шнековий	T 206/5	продуктивність до 25 т/год	1	1
Коренерізка	HQC611	нарізання коренеплодів; розміри різання 8–20 мм	1	1

Для подрібнення зернових компонентів прийнято молоткову дробарку продуктивністю понад 1,5 т/год, що забезпечує необхідний резерв по продуктивності. Завантаження стеблових і соковитих кормів здійснюється телескопічним навантажувачем, подача зернової маси - шнековим транспортером, а підготовка коренеплодів - окремою коренерізкою. Прийнятий склад машин відповідає технології TMR і забезпечує безперервність процесу приготування кормів.

2.6 Розрахунок кількості та місткості сховищ кормів

Для забезпечення безперебійної роботи технологічної лінії приготування кормів на молочнотоварній фермі необхідно передбачити достатню місткість сховищ для основних компонентів кормосуміші. До таких компонентів у даному проєкті належать силос, зернові корми та коренеплоди. Розрахунок сховищ виконується на основі добової потреби ферми в кожному виді корму з урахуванням тривалості стійлового періоду та страхового запасу.

Добова потреба в силосі визначається за прийнятими раціонами годівлі окремих технологічних груп тварин. Для дійних корів витрата силосу становить 20 кг на голову, для сухостійних корів – 12 кг, для молодняку віком 6–12 місяців – 8 кг, для відгодівельного молодняку – 15 кг. Тоді добова потреба ферми в силосі становить

$$\begin{aligned} Q_{\text{сил,доб}} &= 20 \cdot 210 + 12 \cdot 50 + 8 \cdot 150 + 15 \cdot 160 = \\ &= 4200 + 600 + 1200 + 2400 = 8400 \text{ кг} = 8,4 \text{ т} \end{aligned}$$

Потреба в силосі на стійловий період тривалістю 200 діб дорівнює

$$Q_{\text{сил}} = Q_{\text{сил,доб}} \cdot t \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{сил}} = 8,4 \cdot 200 = 1680 \text{ т}$$

Для забезпечення надійності зберігання та покриття можливих втрат приймаємо страховий запас у розмірі 10 %. Тоді загальна кількість силосу становитиме

$$Q_{\text{сил}} = 1,1 \cdot 1680 = 1848 \text{ т} \quad (2.10)$$

Об'єм силососховища визначаємо за формулою

$$V_{\text{сил}} = \frac{Q_{\text{сил}}}{\rho_{\text{сил}}} \quad (2.11)$$

де $V_{\text{сил}}$ – необхідний об'єм силососховища, м^3 ;

$Q_{\text{сил}}$ – маса силосу з урахуванням запасу, т;

$\rho_{\text{сил}}$ – об'ємна маса силосу, т/м^3 .

Приймаючи об'ємну масу силосу $0,65 \text{ т/м}^3$, одержимо

$$V_{\text{сил}} = \frac{1848}{0,65} = 2843 \text{ м}^3$$

Для зберігання такої кількості силосу доцільно прийняти одну траншейну силосну споруду прямокутного типу. За умови ширини траншеї 12 м і висоти закладання 3 м її довжина становитиме

$$L_{\text{сил}} = \frac{2843}{12 \cdot 3} = 78,97 \text{ м}$$

Отже, для зберігання силосу можна прийняти траншею розмірами $12 \times 80 \times 3 \text{ м}$.

Добова потреба у зернових кормах була визначена раніше і становить 2,61 т/добу. Потреба у зерні на 200 діб дорівнює

$$Q_{\text{зер}} = 2,61 \cdot 200 = 522 \text{ т} \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{зер}} = 1,1 \cdot 522 = 574,2 \text{ т}$$

Необхідний об'єм зерносховища визначається за формулою

$$V_{\text{зер}} = \frac{Q_{\text{зер}}}{\rho_{\text{зер}}} \quad (2.13)$$

де $V_{\text{зер}}$ – необхідний об’єм зерноскладища, м^3 ;

$Q_{\text{зер}}$ – маса зерна з урахуванням запасу, т;

$\rho_{\text{зер}}$ – об’ємна маса зерна, $\text{т}/\text{м}^3$.

Приймаючи об’ємну масу зерна $0,75 \text{ т}/\text{м}^3$, маємо

$$V_{\text{зер}} = \frac{574,2}{0,75} = 765,6 \text{ м}^3$$

$$L_{\text{зер}} = \frac{V_{\text{зер}}}{B \cdot H} \quad (2.14)$$

$$L_{\text{зер}} = \frac{765,6}{12 \cdot 4} = 15,95 \text{ м}$$

Отже, для зберігання зерна можна прийняти зерноскладище розмірами $12 \times 16 \times 4 \text{ м}$.

Коренеплоди в раціоні передбачені для дійних корів у кількості 5 кг на голову за добу. Тоді добова потреба ферми в коренеплодах становить

$$Q_{\text{кор,доб}} = 5 \cdot 210 = 1050 \text{ кг} = 1,05 \text{ т}$$

$$Q_{\text{кор}} = 1,05 \cdot 200 = 210 \text{ т}$$

$$Q_{\text{кор}} = 1,1 \cdot 210 = 231 \text{ т}$$

Об'єм сховища для коренеплодів визначаємо за формулою

$$V_{\text{кор}} = \frac{Q_{\text{кор}}}{\rho_{\text{кор}}} \quad (2.15)$$

де $V_{\text{кор}}$ – необхідний об'єм сховища для коренеплодів, м³;

$Q_{\text{кор}}$ – маса коренеплодів з урахуванням запасу, т;

$\rho_{\text{кор}}$ – об'ємна маса коренеплодів, т/м³.

Приймаючи об'ємну масу коренеплодів 0,60 т/м³, отримаємо

$$V_{\text{кор}} = \frac{231}{0,60} = 385 \text{ м}^3$$

$$L_{\text{кор}} = \frac{V_{\text{кор}}}{B \cdot H} \quad (2.14)$$

$$L_{\text{кор}} = \frac{385}{8 \cdot 4} = 12,03 \text{ м}$$

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку сховищ кормів

Вид корму	Добова потреба, т/добу	Потреба на 200 діб, т	Потреба з запасом 10 %, т	Об'ємна маса, т/м ³	Необхідний об'єм, м ³	Прийняті габарити
Силос	8,4	1680	1848	0,65	2843	12 × 80 × 3 м
Зерно	2,61	522	574,2	0,75	765,6	12 × 16 × 4 м
Коренеплоди	1,05	210	231	0,60	385	8 × 12 × 4 м

Отже, для зберігання коренеплодів доцільно прийняти сховище розмірами 8 × 12 × 4 м. Результати розрахунків свідчать, що для забезпечення ферми кормами протягом стійлового періоду необхідно передбачити одне силососховище

траншейного типу місткістю близько 2843 м³, одне зерносховище місткістю 766 м³ та одне сховище для коренеплодів місткістю 385 м³. Прийняті об'єми і габарити сховищ забезпечують формування необхідного запасу кормів і відповідають потребам технологічної лінії приготування кормосумішей.

2.7 Висновки

У розділі обґрунтовано технологічний процес приготування кормів на молочнотоварній фермі з використанням технології TMR. Встановлено, що для забезпечення повноцінної годівлі великої рогатої худоби необхідно здійснювати роздільну підготовку окремих компонентів раціону з подальшим їх змішуванням у змішувачі-роздавачі.

Визначено добову потребу ферми у кормосуміші, яка становить 17,72 т, а потребу у зернових компонентах - 2,61 т. На основі виконаних розрахунків обґрунтовано склад комплексу машин для механізації процесу, до якого входять TMR-міксер, молоткова дробарка, навантажувач, шнековий транспортер і коренерізка.

Виконаний розрахунок сховищ показав необхідність передбачити силосо-сховище місткістю 2843 м³, зерносховище місткістю 765,6 м³ та сховище для коренеплодів місткістю 385 м³. Прийняті технічні рішення забезпечують безперебійне функціонування технологічної лінії та відповідають зоотехнічним вимогам до процесу приготування кормів.

Аналіз прийнятої технології показує, що найбільш відповідальною операцією є підготовка зернових компонентів, оскільки саме від якості їх подрібнення залежить однорідність кормосуміші та ефективність використання концентрованих кормів. У зв'язку з цим подальше вдосконалення технічних засобів подрібнення зерна є доцільним і становить важливий напрям підвищення ефективності кормоприготування на фермі.

3 Розробка молоткової дробарки

3.1 Аналіз існуючих конструкцій дробарок

Подрібнення зернових кормів є однією з основних операцій у технологічному процесі приготування кормосумішей для великої рогатої худоби. Якість виконання цієї операції безпосередньо впливає на засвоюваність корму, рівень його поїдання тваринами, а також на енергоефективність усього процесу кормоприготування. У практиці сільськогосподарського виробництва для подрібнення зерна застосовують різні типи машин, які відрізняються принципом дії, конструкцією робочих органів, продуктивністю та якістю готового продукту.

Найбільшого поширення набули молоткові, вальцьові, дискові та комбіновані дробарки. Серед них молоткові дробарки є найбільш універсальними, оскільки дозволяють подрібнювати різні види зернових матеріалів, мають відносно просту конструкцію, достатньо високу продуктивність і можуть використовуватися в умовах ферм різної потужності. Принцип їх роботи базується на руйнуванні зерна ударами молотків, які закріплені на роторі, що обертається з великою кутовою швидкістю. Додатковий вплив на процес подрібнення здійснюється внаслідок тертя частинок об решето та внутрішні поверхні камери.

Перевагами молоткових дробарок є простота виготовлення, компактність, можливість регулювання ступеня подрібнення шляхом заміни решіт, а також придатність до роботи в складі потокових технологічних ліній. Разом із тим їм притаманні і певні недоліки, серед яких підвищене споживання енергії, нерівномірність гранулометричного складу готового продукту, інтенсивне утворення пилу та зношування робочих органів. Недоліком є також те, що частина зерна зазнає надмірного подрібнення, у результаті чого утворюється значна кількість дрібнодисперсної фракції, яка погіршує якість корму. Вальцьові дробарки працюють за принципом руйнування зерна між двома вальцями, що обертаються на-

зустріч один одному з різною швидкістю. Такі машини забезпечують більш рівномірний розмір частинок, менше пиловиділення та нижчі питомі енерговитрати порівняно з молотковими дробарками. Однак вони є менш універсальними, більш чутливими до вологості та засміченості зерна, а також мають складнішу конструкцію і вищу вартість.

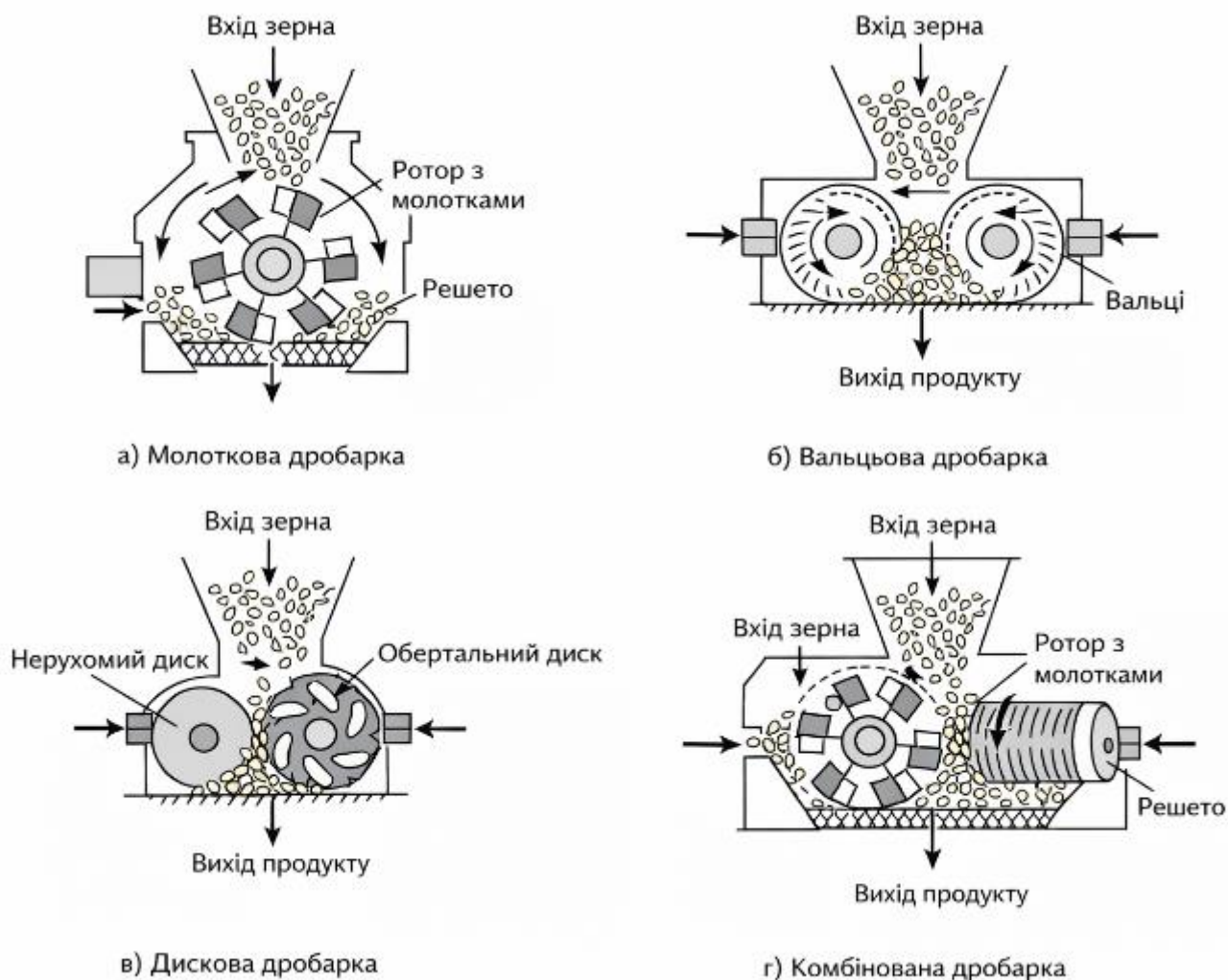


Рисунок 3.1 – Технологічні схеми роботи дробарок зернових кормів: а – молоткової; б – вальцювої; в – дискової; г – комбінованої

Дискові та ножові подрібнювачі використовуються рідше, переважно для спеціальних видів кормів або в комбінованих лініях. Їх застосування для зернових компонентів є обмеженим через складність стабільного забезпечення необхідного фракційного складу.

Аналіз існуючих конструкцій показує, що саме молоткова дробарка найбільшою мірою відповідає умовам фермерського та середньотоварного виробництва, оскільки поєднує достатню продуктивність, технологічну універсальність і відносну конструктивну простоту. Тому подальше вдосконалення доцільно спрямувати саме на цей тип машини, зосередивши увагу на підвищенні якості подрібнення, зниженні енерговитрат і поліпшенні рівномірності фракційного складу готового продукту.

3.2 Вимоги до подрібнювачів зернових кормів

До подрібнювачів зернових кормів, що використовуються у складі технологічних ліній приготування кормів для великої рогатої худоби, висувається комплекс технологічних, зоотехнічних, енергетичних та експлуатаційних вимог. Основною вимогою є забезпечення такого ступеня подрібнення зерна, який би відповідав фізіологічним особливостям тварин і сприяв максимальному засвоєнню поживних речовин.

Для великої рогатої худоби оптимальний розмір частинок подрібненого зерна повинен знаходитися, як правило, в межах 1,0–2,0 мм. При більш крупному помелі погіршується доступність поживних речовин для ферментативного впливу, а при надмірно дрібному - зростає вміст пиловидної фракції, що може призводити до погіршення поїдання корму та втрат продукту.

Подрібнювач повинен забезпечувати однорідність гранулометричного складу, тобто мінімальний вміст як надто великих, так і надто дрібних частинок. Важливою є також стабільність роботи машини при зміні вологості, натури та фізико-механічних властивостей зерна. Машина повинна мати достатню продуктивність, щоб забезпечити добову потребу ферми у концентрованих кормах у заданий проміжок часу.

З енергетичної точки зору подрібнювач має характеризуватися мінімальними питомими витратами енергії на одиницю готового продукту. Це особливо важливо в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва, де енерговитрати істотно впливають на собівартість продукції.

До експлуатаційних вимог належать простота конструкції, надійність, зручність технічного обслуговування, можливість швидкої заміни зношуваних деталей і безпечність роботи. Дробарка повинна легко інтегруватися в технологічну лінію приготування кормів та забезпечувати безперервність процесу.

3.3 Конструктивні удосконалення дробарки

Проведений аналіз конструкції дробильного апарата показав, що підвищення ефективності його роботи доцільно здійснювати шляхом удосконалення робочої камери та робочих органів, які безпосередньо взаємодіють із зерновим матеріалом. Найбільший вплив на якість подрібнення, енергоємність процесу та рівномірність гранулометричного складу готового продукту мають дека робочої камери і молотки ротора. Саме тому конструктивне вдосконалення дробарки пропонується здійснити за двома взаємопов'язаними напрямками: модернізація деки та удосконалення форми і схеми розміщення молотків.

У базовій конструкції дека виконує функцію додаткової робочої поверхні, об яку зерновий матеріал руйнується після взаємодії з молотками. Разом із тим її жорстко фіксоване положення не дозволяє змінювати умови подрібнення залежно від виду зерна, його вологості та необхідного ступеня помелу. За таких умов частина матеріалу може зазнавати надмірного подрібнення, а частина - проходити робочу камеру без достатньої кількості ефективних ударів. Це призводить до збільшення вмісту пилоподібної фракції, появи недоподрібнених частинок і, відповідно, до зниження якості готового продукту.

Для усунення зазначених недоліків пропонується застосувати регульовану секційну деку дугоподібної форми. На відміну від суцільної нерухомої деки, така конструкція складається з окремих змінних секцій, закріплених на несучих елементах корпусу з можливістю зміни їх положення відносно траєкторії руху молотків. Робоча поверхня секцій виконується рифленою або зубчастою, що сприяє інтенсифікації процесу руйнування зерна не лише внаслідок удару, а й за рахунок стирання та розколювання частинок при контакті з поверхнею деки.

Основною перевагою запропонованої деки є можливість регулювання робочого зазору між кінцем молотка і її поверхнею. Зменшення цього зазору підвищує інтенсивність подрібнення і дозволяє отримувати дрібніший помел, тоді як його збільшення сприяє зменшенню енерговитрат і зниженню пиловиділення. Таким чином, одна й та сама машина може бути адаптована до різних умов експлуатації без істотної зміни інших конструктивних елементів.

Крім регулювання положення, секційне виконання деки забезпечує спрощення ремонтно-експлуатаційного обслуговування дробарки. У процесі роботи найбільш інтенсивного зношування зазнають окремі ділянки робочої поверхні, розташовані в зоні максимальної швидкості руху частинок. У традиційній конструкції це вимагає заміни або ремонту всієї деки, тоді як у запропонованому варіанті достатньо замінити лише окремі секції, що знижує витрати на технічне обслуговування та скорочує простої машини.

Другим напрямом удосконалення є зміна конструкції молотків ротора. У базовому варіанті молотки виконані у вигляді плоских пластин, які забезпечують ударний вплив на зерновий матеріал. Однак така форма не завжди забезпечує достатню ефективність руйнування, оскільки частина енергії витрачається непродуктивно, а навантаження по ширині ротора розподіляється нерівномірно. У зв'язку з цим пропонується застосувати оборотні молотки зі скошеною робочою кромкою.

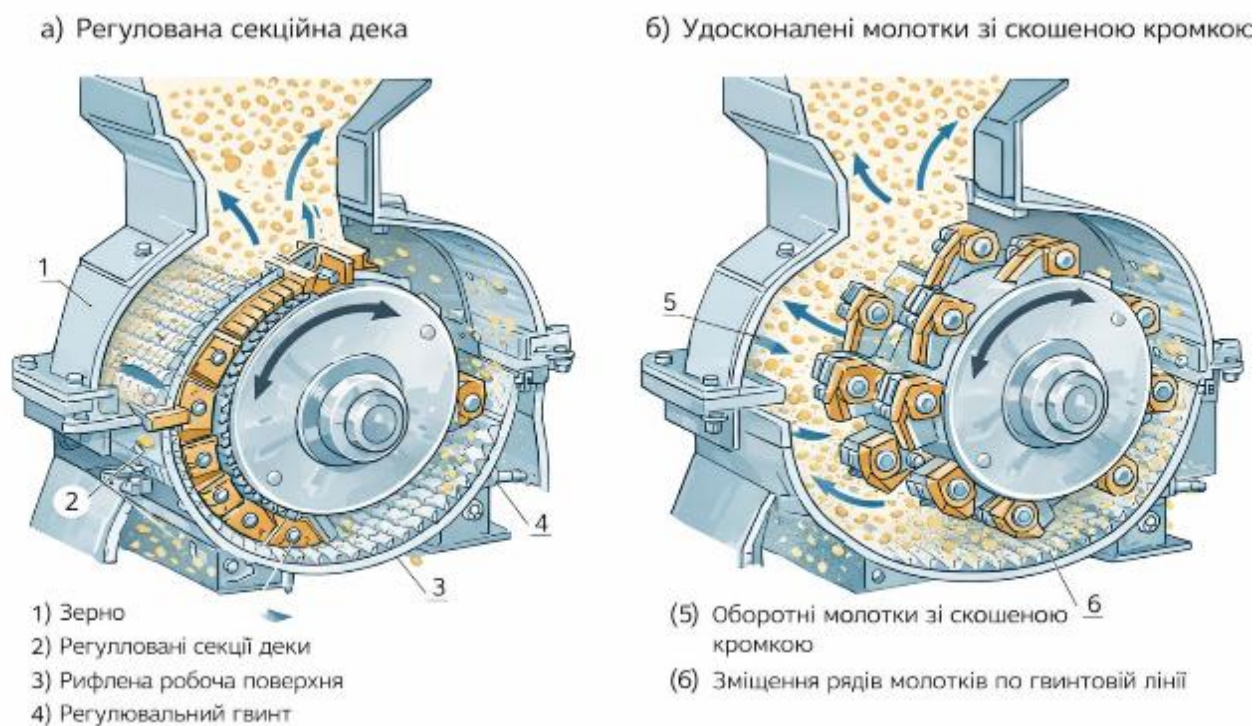


Рисунок 3.2 – Конструктивні удосконалення дробарки: а – регульована секційна дека; б – удосконалені оборотні молотки зі скошеною робочою кромкою та зміщенням рядів по гвинтовій лінії

Скошена передня кромка молотка забезпечує не лише ударний, а й частково ковзний вплив на зерновий матеріал, що підвищує інтенсивність руйнування оболонки та ендосперму зерна. Крім того, така форма сприяє зменшенню пікових навантажень у момент контакту та покращує умови самоочищення робочої зони. Оборотне виконання молотків дозволяє використовувати їх робочі кромки по чергово, що підвищує ресурс комплекту і знижує витрати на заміну зношених елементів.

Для підвищення рівномірності подрібнення доцільно також змінити схему розміщення молотків на роторі. Замість розташування молотків у строго паралельних рядах пропонується застосувати шахове або гвинтове зміщення сусідніх

рядів. Це дозволяє усунути прохідні канали, через які частина зерна може проходити зону дроблення без достатньої кількості ударів, і забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження по ширині робочої камери.

Отже, запропоноване конструктивне удосконалення дробарки полягає у встановленні регульованої секційної деки та застосуванні оборотних молотків зі скошеною робочою кромкою, розміщених зі зміщенням по ширині ротора. Реалізація таких змін дозволить підвищити якість подрібнення зерна, зменшити утворення пилоподібної фракції, знизити енерговитрати та покращити експлуатаційні показники машини.

3.4 Розрахунок параметрів удосконалення

Розрахунок параметрів удосконалення дробарки виконується з урахуванням прийнятої продуктивності технологічної лінії, конструктивної схеми дробильного апарата та особливостей запропонованих удосконалень. Основною метою розрахунку є обґрунтування таких параметрів, які забезпечать стабільне подрібнення зернових компонентів до зоотехнічно обґрунтованого розміру частинок при мінімальних витратах енергії.

Як було встановлено в попередньому розділі, добова потреба ферми у подрібненому зерні становить 2,61 т/добу. За умови роботи дробарки протягом 2 годин на добу необхідна продуктивність машини визначається за формулою

$$W_{neobh} = \frac{Q_z}{T} \quad (3.1)$$

де W_{neobh} - необхідна продуктивність дробарки, кг/год;

Q_z - добова потреба в подрібненому зерні, кг;

T - тривалість роботи дробарки, год.

Підставляючи значення, одержимо

За технічною характеристикою розглядуваної дробарки її паспортна продуктивність становить 4 т/год, тобто

$$W_p = 4000 \text{ кг/год}$$

Коефіцієнт запасу за продуктивністю визначається як

$$k_z = \frac{W_p}{W_{neobh}} \quad (3.2)$$

$$k_z = \frac{4000}{1305} = 3,06$$

Отже, базова машина має достатній запас за продуктивністю, що дозволяє реалізувати конструктивні удосконалення без ризику зниження пропускної здатності технологічної лінії.

Одним із головних параметрів дробарки є окружна швидкість молотків, оскільки саме вона визначає кінетичну енергію удару по зерновому матеріалу. Окружна швидкість визначається за формулою

$$v = \frac{\pi D n}{60} \quad (3.3)$$

де v - окружна швидкість молотків, м/с;

D - діаметр кола обертання молотків, м;

n - частота обертання ротора, об/хв.

Із креслення дробильного апарата діаметр кола обертання молотків приймаємо рівним 0,48 м, а частоту обертання ротора - 3000 об/хв. Тоді

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,48 \cdot 3000}{60} = 75,36 \text{ м/с}$$

Отримане значення знаходиться в межах, характерних для молоткових дробарок зерна, і забезпечує достатню інтенсивність ударної дії без надмірного росту пиловиділення.

Для оцінки параметрів удосконаленої деки необхідно визначити її активну довжину. Згідно з деталюванням, радіус робочої поверхні деки становить приблизно 223 мм, а центральний кут охоплення - 132°. Тоді довжина дуги деки визначається за формулою

$$l_d = \frac{\pi R \alpha}{180} \quad (3.5)$$

де l_d - активна довжина деки, м;

R - радіус деки, м;

α - кут охоплення, град.

Підставляючи значення, маємо

$$l_d = \frac{3,14 \cdot 0,223 \cdot 132}{180} = 0,514 \text{ м}$$

Ширина деки за кресленням становить 0,39 м. Тоді активна площа її робочої поверхні дорівнює

$$F_d = l_d \cdot b \quad (3.6)$$

де F_d - активна площа деки, м²;

b - ширина деки, м.

$$F_d = 0,514 \cdot 0,39 = 0,200 \text{ м}^2$$

Одержана площа є достатньою для організації інтенсивної взаємодії зерна з декою в зоні повторного удару та стирання.

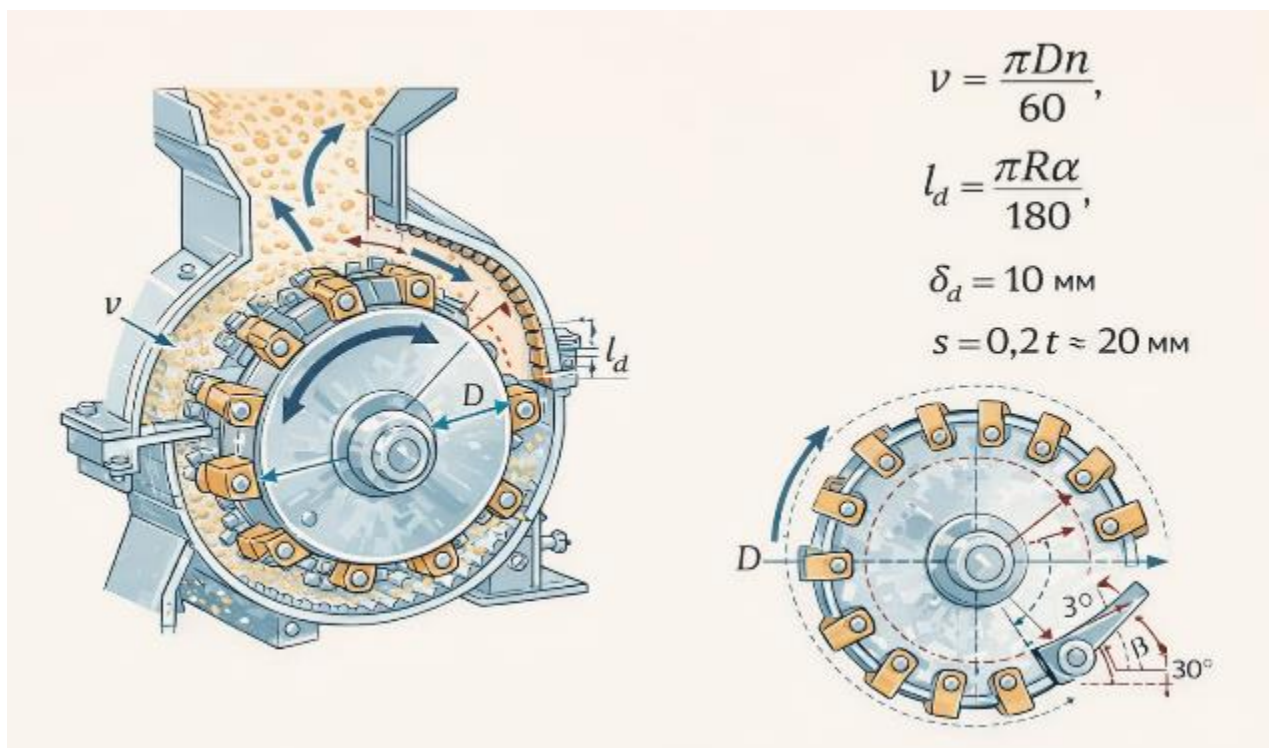


Рисунок 3.3 – Розрахункові схеми дробарки: а – схема визначення основних параметрів ротора та деки; б – схема розміщення молотків на роторі та визначення кута скосу їх робочої кромки

Важливим параметром удосконалення є зазор між кінцем молотка і робочою поверхнею деки. Саме цей зазор визначає ступінь захоплення зерна в зону руйнування і впливає на крупність готового продукту. Для зернових кормів доцільно приймати робочий зазор у межах 8-12 мм. У даному проєкті з урахуванням необхідності одержання частинок розміром 1,0-2,0 мм приймаємо $\delta_d = 10 \text{ мм}$.

Таке значення забезпечує достатню інтенсивність подрібнення без надмірного перевантаження робочої камери.

Для удосконалених молотків доцільно обґрунтувати кут скосу робочої кромки. Його призначення полягає в поєднанні ударної та ковзної дії на зерновий матеріал. При надто малому куті скосу ефект ковзання буде недостатнім, а при надто великому - зменшиться ударна складова. З огляду на умови руйнування зерна і практику проєктування доцільно прийняти $\beta = 30^\circ$ - кут скосу робочої кромки молотка.

Таке значення кута забезпечує інтенсифікацію руйнування оболонки зерна та зменшує пікове навантаження під час удару.

Згідно з технічною характеристикою машини кількість молотків у базовій конструкції становить 108 шт. Для оцінки густоти їх розміщення визначимо крок розташування по колу ротора:

$$t = \frac{\pi D}{z_r} \quad (3.7)$$

де t - крок розміщення молотків по колу, м;

D - діаметр кола обертання молотків, м;

z_r - кількість молотків в одному коловому ряду.

Оскільки повний комплект молотків розміщується у декількох рядах по ширині ротора, для практичної схеми приймаємо 12 молотків у ряду. Тоді

$$t = \frac{3,14 \cdot 0,48}{12} = 0,126 \text{ м}$$

Крок 126 мм є достатнім для запобігання взаємному заважанню молотків і одночасно забезпечує багатократний вплив на потік зерна. Для підвищення рівномірності подрібнення ряди молотків доцільно змістити відносно один одного по гвинтовій лінії на 0,15-0,20 величини кроку, тобто приблизно на

$$s = (0,15 \dots 0,20)t \quad (3.8)$$

$$s = (0,15 \dots 0,20) \cdot 126 = 19 \dots 25 \text{ мм}$$

У проєкті приймаємо зміщення

$$s = 20 \text{ мм}$$

Це дозволяє усунути прохідні канали в потоці зерна та забезпечити більш рівномірне завантаження робочої камери.

Для оцінки впливу удосконалення деки на інтенсивність процесу можна використати умовний коефіцієнт перекриття робочої зони, який визначається як відношення довжини активної дуги деки до довжини кола обертання молотків:

$$k_p = \frac{l_d}{\pi D} \quad (3.9)$$

$$k_p = \frac{0,514}{3,14 \cdot 0,48} = 0,341$$

Це означає, що дека охоплює близько 34 % траєкторії руху молотків, тобто зерно протягом значної частини циклу перебуває в зоні активної взаємодії з робочими органами. Для дроблення зерна таке значення є достатнім і забезпечує повторний ударний вплив без надмірного збільшення тривалості перебування частинок у камері.

Отже, у результаті розрахунку параметрів удосконалення встановлено, що базова дробарка має достатній запас продуктивності для роботи в умовах ферми. Рациональними параметрами удосконалення є окружна швидкість молотків 75,36 м/с, активна довжина деки 0,514 м, площа її робочої поверхні 0,200 м², робочий

зазор між молотками і декою 10 мм, кут скосу робочої кромки молотків 30° та зміщення сусідніх рядів молотків 20 мм. Прийняті параметри створюють передумови для підвищення однорідності подрібнення, зниження пиловиділення та покращення енергетичних показників роботи дробарки.

3.5 Висновки

У розділі проведено аналіз існуючих конструкцій дробарок зернових кормів і встановлено, що для умов молочнотоварної ферми найбільш доцільним є застосування молоткової дробарки, яка поєднує конструктивну простоту, універсальність та достатню продуктивність. Разом із тим виявлено, що існуючі конструкції мають недоліки, пов'язані з нерівномірністю гранулометричного складу готового продукту, підвищеним пиловиділенням та значними енерговитратами.

На основі аналізу конструкції базової машини запропоновано її удосконалення шляхом встановлення регульованої секційної деки та застосування оборотних молотків зі скошеною робочою кромкою, розміщених зі зміщенням по гвинтовій лінії. Запропоновані зміни спрямовані на інтенсифікацію процесу руйнування зерна, підвищення рівномірності подрібнення та зниження непродуктивних витрат енергії.

У результаті розрахунку параметрів удосконалення встановлено, що базова дробарка має достатній запас продуктивності для роботи в умовах ферми, а раціональними параметрами модернізації є: окружна швидкість молотків 75,36 м/с, активна довжина деки 0,514 м, площа її робочої поверхні 0,200 м², робочий зазор між молотками і декою 10 мм, кут скосу робочої кромки молотків 30° та зміщення сусідніх рядів молотків 20 мм. Прийняті параметри створюють передумови для покращення якості готового продукту та підвищення ефективності роботи дробарки в складі технологічної лінії приготування кормів.

4 Охорона праці

4.1 Загальні вимоги при приготуванні кормів для ВРХ

Під час приготування кормів для великої рогатої худоби безпека праці повинна забезпечуватися відповідно до Закону України «Про охорону праці», який покладає на роботодавця обов'язок створити безпечні та здорові умови праці, організувати навчання, інструктаж, контроль технічного стану обладнання та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Загальні принципи профілактики виробничих ризиків, інформування працівників і організації безпечної роботи узгоджуються з положеннями Рамкової директиви Ради 89/391/ЄЕС щодо запровадження заходів із поліпшення безпеки та охорони здоров'я працівників на роботі.

Процес приготування кормів для ВРХ пов'язаний із дією комплексу небезпечних і шкідливих виробничих чинників. До основних належать рухомі й обертові частини машин, небезпека захоплення одягу робочими органами, запиленість повітря в зоні подрібнення зерна, підвищений рівень шуму та вібрації, можливість ураження електричним струмом, а також травмування під час очищення, регулювання, заміни робочих органів і ремонту обладнання. Особливо небезпечними є операції подрібнення зернових компонентів, транспортування сипких кормів шнеками і транспортерами та завантаження змішувачів кормів.

Вимоги до безпечності машин і механізмів, що використовуються в процесі кормоприготування, встановлюються Технічним регламентом безпеки машин, який в Україні розроблено на основі Директиви 2006/42/ЄС. Відповідно до цих вимог машини повинні мати безпечну конструкцію, огороження небезпечних зон, пристрої пуску і зупинки, елементи захисту від випадкового вмикання, а також технічну документацію щодо безпечної експлуатації. Під час використання машин працівниками також повинні виконуватися Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками, які

гармонізовані з підходами Європейського Союзу до безпечного використання робочого обладнання.

До роботи на обладнанні для приготування кормів допускаються особи, які пройшли навчання, первинний інструктаж на робочому місці, перевірку знань безпечних методів праці та, у передбачених законодавством випадках, медичні огляди. Працівник повинен знати будову машин, послідовність їх пуску і зупинки, правила завантаження сировини, порядок дій при заклинюванні або виникненні аварійної ситуації. Експлуатація обладнання при відсутності захисних кожухів, огорожень, заземлення, блокувальних пристроїв або за наявності несправностей не допускається.

Робочі місця на ділянці приготування кормів мають бути організовані так, щоб забезпечувати безпечний доступ до машин, достатнє природне та штучне освітлення, вільні проходи, зручне підведення сировини та видалення готового продукту. Підлога повинна бути рівною, неслизькою та регулярно очищатися від розсипаного зерна, борошнистого пилу й інших відходів. Очищення робочої камери дробарки, заміну деки, молотків, решіт і підтягування кріплень необхідно виконувати тільки після повної зупинки машини, відключення її від джерела енергії та вжиття заходів, що унеможливають випадковий пуск.

Працівники, зайняті на приготуванні кормів, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям, рукавицями, а за необхідності - захисними окулярами, респіраторами та засобами захисту органів слуху. Порядок застосування засобів індивідуального захисту в Україні визначається мінімальними вимогами безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками ЗІЗ на робочому місці, розробленими з урахуванням Директиви 89/656/ЄЕС. Особливу увагу слід приділяти захисту працівника від пилу в зоні дроблення зерна та від шуму під час роботи дробарки, транспортерів і змішувачів.

Отже, безпечне приготування кормів для ВРХ забезпечується комплексом організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, до яких належать на-

лежний технічний стан машин, навчання персоналу, використання засобів індивідуального захисту, дотримання інструкцій з охорони праці та постійний контроль за умовами праці на ділянці кормоприготування.

4.2 Інструкція з охорони праці для оператора молоткової дробарки

До роботи оператором удосконаленої молоткової дробарки допускається працівник не молодше 18 років, який пройшов навчання, інструктаж з охорони праці, перевірку знань, ознайомлений з будовою машини та правилами її експлуатації, а також пройшов медичний огляд у випадках, передбачених законодавством. Працівник зобов'язаний користуватися спецодягом, спецвзуттям, рукавицями, а в разі необхідності - окулярами, респіратором і засобами захисту слуху.

Перед початком роботи оператор повинен оглянути дробарку, перевірити справність електродвигуна, пускової апаратури, захисного заземлення, стан огорожень, завантажувального бункера, деки, молотків, решета та кріпильних елементів. Необхідно переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочій камері, на подаючих транспортерах і поблизу обертових частин машини. Пуск дробарки дозволяється лише після того, як усі захисні елементи встановлені на місце, а сторонні особи виведені з небезпечної зони.

Під час роботи оператор повинен стежити за рівномірністю подачі зерна, не допускати перевантаження машини, контролювати температуру підшипникових вузлів, відсутність стороннього шуму, надмірної вібрації, запаху горілої ізоляції та інших ознак несправної роботи. Забороняється відкривати кришки, знімати огороження, проштовхувати зерно руками, втручатися в зону ротора або очищати завантажувальний бункер до повної зупинки дробарки.

У разі виникнення стуку, заклинювання, різкого падіння частоти обертання ротора, сильного нагрівання двигуна чи підшипників оператор повинен негайно зупинити машину, відключити її від електромережі та повідомити керівника робіт або механіка. Самостійне усунення складних несправностей без дозволу відповідальної особи не допускається.

Очищення, заміну молотків, деки, решета, підтягування кріплень, усунення зависання зерна та інші регульовальні роботи дозволяється виконувати тільки після повного відключення дробарки від мережі та вжиття заходів, що унеможливають її випадкове ввімкнення. Перед початком таких робіт слід дочекатися повної зупинки ротора. Під час роботи зі зношеними або гострими деталями необхідно дотримуватися особливої обережності, щоб уникнути травмування рук.

Після закінчення роботи оператор повинен припинити подачу зерна, дочекатися повного виходу продукту з робочої камери, вимкнути дробарку, знеструмити її, очистити зовнішні поверхні машини від пилу та перевірити стан основних вузлів. Усі виявлені несправності слід повідомити відповідальній особі або занести до журналу технічного стану обладнання. Залишати машину під напругою чи з відкритими огороженнями забороняється.

У разі аварійної ситуації, ураження працівника електричним струмом, травмування рухомими частинами або виникнення пожежі оператор повинен негайно зупинити дробарку, відключити її від електромережі, повідомити керівника робіт, за можливості усунути джерело небезпеки без ризику для власного життя та надати потерпілому домедичну допомогу.

4.3 Висновки

У розділі встановлено, що безпечне приготування кормів для ВРХ повинно ґрунтуватися на поєднанні вимог законодавства України та підходів Європейського Союзу до управління професійними ризиками, безпечного використання машин і застосування засобів індивідуального захисту. Основними умовами безпечної роботи є справний технічний стан обладнання, належна підготовка працівників, наявність огорожень і блокувань, використання ЗІЗ та дотримання встановлених інструкцій.

Розроблена інструкція з охорони праці для оператора удосконаленої молоткової дробарки охоплює вимоги безпеки перед початком роботи, під час експлуатації, у процесі очищення й регулювання, а також у разі аварійної ситуації. Її впровадження сприятиме зниженню травматизму, підвищенню виробничої дисципліни та безпечній експлуатації дробарки у складі технологічної лінії приготування кормів.

5 Економічна оцінка удосконалення дробарки

5.1 Вихідні дані

Метою цього розділу є визначення очікуваної економічної ефективності від упровадження удосконаленої молоткової дробарки в технологічну лінію приготування кормів для великої рогатої худоби. Порівняння виконується між двома варіантами: базовим, у якому використовується серійна молоткова дробарка, та проєктним, у якому застосовано удосконалену конструкцію з регульованою секційною декою та оборотними молотками зі скошеною робочою кромкою.

При економічній оцінці враховуються лише прямі витрати, а саме: оплата праці, витрати на електроенергію, амортизація обладнання, а також витрати на ремонт і технічне обслуговування. Непрямі переваги, пов'язані з поліпшенням якості помелу, зменшенням пиловиділення, зниженням втрат корму та підвищенням однорідності подрібнення, у розрахунок грошового ефекту не включаються.

Для економічної оцінки прийнято такі вихідні показники: тривалість роботи обладнання – 8 год на добу, кількість робочих днів на рік – 250, кількість обслуговуючого персоналу – 1 особа. Вартість базової дробарки прийнята на рівні 93000 грн, а вартість удосконаленої – 118000 грн. Додаткові капітальні вкладення становлять 25000 грн. Базова машина має продуктивність 4,0 т/год, а удосконалена – 4,6 т/год. При цьому очікується зниження питомих витрат електроенергії з 5,5 до 4,8 кВт·год на 1 т подрібненого зерна. Річний фонд оплати праці оператора для обох варіантів приймається однаковим – 72000 грн.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічної оцінки

Показники	Базовий варіант	Проєктний варіант
Час роботи на добу, год	8	8
Кількість робочих днів на рік	250	250
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1

Продуктивність, т/год	4,0	4,6
Питома енергоємність, кВт·год/т	5,5	4,8
Вартість обладнання, грн	93000,00	118000,00
Додаткові капітальні вкладення, грн	—	25000,00
Річний фонд оплати праці, грн	72000,00	72000,00
Витрати на ремонт і ТО, % від вартості	15	16
Амортизаційні відрахування, %	10	10
Тариф на електроенергію, грн/кВт·год	8,0	8,0

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Для об'єктивного порівняння в таблиці 5.2 наведено показники базового, тобто неудосконаленого, та проєктного варіантів роботи дробарки. Основну частину експлуатаційних витрат у даному випадку становлять витрати на електроенергію, оскільки саме процес подрібнення зерна є найбільш енергоємною операцією у складі лінії приготування кормів.

Удосконалення дробарки забезпечує зниження питомого споживання електроенергії, що і формує основний економічний ефект. Разом із тим проєктний варіант має дещо вищу вартість обладнання, внаслідок чого збільшуються витрати на амортизацію та технічне обслуговування. Оплата праці в обох випадках залишається однаковою, оскільки кількість обслуговуючого персоналу не змінюється.

Таблиця 5.2 – Показники економічної ефективності удосконалення дробарки

Показники	Базовий	Проєктний
Час роботи на добу, год	8	8
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Вартість обладнання, грн	93000,00	118000,00

Додаткові капітальні вкладення, грн	–	25000,00
Експлуатаційні витрати, грн	447250,00	398880,00
у тому числі:		
оплата праці	72000,00	72000,00
ремонт та ТО	13950,00	18880,00
амортизація обладнання	9300,00	11800,00
витрати на електроенергію	352000,00	307200,00
Річна економія витрат, грн	–	48370,00
Термін окупності капіталовкладень, роки	–	0,52

5.3 Висновки

Аналіз економічних показників свідчить, що впровадження удосконаленої молоткової дробарки є економічно доцільним. Незважаючи на збільшення вартості обладнання та відповідне зростання витрат на амортизацію і ремонт, загальні експлуатаційні витрати у проектному варіанті є меншими за рахунок зниження витрат на електроенергію.

За виконаними розрахунками, річна економія експлуатаційних витрат становить 48370 грн, а строк окупності додаткових капіталовкладень – 0,52 року. Це підтверджує доцільність упровадження удосконаленої дробарки в технологічну лінію приготування кормів для ВРХ.

Загальні висновки

У дипломному проєкті обґрунтовано удосконалення технологічного процесу приготування кормів для великої рогатої худоби шляхом модернізації молоткової дробарки зернових компонентів. Встановлено, що ефективність кормоприготування значною мірою залежить від якості подрібнення зерна та узгодженості роботи машин у складі технологічної лінії.

У роботі прийнято технологію TMR, за якої стеблові та соковиті корми готуються у змішувачі-роздавачі, а зернові компоненти потребують окремого попереднього подрібнення. На підставі прийнятих раціонів визначено добову потребу ферми у кормосуміші та обґрунтовано склад технологічної лінії, до якої входять TMR-міксер, молоткова дробарка, навантажувач, шнековий транспортер і коренерізка.

Аналіз існуючих конструкцій дробарок показав, що для умов ферми найбільш доцільним є використання молоткової дробарки, однак її базова конструкція має недоліки, пов'язані з нерівномірністю подрібнення, підвищеним пило-виділенням і значними енерговитратами. Для усунення цих недоліків запропоновано конструктивне удосконалення дробарки шляхом встановлення регульованої секційної деки та застосування оборотних молотків зі скошеною робочою кромкою, розміщених зі зміщенням по гвинтовій лінії.

У розрахунковій частині визначено основні параметри удосконалення, які забезпечують підвищення ефективності роботи дробарки та покращення якості готового продукту. У розділі з охорони праці розроблено основні вимоги безпеки при приготуванні кормів для ВРХ і складено інструкцію з охорони праці для оператора удосконаленої молоткової дробарки.

Економічна оцінка показала, що впровадження запропонованого удосконалення є доцільним, оскільки забезпечує зниження експлуатаційних витрат і має короткий строк окупності.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Єгоров, Б. В. (2011). *Технологія виробництва комбікормів*. Друкарський дім.
2. Дудін, В. Ю., Повод, М., Бондарська, О., Лихач, В., Жижка, С., Нечмілов, В., та ін. (2021). *Технологія виробництва і переробки продукції свинарства*. Науково-методичний центр ВФПО.
3. Романюха, І. О., & Дудін, В. Ю. (2014). *Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств* (2-ге вид., перероб. і доп.; І. Романюха, Ред.). Нова ідеологія.
4. Повод, М. Г., Дудін, В. Ю., & Шпетний, М. Б. (2019). *Розробка основних засад щодо обґрунтованого визначення розмірів санітарно-захисних зон свиноферм*. Сумський національний аграрний університет.
5. Дудін, В. Ю., Гаврильченко, О. С., & Височин, П. С. (2018). Експериментальні дослідження малогабаритного подрібнювача соковитих кормів. In *Science and civilization – 2018: Materials of the XIII International scientific and practical conference* (Vol. 12, pp. 41–45). Science and Education LTD.
6. Дудін, В. Ю., Гаврильченко, О. С., Мудрак, Ю. І., & Черниш, П. І. (2018). Формування якості годівлі повнораціонними комбікормами. In *Moderní vymoženosti vědy – 2018: Materiály XIV Mezinárodní vědecko-praktická konference* (Vol. 8, pp. 48–53). Education and Science.
7. Дудін, В. Ю., Муха, Я. О., & Лук'яненко, О. Ю. (2018). Дослідження енергетичних характеристик процесу змішування сипких кормів. In *Conduct of modern science – 2018: Materials of the XIII International scientific and practical conference* (pp. 41–45). Science and Education LTD.
8. Дудін, В. Ю., & Бородавка, І. А. (2019). Дослідження процесу різання коренеплодів. In *Strategiczne pytania światowej nauki – 2019: Materiały XV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji* (Vol. 10, pp. 36–39). Nauka i Studia.

9. Дудін, В. Ю., & Антіпов, О. М. (2019). Дослідження подрібнювача фуражного зерна сколюючої дії. In *Strategiczne pytania światowej nauki – 2019: Materiały XV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji* (Vol. 10, pp. 33–35). Nauka i Studia.
10. Suhadi, W. (1967). Die Schecke als Arbeitsorgan in verarbeitungsmaschinen. *Maschinenbautechnik*, 5, 41–56.
11. Oyama, J., & Ayaki, K. (1956). *Kagaki Kikai*, 20, 6.
12. Lacey, P. M. (1954). Development in the theory of particle mixing. *Journal of Applied Chemistry*, 4, 257.
13. Duschek, K. (n.d.). Optimierung der Produktion in einem bolivianischen Ziegelwerk. *Ziegelindustrie International*.
14. Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII. (1992, 14 жовтня).
15. Кабінет Міністрів України. (2013). *Про затвердження Технічного регламенту безпеки машин* (Постанова № 62).
16. Міністерство соціальної політики України. (2017). *Про затвердження Вимог безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками* (Наказ № 2072).
17. Міністерство соціальної політики України. (2018). *Про затвердження Мінімальних вимог безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці* (Наказ № 1804).
18. Council of the European Communities. (1989). *Council Directive 89/391/EEC of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work*.
19. European Parliament and the Council of the European Union. (2006). *Directive 2006/42/EC of 17 May 2006 on machinery*.
20. Council of the European Communities. (1989). *Council Directive 89/656/EEC of 30 November 1989 on the minimum health and safety requirements for the use by workers of personal protective equipment at the workplace*.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

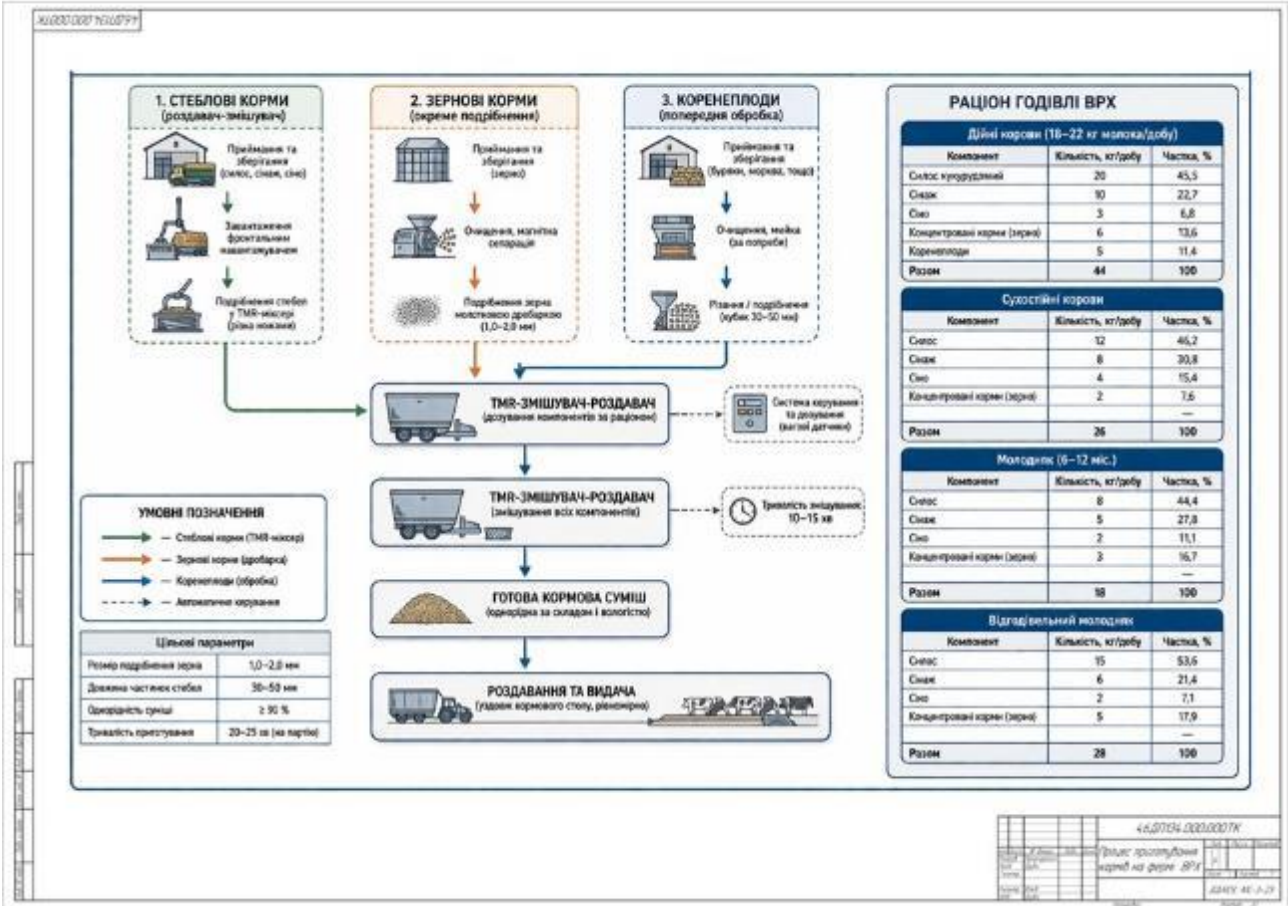
Удосконалення технологічного процесу
приготування кормів на молочно-товарній фермі з
розробкою молоткової дробарки

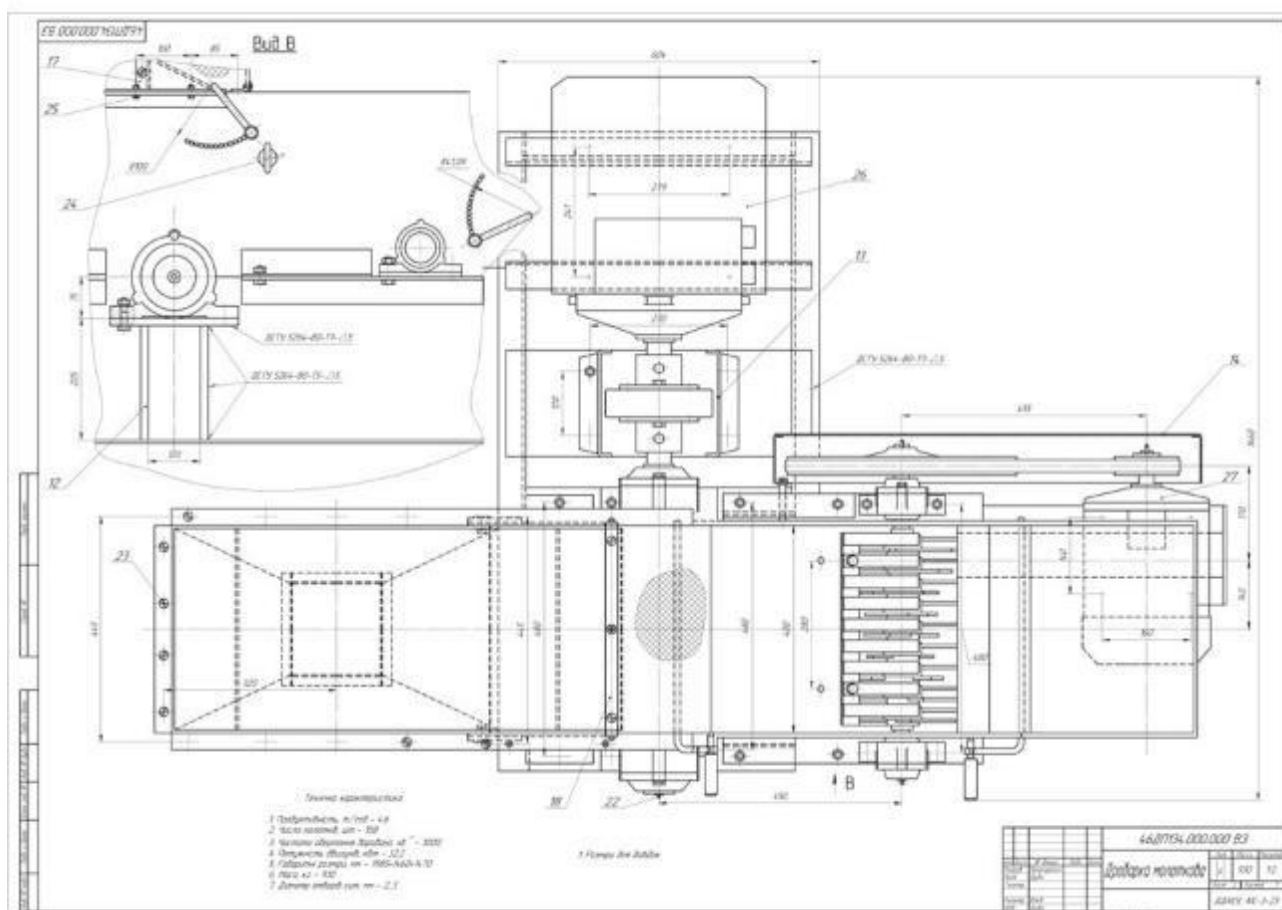
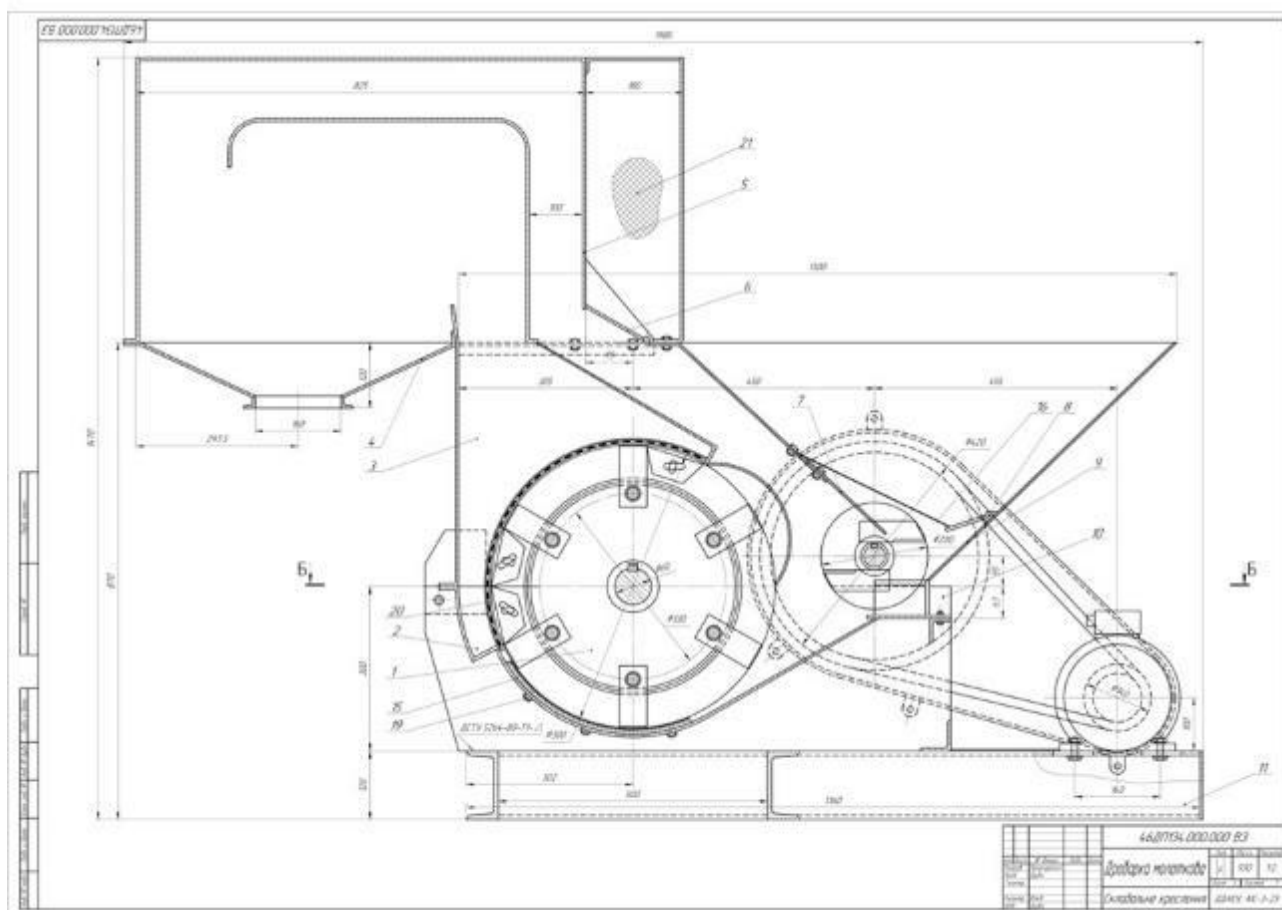
демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

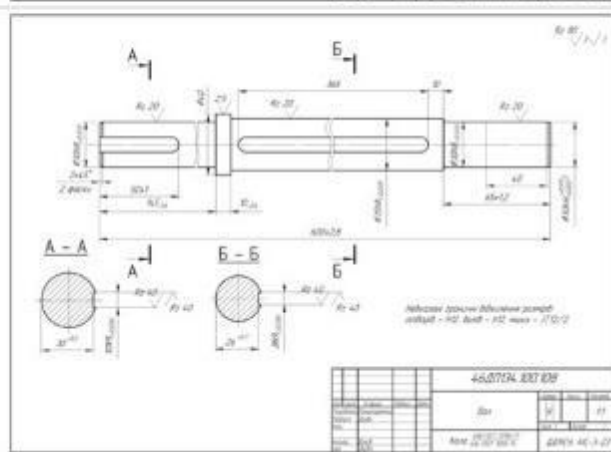
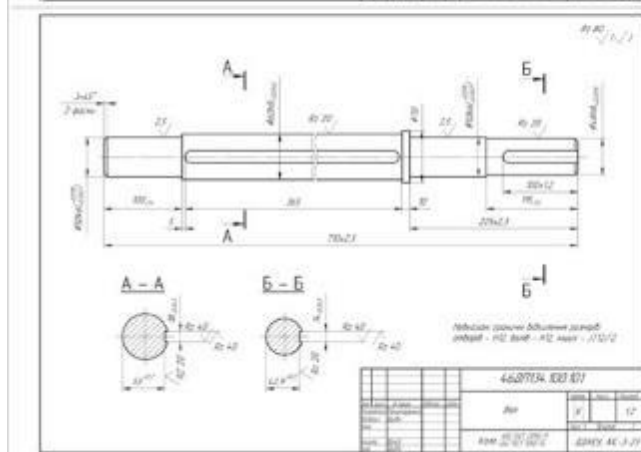
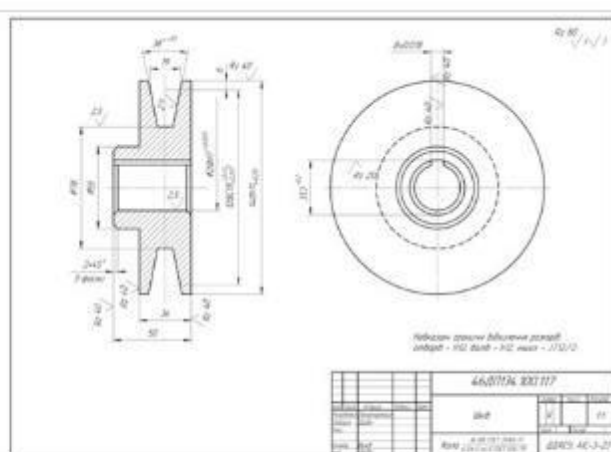
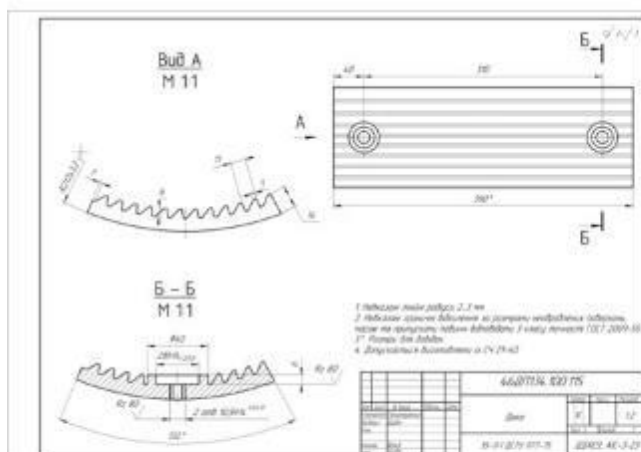
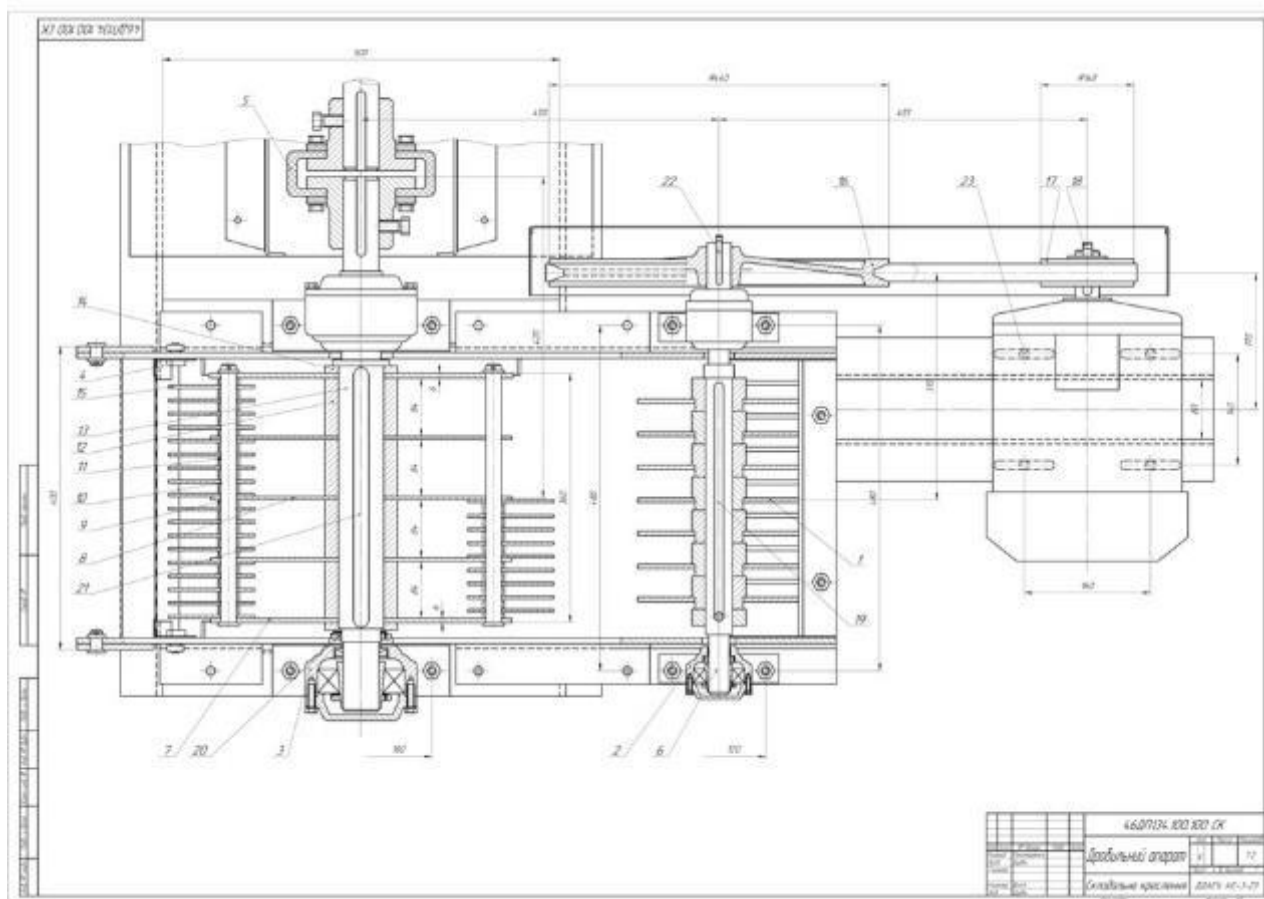
Виконав: здобувач 3 курсу, групи АІС-3-23
Пономаренко Дмитро Євгенійович

Керівник: к.т.н., доцент
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро-2026







[illegible]

		445774.00000077	
Transfer account		1	1
Interest		1	1
Date		2007-01-01	

Формат	Зона	Позиц.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка	
				Документація			
A1			46ДП135.000.000 В0	Вигляд загальний			
				Складальні одиниці			
A1		1	46ДП135.001.000 СК	Дробильний апарат	1		
		2	46ДП135.002.000 СК	Корпус нижній	1		
		3	46ДП135.003.000 СК	Корпус верхній	1		
		4	46ДП135.004.000 СК	Піддон	1		
		5	46ДП135.005.000 СК	Збірник	1		
		6	46ДП135.006.000 СК	Заслінка повітряна	1		
		7	46ДП135.007.000 СК	Решітка	1		
		8	46ДП135.008.000 СК	Заслінка зернова	1		
		9	46ДП135.009.000 СК	Завантажувальний бункер	1		
A3		10	46ДП135.010.000 СК	Блок протирізальний	1		
		11	46ДП135.011.000 СК	Рама	1		
		12	46ДП135.012.000 СК	Опора	1		
		13	46ДП135.013.000 СК	Муфта	1		
		14	46ДП135.014.000 СК	Кожух	1		
				Деталі			
A3		15	46ДП135.000.02.001	Дека	1		
		16	46ДП135.000.05.002	Днище	1		
				46ДП135.000.000 В3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис				Дата
Розробив	Пономаренко						
Консуьлт.	Дудін						
Керівник							
Н. контр.	Івлєв						
Зав. каф.	Дудін						
				Дробарка	Літера	Аркут	Аркутів
					У	1	2
				ДДАЕУ, АІС-3-23			

Формат	Зона	Позиц.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				Документація		
A1			46ДП135.001.000 СК	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
A3		1	46ДП135.001.000 СК	Ніж	9	
		2	46ДП135.002.000 СК	Муфта	2	
		3	46ДП135.003.000 СК	Муфта	2	
		4	46ДП135.004.000 СК	Притиск	1	
		5	46ДП135.005.000 СК	Муфта	1	
				Деталі		
A3		6	46ДП135.001.001	Вал	1	
		7	46ДП135.001.002	Диск	2	
		8	46ДП135.001.003	Диск	3	
		9	46ДП135.001.004	Втулка	24	
		10	46ДП135.001.005	Палець	6	
		11	46ДП135.001.006	Втулка	84	
		12	46ДП135.001.007	Втулка	4	
A3		13	46ДП135.001.008	Вал	1	
		14	46ДП135.001.009	Втулка	2	

