

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Розробка технологічного процесу приготування
кормів на фермі великої рогатої худоби**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи АІ-4-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Назаренко Єгор Андрійович

Керівник: _____ Білоус Ілля Михайлович

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**

Назаренко Єгор Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Розробка технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби

керівник проєкту Білоус Ілля Михайлович, доктор філософії

(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 приготування кормів для ВРХ. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика галузі тваринництва. 2. Розробка технологічного процесу приготування кормів. 3. Розробка подрібнювача сіна. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема процесу. 2. Подрібнювач. 3. Молоток. 4. Вал. 5. Кришка наскрізна. 6. Корпус підшипника. 7. Втулка розпірна. 8. Втулка обмежувальна. 9. Охорона праці. 10. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р. .

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	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 22.05.2026 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Здобувач

(підпис)

Назаренко Є.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Білоус І.М.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Назаренко Є.А. Розробка технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проєкт присвячено розробці технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби СФГ «Хуторське» Дніпропетровської області. У роботі наведено характеристику господарства, проаналізовано стан галузі тваринництва, спосіб утримання ВРХ та рівень механізації основних виробничих процесів.

Обґрунтовано необхідність удосконалення процесу приготування кормів, визначено добову потребу поголів'я у кормах, розраховано продуктивність технологічної лінії та підібрано необхідні машини й обладнання. Особливу увагу приділено удосконаленню подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50 для подрібнення сіна та інших грубих кормів. Запропоноване конструктивне рішення спрямоване на підвищення якості подрібнення, рівномірності фракційного складу корму та ефективності подальшого змішування компонентів.

У проєкті розглянуто питання охорони праці під час приготування кормів і розроблено інструкцію з безпечної роботи для оператора подрібнювача. Проведено економічну оцінку запропонованого удосконалення, яка підтвердила доцільність його впровадження за рахунок зменшення втрат кормів, скорочення витрат праці та підвищення ефективності роботи кормоприготувальної лінії.

Ключові слова: велика рогата худоба, приготування кормів, подрібнювач сіна, ІРМ-50, грубі корми, кормова суміш, механізація, технологічна лінія, охорона праці, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА	10
1.1 Загальні відомості про підприємство	10
1.2 Характеристика тваринництва	11
1.3 Спосіб та технологія утримання ВРХ	13
1.4 Механізація робіт на фермі ВРХ	15
1.5 Обґрунтування теми дипломного проекту	17
1.7 Висновки	19
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ	20
2.1 Обґрунтування технології приготування кормів	20
2.2 Вихідні дані	21
2.3 Розрахунок продуктивності технологічного процесу	24
2.4 Визначення кількості засобів механізації	26
2.5 Висновки	31
3 РОЗРОБКА ПОДРІБНЮВАЧА СІНА	33
3.1 Стан питання	33
3.2 Зоотехнічні вимоги до подрібнювачів грубих кормів	35
3.3 Огляд подрібнювачів грубих кормів	36
3.4 Розробка конструкції подрібнювача сіна	39
3.5 Розрахунок основних параметрів подрібнювача	41
3.5.1 Визначення потужності на привід	43
3.5.2 Розробка ріжучого апарату	44
3.5.3 Міцнісні розрахунки	46

	7
3.6 Висновки	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	51
4.1 Загальні вимоги охорони праці при приготуванні кормів	51
4.2 Інструкція з охорони праці для оператора подрібнювача	53
4.3 Висновки	56
5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	57
5.1 Вихідні дані	57
5.2 Результати економічної оцінки	58
5.3 Висновки	60
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	61
БІБЛІОГРАФІЯ	63
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Ефективність виробництва продукції тваринництва значною мірою залежить від рівня організації годівлі, якості кормів та технічного забезпечення процесів їх підготовки. У молочному скотарстві саме годівля є одним із головних чинників, що визначає продуктивність корів, стан здоров'я тварин, відтворну здатність стада та собівартість одержаного молока. Тому вдосконалення технологічних процесів приготування кормів є важливим напрямом підвищення ефективності роботи ферм великої рогатої худоби.

Для сучасних умов ведення тваринництва характерним є зростання вимог до якості кормових сумішей. Корми повинні бути не лише поживними, а й рівномірно подрібненими, правильно дозованими та якісно змішаними. Недостатня підготовка грубих кормів, нерівномірне змішування компонентів, втрати кормової маси під час транспортування і роздавання призводять до зниження поїдання корму, погіршення засвоєння поживних речовин та збільшення витрат на виробництво молока.

Особливо актуальним це питання є для ферм із прив'язним утриманням великої рогатої худоби, де значна частина технологічних операцій потребує узгодженої роботи машин і персоналу. У таких умовах важливо забезпечити стабільну роботу лінії приготування кормів, зменшити частку ручної праці, підвищити продуктивність обладнання та поліпшити якість підготовки кормових компонентів.

Об'єктом розробки в дипломному проєкті є технологічний процес приготування кормів на фермі великої рогатої худоби СФГ «Хуторське», розташованого у Дніпропетровській області, Синельниківському районі, село Миколаївка. У господарстві утримується 368 голів ВРХ зі шлейфом, а основною виробничою галуззю є молочне скотарство. Аналіз існуючого стану показує, що процес кормоприготування потребує удосконалення, зокрема в частині подрібнення грубих кормів, дозування компонентів і підготовки рівномірної кормової суміші.

Метою дипломного проєкту є розробка технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з удосконаленням подрібнювача сіна, що забезпечить підвищення якості кормової суміші, зменшення втрат кормів і покращення умов експлуатації обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати виробничу характеристику ферми та існуючий стан механізації робіт; обґрунтувати технологічну схему приготування кормів; визначити добову потребу поголів'я у кормах; виконати розрахунок продуктивності технологічної лінії та підібрати необхідні засоби механізації; розробити удосконалення подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50; виконати основні конструктивні та міцнісні розрахунки; розглянути питання охорони праці під час приготування кормів; провести економічну оцінку запропонованого удосконалення.

Отже, тема дипломного проєкту є актуальною, оскільки спрямована на підвищення ефективності механізованого приготування кормів, покращення якості годівлі великої рогатої худоби та зниження експлуатаційних витрат у тваринницькому виробництві.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА

1.1 Загальні відомості про підприємство

Селянське фермерське господарство «Хуторське» розташоване у Дніпропетровській області, Синельниківському районі, село Миколаївка. Господарство має змішаний виробничий напрям і поєднує рослинництво з молочним скотарством. Така структура виробництва є доцільною для умов степової зони, оскільки дає змогу частково забезпечувати тваринницьку галузь власними кормами, зменшувати залежність від закупівельних ресурсів і раціональніше використовувати земельні угіддя.

Основною виробничою галуззю господарства є вирощування зернових, зернобобових і кормових культур. У структурі посівних площ переважають озима пшениця, ячмінь, кукурудза на зерно та силос, соняшник, багаторічні трави, однорічні кормові сумішки. Частина продукції рослинництва реалізується, а частина використовується для годівлі великої рогатої худоби. Наявність власної кормової бази створює передумови для стабільного функціонування молочної ферми.

Кліматичні умови району характеризуються теплим літом, помірно холодною зимою та нестійким зволоженням. Для забезпечення стабільного кормовиробництва в господарстві важливе значення має своєчасне заготування силосу, сінажу, сіна та концентрованих кормів. Через можливі коливання врожайності кормових культур особлива увага приділяється раціональному використанню кормів і зменшенню їх втрат під час зберігання, підготовки та роздавання.

Матеріально-технічна база господарства включає трактори різних тягових класів, ґрунтообробні агрегати, посівну техніку, кормозбиральні машини, транспортні засоби, обладнання для заготівлі та зберігання кормів. Водночас частина машин і обладнання тваринницької ферми має значний строк експлуатації, що зумовлює потребу в удосконаленні технологічних процесів, зокрема процесу приготування кормів для ВРХ.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика СФГ «Хуторське»

Показник	Значення
Місце розташування	Дніпропетровська обл., Синельниківський р-н, с. Миколаївка
Організаційно-правова форма	Селянське фермерське господарство
Виробничий напрям	Рослинництво, молочне скотарство
Загальна площа сільськогосподарських угідь, га	1580
У тому числі рілля, га	1460
Площа кормових культур, га	310
Загальне поголів'я ВРХ зі шлейфом, гол.	368
Середньорічна кількість працівників, осіб	42
Кількість працівників тваринницької ферми, осіб	14

1.2 Характеристика тваринництва

Тваринництво у СФГ «Хуторське» представлене молочним скотарством. На фермі утримується велика рогата худоба молочного напрямку продуктивності. Загальне поголів'я ВРХ разом зі шлейфом становить 368 голів. Основу стада складають дійні корови, а також ремонтний молодняк різних вікових груп.

Таблиця 1.2 – Структура поголів'я ВРХ у СФГ «Хуторське»

Група тварин	Кількість, гол.	Частка, %
Дійні корови	196	53,3
Сухостійні корови	28	7,6
Нетелі	32	8,7

Група тварин	Кількість, гол.	Частка, %
Телиці старше 12 місяців	46	12,5
Молодняк 6–12 місяців	38	10,3
Телята до 6 місяців	28	7,6
Разом ВРХ зі шлейфом	368	100,0

Основною продукцією тваринницької галузі є молоко. Середньодобовий надій на одну дійну корову становить орієнтовно 18–21 кг молока залежно від періоду лактації, якості кормів і сезону року. Середньорічна продуктивність однієї корови приймається на рівні 6100–6400 кг молока. Якісні показники молока в середньому становлять: жирність - 3,6–3,8 %, вміст білка - 3,1–3,3 %.

Таблиця 1.3 – Основні виробничі показники молочної ферми

Показник	Значення
Середньорічне поголів'я дійних корів, гол.	196
Середньодобовий надій на корову, кг	19,2
Середньорічний надій на корову, кг	6250
Валовий річний надій молока, т	1225
Жирність молока, %	3,7
Вміст білка, %	3,2
Вихід телят на 100 корів, гол.	86
Вибракування корів за рік, %	22

Годівля тварин здійснюється з урахуванням фізіологічного стану, віку, живої маси та рівня продуктивності. Для дійних корів використовують об'ємні, соковиті та концентровані корми. Основу раціону становлять кукурудзяний силос, сінаж із багаторічних трав, сіно, солома, подрібнене зерно, білково-вітамінні добавки та мінеральні компоненти.

Таблиця 1.4 – Орієнтовна річна потреба ферми в основних видах кормів

Вид корму	Річна потреба, т
Силос кукурудзяний	2450
Сінаж	980
Сіно	360
Солома	210
Концентровані корми	520
Коренебульбоплоди та соковиті добавки	270
Мінеральні добавки	18

Раціони для корів повинні бути збалансовані за енергією, протеїном, клітковиною, мінеральними речовинами та вітамінами. Особливо важливим є рівномірне змішування компонентів кормової суміші, оскільки неоднорідність корму призводить до вибіркового поїдання, зниження продуктивності, погіршення обміну речовин і збільшення витрат кормів на одиницю продукції.

На даний час у господарстві частина операцій з підготовки кормів виконується з використанням наявних машин, однак технологічний процес не повністю відповідає сучасним вимогам до приготування повнораціонних кормових сумішей. Це створює підстави для розробки удосконаленого технологічного процесу приготування кормів на фермі ВРХ.

1.3 Спосіб та технологія утримання ВРХ

На фермі СФГ «Хуторське» застосовується прив'язний спосіб утримання великої рогатої худоби. Така система є традиційною для багатьох молочних ферм середньої потужності та передбачає закріплення тварин за індивідуальними стійловими місцями. Прив'язне утримання дозволяє здійснювати індивідуальний контроль за годівлею, продуктивністю, станом здоров'я та відтворною здатністю кожної корови.

Тварини розміщуються у корівниках із поздовжнім розташуванням стійл, кормових проходів і гнойових каналів. Сстійла обладнані прив'язями, годівницями, автонапувалками та місцями для відпочинку. Підстилковим матеріалом використовується солома, яка періодично додається у стійла для підтримання сухості та покращення санітарного стану приміщення.

Таблиця 1.5 – Характеристика способу утримання ВРХ

Показник	Значення
Спосіб утримання	Прив'язний
Тип приміщення	Корівник стійлового типу
Розміщення тварин	Індивідуальні стійла
Система годівлі	Групова з індивідуальним коригуванням
Система напування	Автонапувалки
Вид підстилки	Солома
Спосіб видалення гною	Механізований транспортерний
Доїння	У молокопровід / переносними доїльними апаратами
Вентиляція	Природна з елементами примусової

Прив'язний спосіб утримання має певні переваги для господарства. Він забезпечує можливість контролювати споживання кормів окремими тваринами, спрощує ветеринарне обслуговування, дозволяє вести індивідуальний облік надойів та стану корів. Водночас така система має і недоліки: підвищені витрати ручної праці, обмежена рухова активність тварин, складність організації високопродуктивної потокової технології та потреба у регулярному механізованому обслуговуванні кормових і гнойових проходів.

Технологічний процес обслуговування тварин включає такі основні операції: підготовку кормів, транспортування кормів до приміщень, роздавання кормів

у годівниці, напування, доїння, прибирання гною, заміну підстилки, контроль стану тварин і проведення ветеринарно-профілактичних заходів.

Найбільш трудомісткими операціями є підготовка та роздавання кормів, видалення гною, а також догляд за тваринами у стійловий період. У зимовий період навантаження на систему годівлі зростає, оскільки основна частина раціону формується за рахунок заготовлених кормів. Саме тому якість приготування кормових сумішей значною мірою впливає на продуктивність тварин і економічні результати роботи ферми.

1.4 Механізація робіт на фермі ВРХ

Рівень механізації виробничих процесів на фермі ВРХ СФГ «Хуторське» можна оцінити як середній. Основні трудомісткі операції частково механізовані, однак окремі процеси ще потребують удосконалення. Найбільш механізованими є транспортування кормів, видалення гною, доїння та водопостачання. Водночас процес приготування кормів не має достатньої технологічної завершеності, оскільки окремі компоненти раціону готуються роздільно, а якість змішування не завжди є стабільною.

Таблиця 1.6 – Рівень механізації основних процесів на фермі ВРХ

Виробничий процес	Наявні засоби механізації	Характеристика виконання
Заготівля силосу	Кормозбиральний комбайн, тракторні причепа	Механізовано
Заготівля сінажу та сіна	Косарки, граблі, прес-підби- рач	Механізовано
Подрібнення зерна	Дробарка кормів	Частково механі- зовано

Виробничий процес	Наявні засоби механізації	Характеристика виконання
Дозування компонентів	Вагове або об'ємне, частково вручну	Потребує удосконалення
Змішування кормів	Наявний змішувач або послідовне завантаження компонентів	Недостатня рівномірність
Роздавання кормів	Тракторний кормороздавач	Механізовано частково
Напування	Автонапувалки	Механізовано
Доїння	Доїльна установка	Механізовано
Видалення гною	Скребкові або транспортні засоби	Механізовано
Прибирання проходів	Трактор з навісним обладнанням, ручне доочищення	Частково механізовано

На фермі використовуються мобільні транспортні засоби для підвезення кормів від місць зберігання до тваринницьких приміщень. Силос і сінаж зберігаються у траншеях, сіно та солома - у скиртах або під навісами, зернові корми - у складських приміщеннях. Перед згодовуванням зерно подрібнюється, а грубі корми за потреби додатково подрібнюються або вводяться до складу кормової суміші.

Недоліком існуючої організації годівлі є те, що процес підготовки кормів має розрізнений характер. Частина кормів подається без достатнього перемішування, а концентровані добавки можуть розподілятися нерівномірно. Це призводить до відмінностей у фактичному споживанні поживних речовин окремими тваринами. У результаті частина корів отримує надлишок концентратів, а частина - недостатню кількість енергії та протеїну.

Особливої уваги потребує операція приготування кормової суміші. Для молочного стада важливо, щоб усі компоненти раціону були подрібнені до необхідної крупності, рівномірно змішані та своєчасно роздані. Нерівномірна структура корму знижує його поїдання, підвищує втрати та ускладнює контроль за раціоном.

До основних недоліків існуючої механізації процесу приготування кормів можна віднести недостатню точність дозування окремих компонентів, нерівномірне змішування об'ємних і концентрованих кормів, підвищену частку ручної праці під час підготовчих операцій, втрати корму під час перевантаження та транспортування, відсутність єдиної потокової схеми приготування повнораціонної суміші, а також залежність якості годівлі від досвіду обслуговуючого персоналу.

Отже, наявний рівень механізації забезпечує виконання основних виробничих операцій, але не повністю відповідає вимогам інтенсивного молочного виробництва. Найбільш актуальним напрямом удосконалення є розробка технологічного процесу приготування кормів, який забезпечить дозоване введення компонентів, якісне змішування та зменшення витрат праці.

1.5 Обґрунтування теми дипломного проекту

Ефективність виробництва молока значною мірою залежить від організації годівлі тварин. Навіть за наявності продуктивного стада, якісного утримання та належного ветеринарного обслуговування незбалансована або нерівномірно підготовлена кормова суміш може призводити до зниження надоїв, погіршення фізіологічного стану корів і підвищення собівартості продукції.

Для СФГ «Хуторське» питання удосконалення процесу приготування кормів є актуальним з кількох причин. По-перше, господарство утримує значне поголів'я ВРХ зі шлейфом - 368 голів, тому щоденна потреба у кормах є великою. По-друге, ферма використовує прив'язний спосіб утримання, за якого важливо забезпечити рівномірну подачу кормів у годівниці та мінімізувати ручну працю.

По-третє, наявна система підготовки кормів не забезпечує достатньої стабільності за якістю змішування компонентів.

Приготування кормів для ВРХ включає приймання компонентів, їх подрібнення, дозування, змішування, транспортування та подачу до місця роздавання. Якщо хоча б одна з цих операцій виконується нерационально, знижується ефективність усього технологічного процесу. Наприклад, неправильне подрібнення грубих кормів погіршує поїдання, неточне дозування концентратів порушує баланс раціону, а недостатнє змішування спричиняє вибіркове споживання корму тваринами.

Тому тема дипломного проекту «Розробка технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби» є практично доцільною для умов СФГ «Хуторське». Її реалізація спрямована на підвищення ефективності роботи молочної ферми шляхом удосконалення підготовки кормів перед згодуванням.

Основними завданнями дипломного проекту є аналіз сучасного стану годівлі та механізації кормоприготування на фермі, визначення потреби поголів'я у кормах, обґрунтування технологічної схеми приготування кормової суміші, підбір машин і обладнання для виконання основних операцій, зменшення частки ручної праці під час підготовки кормів, підвищення рівномірності змішування компонентів раціону та забезпечення своєчасної подачі кормів до тваринницьких приміщень.

Очікуваний результат розробки полягає у створенні більш узгодженої технологічної лінії, яка забезпечить послідовне виконання операцій підготовки кормів: завантаження компонентів, подрібнення, дозування, змішування та подальше транспортування кормової суміші. Запропонований підхід дасть змогу покращити якість годівлі, знизити втрати кормів, скоротити витрати праці та створити передумови для підвищення продуктивності корів.

Практичне значення теми полягає в тому, що розроблений технологічний процес може бути використаний на фермах середньої потужності з прив'язним утриманням ВРХ. Особливо доцільним він є для господарств, які мають власну

кормову базу, але використовують застарілі або недостатньо узгоджені засоби підготовки кормів.

1.7 Висновки

У першому розділі наведено характеристику СФГ «Хуторське», розташованого у Дніпропетровській області, Синельниківському районі, село Миколаївка. Господарство має змішаний виробничий напрям і поєднує рослинництво з молочним скотарством. Загальне поголів'я великої рогатої худоби зі шлейфом становить 368 голів.

Встановлено, що на фермі застосовується прив'язний спосіб утримання ВРХ, який забезпечує індивідуальний контроль за тваринами, але потребує значних витрат праці на обслуговування. Основні виробничі процеси частково механізовані, зокрема доїння, напування, транспортування кормів і видалення гною. Разом із тим процес приготування кормів має недоліки, пов'язані з недостатньою точністю дозування, нерівномірністю змішування та підвищеною часткою ручних операцій.

Обґрунтовано, що для підвищення ефективності роботи молочної ферми доцільно розробити удосконалений технологічний процес приготування кормів. Це дозволить покращити якість кормових сумішей, зменшити втрати кормів, підвищити рівень механізації та створити умови для стабільної продуктивності молочного стада. Тому тема дипломного проекту є актуальною і має практичне значення для умов СФГ «Хуторське».

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

Розробка технологічного процесу приготування кормів для ферми великої рогатої худоби СФГ «Хуторське» виконується з урахуванням прийнятої у господарстві прив'язної системи утримання, структури поголів'я, наявної кормової бази та необхідності забезпечення тварин однорідною кормовою сумішшю. В основу проекрованої лінії покладено принцип послідовного виконання операцій приймання, подрібнення, дозування, змішування, транспортування і роздавання кормів. Такий підхід відповідає вимогам технологічного проектування скотарських ферм та практиці організації годівлі молочної худоби [1–3].

2.1 Обґрунтування технології приготування кормів

Для поголів'я 368 голів ВРХ зі шлейфом доцільно застосовувати технологію приготування повнораціонної кормової суміші. Її перевага полягає в тому, що об'ємні, грубі, концентровані та мінеральні компоненти вводяться у суміш у заданому співвідношенні. Після змішування тварини отримують корм із вирівняним складом, що зменшує вибіркове поїдання окремих компонентів і забезпечує стабільніше надходження поживних речовин.

В умовах прив'язного утримання особливе значення має не тільки якість змішування, а й своєчасність підвезення корму до годівниць у корівниках. Тому проектована технологія повинна бути достатньо продуктивною, але не надмірно складною. Для господарства середньої потужності раціональним є використання мобільного змішувача-кормороздавача із ваговим контролем завантаження компонентів, фронтального навантажувача, дробарки зернових кормів та подрібнювача грубих кормів.

Операційна схема процесу передбачає, що силос і сінаж завантажуються безпосередньо з місць зберігання, довгостеблові грубі корми за потреби попередньо подрібнюються, зернові компоненти проходять дроблення, після чого всі складові дозуються відповідно до рецепта і подаються у змішувач. Сформована суміш транспортується до корівників і роздається у годівниці.

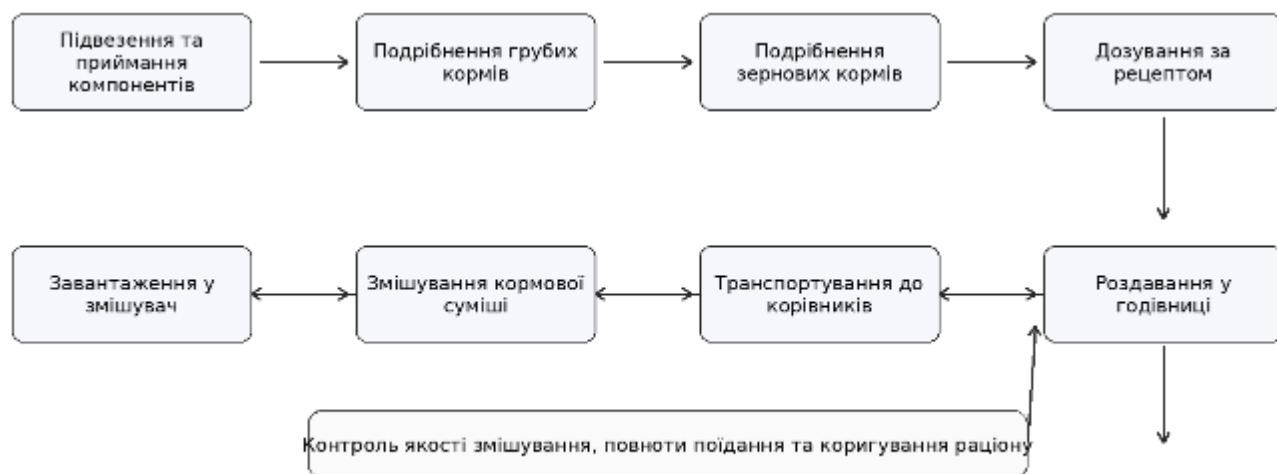


Рисунок 2.1 – Операційна схема технологічного процесу

За технологічною послідовністю, наведеною на рис. 2.1, передбачено мінімізацію ручних операцій і скорочення кількості проміжних перевантажень кормів. Це зменшує втрати кормової маси, підвищує точність дотримання раціону та дає змогу організувати роботу лінії у дворазовому режимі годівлі.

2.2 Вихідні дані

Вихідні дані для розрахунку прийнято на основі умовної виробничої характеристики ферми СФГ «Хуторське», технологічних норм для скотарських підприємств і практичних рекомендацій щодо годівлі великої рогатої худоби [1–3]. Загальне поголів'я становить 368 голів. До розрахунку включено основні статеві-вікові групи тварин, для яких формується добова потреба у кормах.

Таблиця 2.1 – Структура поголів'я і прийняті добові норми кормів на одну голову

Група тварин	Кіль- кість, гол.	Си- лос, кг	Сінаж, кг	Сіно, кг	Со- лома, кг	Конце- нтрати, кг	Мін. доба- вки, кг
Дійні корови	196	22,0	8,0	2,2	1,0	5,0	0,12
Сухостійні ко- рови	28	18,0	6,0	3,0	1,5	2,0	0,10
Нетелі	32	16,0	5,0	2,5	1,0	2,2	0,09
Телиці старше 12 міс.	46	12,0	4,0	2,0	1,0	1,2	0,07
Молодняк 6– 12 міс.	38	8,0	2,5	1,2	0,50	1,0	0,05
Телята до 6 міс.	28	2,0	1,0	0,80	0,20	0,80	0,03

Прийняті норми кормів є проектними і можуть уточнюватися залежно від фактичної продуктивності корів, якості заготовлених кормів, вмісту сухої речовини та результатів зоотехнічного аналізу. У дипломному проекті вони використовуються для визначення розрахункової продуктивності технологічної лінії.

Таблиця 2.2 – Розрахункова добова потреба ферми в основних видах кормів

Вид корму	Добова потреба, кг	Добова потреба, т	Частка у суміші, %
Силос	6240,0	6,240	57,8
Сінаж	2203,0	2,203	20,4
Сіно	755,2	0,755	7,0
Солома	340,6	0,341	3,2
Концентрати	1222,0	1,222	11,3
Мінеральні доба- вки	35,2	0,035	0,3
Разом	10796,0	10,796	100,0

З таблиці 2.2 видно, що основну частку у кормовій суміші займають силос і сінаж. Саме ці компоненти визначають навантаження на засоби завантаження, транспортування та змішування. Концентровані корми мають меншу масову частку, проте потребують точнішого дозування, оскільки вони суттєво впливають на енергетичну поживність раціону.

Таблиця 2.3 – Основні розрахункові коефіцієнти для проектування лінії

Показник	Позначення	Значення	Примітка
Коефіцієнт технологічного запасу	k_p	1,10	враховує втрати і нерівномірність завантаження
Кількість годівель за добу	z	2	ранкова та вечірня годівля
Тривалість роботи лінії за добу	T_d	4 год	час завантаження, змішування і роздавання
Коефіцієнт використання часу	η_t	0,85	враховує організаційні перерви
Місткість змішувача-кормороздавача	$V_{зм}$	12 м ³	мобільний змішувач середнього класу
Насипна густина кормової суміші	ρ_c	0,36 т/м ³	для суміші силосу, сінажу і концентратів
Коефіцієнт заповнення бункера змішувача	ϕ_z	0,85	для уникнення викидання суміші

2.3 Розрахунок продуктивності технологічного процесу

Розрахунок продуктивності технологічного процесу починають із визначення добової маси кормів за кожною статеві-віковою групою тварин. Добову масу j -го виду корму для i -ї групи визначають за формулою:

$$M_{ij} = n_i \cdot q_{ij} \quad (2.1)$$

де M_{ij} - добова маса j -го виду корму для i -ї групи тварин, кг; n_i - кількість тварин i -ї групи, гол.; q_{ij} - добова норма j -го виду корму для однієї голови i -ї групи, кг/гол.

Загальну добову потребу у кожному виді корму розраховують підсумовуванням потреби всіх груп тварин:

$$M_j = \sum_{i=1}^m M_{ij} \quad (2.2)$$

де M_j - загальна добова потреба у j -му виді корму, кг; m - кількість статеві-вікових груп тварин.

Загальна добова маса кормів, що проходить через лінію кормоприготування, становить:

$$M_{\text{доб}} = \sum_{j=1}^p M_j \quad (2.3)$$

де $M_{\text{доб}}$ - сумарна добова маса кормів, кг або т; p - кількість видів кормів, які входять до раціону.

За даними таблиці 2,2: $M_{\text{доб}} = 6240 + 2203 + 755,2 + 340,6 + 1222 + 35,2 = 10796,0 \text{ кг} = 10,80 \text{ т}$,

Для практичного проектування лінії вводять коефіцієнт технологічного запасу, який враховує коливання добової потреби, залишки у годівницях, втрати під час перевантаження та нерівномірність завантаження машин:

$$M_p = M_{\text{доб}} \cdot k_p \quad (2.4)$$

де M_p - розрахункова добова маса кормів, т; k_p - коефіцієнт технологічного запасу.

Приймаємо $k_p = 1,10$, Тоді $M_p = 10,80 \cdot 1,10 = 11,88$ т/добу,

Необхідна годинна продуктивність лінії визначається з урахуванням тривалості її роботи протягом доби та коефіцієнта використання робочого часу:

$$Q_l = M_p / (T_d \cdot \eta_t) \quad (2.5)$$

де Q_l - потрібна продуктивність лінії, т/год; T_d - тривалість роботи лінії протягом доби, год; η_t - коефіцієнт використання часу роботи лінії.

За $T_d = 4$ год і $\eta_t = 0,85$ отримаємо: $Q_l = 11,88 / (4 \cdot 0,85) = 3,49$ т/год, Для подальшого підбору машин приймаємо розрахункову продуктивність лінії не менше 3,5 т/год,

Маса кормової суміші на одне роздавання при дворазовій годівлі визначається за формулою:

$$M_1 = M_p / z \quad (2.6)$$

де M_1 - маса кормової суміші на одне роздавання, т; z - кількість годівель за добу.

При $z = 2$ маса суміші на одне роздавання становить $M_1 = 11,88 / 2 = 5,94$ т,

Таблиця 2.4 – Підсумкові результати розрахунку продуктивності технологічної лінії

Показник	Позначення	Розрахункове значення	Прийняте значення
Добова маса кормів без запасу	Мдоб	10,80 т	10,80 т
Добова маса кормів із запасом	Мр	11,88 т	11,88 т
Тривалість роботи лінії	Тд	4 год	4 год
Потрібна продуктивність лінії	Qл	3,49 т/год	3,5 т/год
Маса суміші на одне роздавання	М1	5,94 т	5,94 т

Отримане значення продуктивності є прийнятним для ферми середньої потужності. Воно дозволяє виконати приготування і роздавання суміші протягом робочої зміни без утворення значних простоїв, але залишає резерв для сезонних змін раціону або збільшення частки об'ємних кормів.

2.4 Визначення кількості засобів механізації

Кількість машин і обладнання визначають за продуктивністю окремих операцій технологічного процесу. Основним агрегатом лінії приймається мобільний змішувач-кормороздавач місткістю 12 м³, який виконує завантаження, змішування, транспортування і роздавання кормової суміші. Технологічна схема процесу наведена на рис. 2.3.

Масу кормової суміші, яка може бути приготовлена за один цикл роботи змішувача, визначають за геометричною місткістю бункера, насипною густиною суміші та коефіцієнтом заповнення:

$$m_{зм} = V_{зм} \cdot \rho_c \cdot \varphi_z \quad (2.7)$$

де $m_{зм}$ - маса кормової суміші за один цикл роботи змішувача, т; $V_{зм}$ - місткість бункера змішувача, m^3 ; ρ_c - насипна густина кормової суміші, t/m^3 ; φ_z - коефіцієнт заповнення бункера.

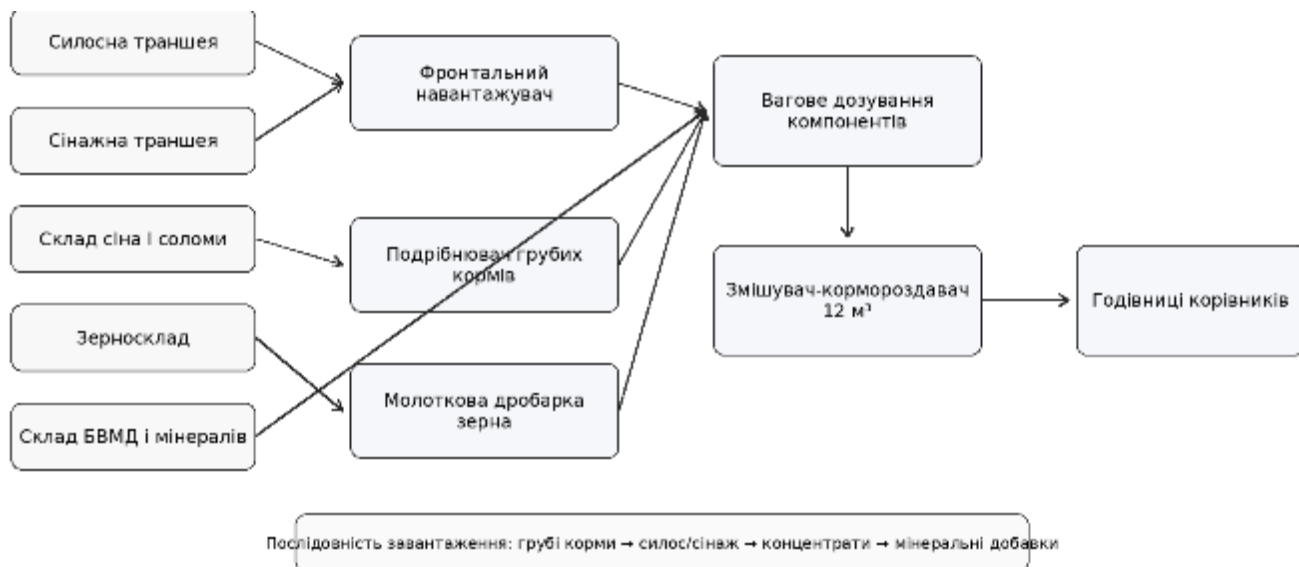


Рисунок 2.3 – Технологічна схема процесу приготування кормової суміші

Для змішувача місткістю $12\ m^3$ при $\rho_c = 0,36\ t/m^3$ і $\varphi_z = 0,85$ отримаємо:
 $m_{зм} = 12 \cdot 0,36 \cdot 0,85 = 3,67\ t$,

Кількість рейсів змішувача-кормороздавача за добу визначається як відношення розрахункової добової маси кормів до маси суміші, яка готується за один цикл:

$$n_p = M_p / m_{зм} \quad (2.8)$$

де n_p - кількість рейсів змішувача-кормороздавача за добу.

$n_p = 11,88 / 3,67 = 3,23$, Приймаємо 4 рейси за добу, що забезпечує розділення роботи між ранковою та вечірньою годівлею,

Фактична продуктивність змішувача-кормороздавача визначається через масу суміші за цикл і тривалість одного циклу. До циклу включено завантаження

компонентів, змішування, переїзд до корівника, роздавання та коротке очищення робочої зони:

$$Q_{\phi} = m_{\text{зм}}/t_{\text{ц}} \quad (2.9)$$

де Q_{ϕ} - фактична продуктивність змішувача, т/год; $t_{\text{ц}}$ - тривалість одного технологічного циклу, год.

Приймаємо $t_{\text{ц}} = 0,92$ год, Тоді $Q_{\phi} = 3,67 / 0,92 = 3,99$ т/год, що перевищує потрібну продуктивність лінії 3,5 т/год,

Для решти машин кількість визначають за співвідношенням потрібної продуктивності операції та паспортної продуктивності вибраного обладнання:

$$N = Q_{\text{п}}/(Q_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{м}}) \quad (2.10)$$

де N - потрібна кількість машин, шт.; $Q_{\text{п}}$ - потрібна продуктивність операції, т/год; $Q_{\text{м}}$ - продуктивність однієї машини, т/год; $\eta_{\text{м}}$ - коефіцієнт використання продуктивності машини.

Для дробарки зернових кормів добова маса концентратів становить 1,22 т, Якщо час роботи дробарки прийняти 1,5 год, а коефіцієнт використання 0,85, потрібна продуктивність становитиме $Q_{\text{п,др}} = 1,05$ т/год, Тому доцільно прийняти молоткову дробарку продуктивністю не менше 1,5 т/год,

Для подрібнення сіна і соломи розрахункова маса грубих кормів становить 1,10 т/добу, За тривалості роботи 1,2 год та коефіцієнта використання 0,80 потрібна продуктивність дорівнює 1,26 т/год, Приймаємо подрібнювач грубих кормів продуктивністю 1,5 т/год,

Місткість оперативного бункера для подрібнених концентратів визначають із умови зберігання дводенного запасу:

$$V_{\text{б}} = M_{\text{к}} \cdot z_{\text{з}}/\rho_{\text{к}} \quad (2.11)$$

де V_6 - місткість оперативного бункера, м^3 ; M_k - добова маса концентрованих кормів, т; z_3 - кількість днів запасу; ρ_k - насипна густина подрібнених концентратів, $\text{т}/\text{м}^3$.

За $M_k = 1,22$ т, $z_3 = 2$ доби, $\rho_k = 0,65$ $\text{т}/\text{м}^3$ одержуємо $V_6 = 3,76$ м^3 , Приймаємо оперативний бункер місткістю 4 м^3 ,

Таблиця 2.5 – Розрахунок і вибір засобів механізації технологічної лінії

Операція	Обсяг робіт, т/добу	Час ро- боти, год	Потрібна продук- тивність, т/год	Прийняте обладнання	Продук- тивність облад- нання	Кіль- кість, шт.
Завантаження си- лосу, сінажу та ін- ших компонентів	11,88	1,0	до 12,0	Фронталь- ний наван- тажувач	15 т/год	1
Подрібнення зер- нових концентра- тів	1,22	1,5	1,05	Молоткова дробарка зе- рна	1,5 т/год	1
Подрібнення сіна і соломи	1,10	1,2	1,26	Подрібню- вач грубих кормів	1,5 т/год	1
Дозування конче- нtratів і добавок	1,26	1,0	1,4	Шнековий транспортер з дозатором	2,0 т/год	1
Змішування і роз- давання кормової суміші	11,88	3,0– 4,0	3,49	Змішувач- корморозда- вач 12 м^3	3,99 т/год	1
Транспортування агрегату між об'єктами	-	за ци- клом	-	Трактор класу 1,4	60–80 к.с.	1

Результати розрахунку показують, що для ферми СФГ «Хуторське» достатньо однієї технологічної лінії, яка включає один мобільний змішувач-кормороздавач, один трактор, один фронтальний навантажувач, одну дробарку зернових кормів, один подрібнювач грубих кормів та допоміжні засоби дозування. Прийнята компоновка забезпечує виконання добового обсягу робіт із технологічним запасом.

Таблиця 2.6 – Комплект машин і обладнання для проектованої лінії приготування кормів

Найменування машини або обладнання	Основне призначення	Основний параметр	Кількість, шт.	Примітка
Змішувач-кормороздавач типу ІСРК-12Ф або аналог	Змішування і роздавання кормової суміші	12 м ³	1	з ваговим контролем
Трактор класу 1,4	Агрегатування кормороздавача	60–80 к.с.	1	для роботи у двох корівниках
Фронтальний навантажувач	Завантаження силосу, сінажу і грубих кормів	не менше 15 т/год	1	ковш 0,8–1,0 м ³
Молоткова дробарка зерна	Подрібнення концентратів	1,5 т/год	1	решета під крупність 2–4 мм
Подрібнювач грубих кормів	Підготовка сіна і соломи	1,5 т/год	1	для довгостеблової маси

Найменування машини або обладнання	Основне призначення	Основний параметр	Кількість, шт.	Примітка
Шнековий транспортер з дозатором	Подача концентратів і добавок	2,0 т/год	1	подача у змішувач
Оперативний бункер концентратів	Короткочасне зберігання по-дрібненого зерна	4 м ³	1	запас до 2 діб
Електронні ваги або вагова система змішувача	Контроль рецепта	похибка до 1–2 %	1 комплект	для підвищення точності дозування

Прийнятий комплект обладнання дає змогу виконувати технологічний процес у такій послідовності: підготовка концентрованих і грубих кормів, завантаження об'ємних компонентів, контрольне дозування за рецептом, змішування, транспортування та роздавання. При цьому найбільш відповідальною операцією є дозування, оскільки саме вона визначає відповідність фактичної кормової суміші розрахунковому раціону.

Для забезпечення сталої роботи лінії рекомендується організувати ранкову підготовку основної частини суміші для дійних корів, а вечірню годівлю виконувати з урахуванням залишків у годівницях. Під час зміни якості силосу або сінажу необхідно коригувати масу компонентів у рецепті, не змінюючи загальної логіки роботи технологічної лінії.

2.5 Висновки

У розділі розроблено технологічний процес приготування кормів для ферми ВРХ СФГ «Хуторське» з поголів'ям 368 голів зі шлейфом. Обґрунтовано

доцільність використання технології повнораціонної кормової суміші, яка забезпечує рівномірне введення об'ємних, грубих, концентрованих і мінеральних компонентів.

За прийнятими добовими нормами годівлі визначено сумарну потребу у кормах - 10,80 т/добу, З урахуванням технологічного запасу розрахункова маса кормів становить 11,88 т/добу, Необхідна продуктивність лінії прийнята на рівні 3,5 т/год, що забезпечує виконання добового обсягу робіт протягом установленого часу,

Визначено, що для виконання технологічного процесу достатньо одного змішувача-кормороздавача місткістю 12 м³, одного трактора, одного фронтального навантажувача, однієї зернової дробарки, одного подрібнювача грубих кормів і допоміжного обладнання для дозування концентратів. Прийнята лінія має технологічний резерв і може бути використана як основа для подальшого конструктивного або організаційного удосконалення процесу кормоприготування.

3 РОЗРОБКА ПОДРІБНЮВАЧА СІНА

У технологічній лінії приготування кормів для ферми ВРХ СФГ «Хуторське» операція підготовки грубих кормів має важливе значення, оскільки сіно і солома входять до складу кормової суміші та впливають на її структуру, сипкість і рівномірність змішування. У цьому розділі розглядається удосконалення подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50 з адаптацією його робочих органів до подрібнення сіна для подальшого введення у повнораціонну кормову суміш [1, 2].

Необхідність розробки пояснюється тим, що довгостеблове сіно у незмінному вигляді погано дозується, нерівномірно розподіляється у змішувачі та може спричиняти вибіркове поїдання кормів тваринами. Тому подрібнювач повинен забезпечувати стабільну крупність частинок, достатню продуктивність, безпечну подачу матеріалу і надійну роботу в умовах кормоцеху середньої ферми.

3.1 Стан питання

Грубі корми у раціонах великої рогатої худоби виконують не лише поживну, а й структурну функцію. Вони забезпечують нормальну роботу рубця, підвищують вміст ефективної клітковини в раціоні та стабілізують процес жуйки. Разом з тим надмірна довжина стебел ускладнює механізоване дозування, транспортування і змішування, а також збільшує можливість розшаровування кормової суміші [2, 3].

На фермах із прив'язним утриманням ВРХ сіно часто надходить у кормоцех у вигляді пресованих тюків або рулонів. Перед змішуванням та роздаванням його необхідно розпушити, відокремити від грудок і подрібнити до розміру, який не погіршує поїдання, але дозволяє рівномірно розподілити матеріал у суміші.

Особливо актуальним це є для ліній, де використовується змішувач-кормороздавач, адже надто довгі стебла збільшують час змішування та навантаження на привід.

Поширені подрібнювачі грубих кормів працюють за принципом різання, розривання, удару, тертя або поєднання цих способів. Для сіна найдоцільнішим є комбінований вплив: попереднє різання стебел ножами ротора, подальше руйнування пучків у зоні деки та вивантаження повітряним потоком або механічним транспортером. Така схема дозволяє отримати менш пилоподібний продукт порівняно з чисто молотковим подрібненням.

Таблиця 3.1 – Основні проблеми підготовки сіна до змішування

Проблема	Причина виникнення	Наслідок для технології	Напрямок усунення
Нерівномірна довжина стебел	неоднакова структура тюків, зношені ножі	розшарування суміші, вибіркоче поїдання	регульований роторно-ножовий апарат
Зависання матеріалу в бункері	мала сипкість і переплетення стебел	переривчаста подача, простої	притискний щиток і транспортер подачі
Підвищене пило-виділення	надмірно інтенсивне ударне руйнування	погіршення умов праці, втрати поживних частинок	зменшення зазору лише в зоні дорізання
Потрапляння металевих домішок	залишки дроту, скоби, сторонні предмети	пошкодження ножів і деки	магнітний уловлювач перед ротором

Отже, стан питання свідчить, що для умов господарства потрібний не просто подрібнювач високої продуктивності, а машина з можливістю стабілізації подачі, регулювання ступеня подрібнення та захисту робочих органів від сторонніх домішок.

3.2 Зоотехнічні вимоги до подрібнювачів грубих кормів

Зоотехнічні вимоги до подрібнення грубих кормів пов'язані з необхідністю збереження поживності, забезпеченням доброї поїданості та можливістю рівномірного змішування компонентів раціону. Подрібнення не повинно перетворювати сіно на пилоподібну масу, оскільки дрібнодисперсна фракція гірше поїдається, сприяє втратам корму і погіршує санітарні умови в кормоцеху [2, 4].

Таблиця 3.2 – Зоотехнічні та технологічні вимоги до подрібнювача сіна

Показник	Рекомендоване значення	Обґрунтування
Середня довжина частинок сіна	30–50 мм	достатня структурність і добра змішуваність
Частка надмірно довгих частинок	не більше 10–15 %	зменшення розшарування суміші
Частка пилоподібної фракції	не більше 5 %	зменшення втрат і запиленості
Вологість сіна під час подрібнення	14–18 %	забезпечення різання без заминання
Рівномірність подачі	без перерв і зависань	стабільне навантаження на привід
Наявність захисту від металу	обов'язково	захист ножів, ротора і оператора
Можливість регулювання ступеня подрібнення	передбачити	пристосування до якості сіна та структури раціону

Для проектованої лінії приймаємо, що подрібнене сіно повинно вводитися у змішувач у такому стані, щоб не утворювати довгих пучків, але зберігати структурну дію у раціоні. Тому розрахунки ріжучого апарата виконуються з урахуванням продуктивності 1,5 т/год і середньої довжини частинок 30–50 мм.

3.3 Огляд подрібнювачів грубих кормів

Для подрібнення грубих кормів використовують барабанні, дискові, молоткові, ножові та комбіновані машини. Вибір конструкції залежить від виду корму, вологості, потрібної крупності частинок, продуктивності та способу включення машини у технологічну лінію.

Таблиця 3.3 – Порівняльна характеристика конструкцій подрібнювачів грубих кормів

Тип подрібнювача	Принцип дії	Переваги	Недоліки	Доцільність для сіна
Барабанний ножовий	різання стебел ножами барабана об протирізальну пластину	рівномірна довжина різки, простота регулювання	чутливість до сторонніх предметів	доцільний для контрольованої подачі
Дисковий	різання ножами, закріпленими на диску	компактність, добра якість різання	обмежена ширина завантаження	придатний для невеликих потоків

Тип подрібнювача	Принцип дії	Переваги	Недоліки	Доцільність для сіна
Молотковий	ударне руйнування і протирання крізь решето	універсальність, висока інтенсивність подрібнення	значне пилотиділення, висока енергоємність	обмежено, якщо потрібна структурність
Роторно-ножовий з декою	різання, розривання і дорізання в зазорі деки	поєднання продуктивності та регулювання крупності	потребує балансування ротора і догляду за ножами	найдоцільніший для проекту
Шнековий подрібнювач	подача і розривання витками шнека	добра подача матеріалу	менш стабільна фракція, намотування волокна	можливий як допоміжний вузол

Порівняння показує, що для проєктованих умов найбільш прийнятним є роторно-ножовий подрібнювач з регульованою декою. Він дозволяє об'єднати різання стебел, розпушування пучків, часткове дорізання і направлене вивантаження подрібненої маси. Саме тому як базова конструкція приймається подрібнювач рослинних матеріалів ІРМ-50.

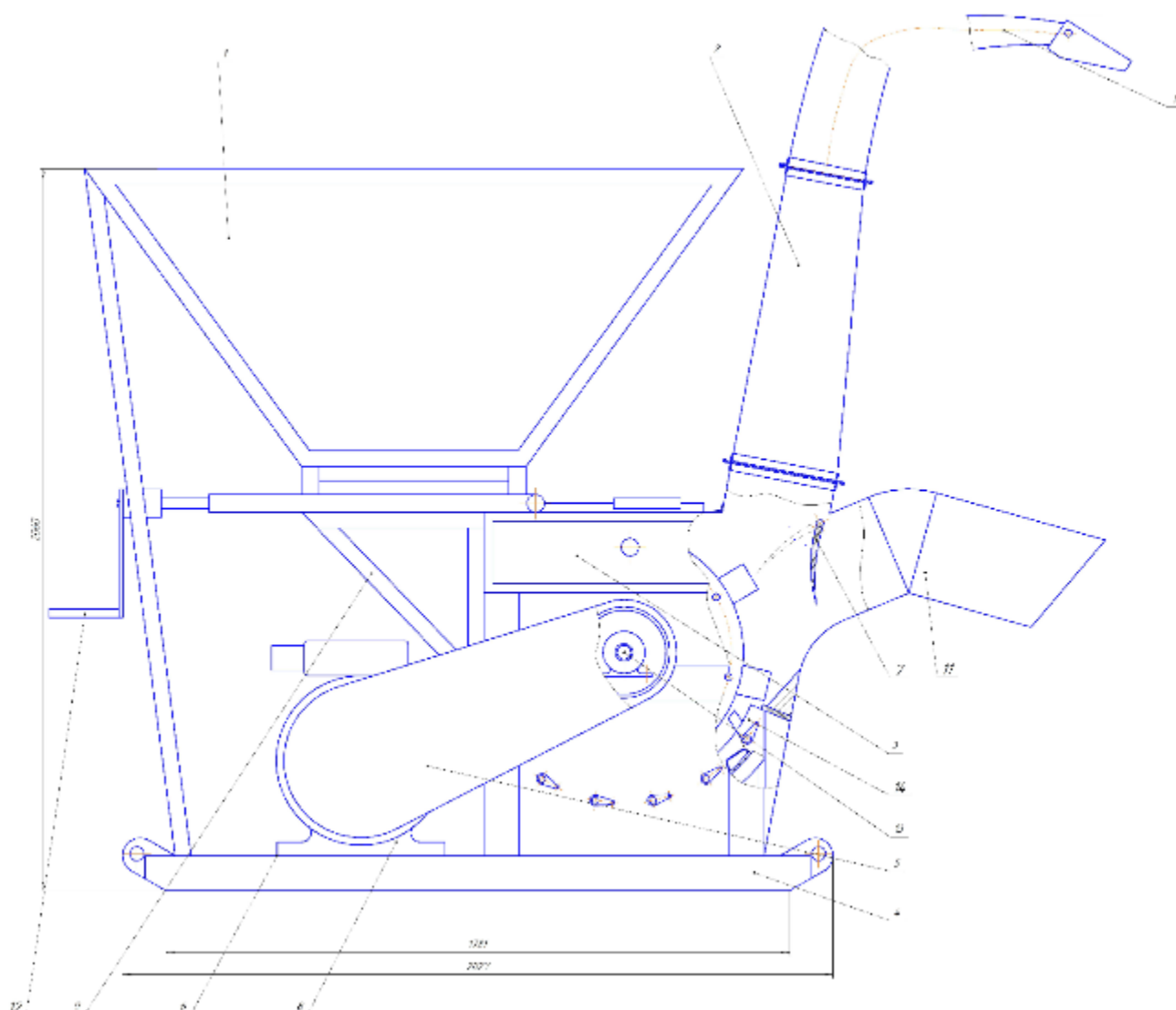


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50

Базовий ІРМ-50 містить приймальний бункер, транспортер подачі, роторний робочий орган, деку з протирізальними елементами, електропривід, вивантажувальний канал і регулювальні заслінки. За конструкцією машина має достатній резерв міцності та продуктивності, однак під час роботи із сіном потребує пристосування до волокнистого матеріалу, який має низьку насипну густину і схильність до зависання.

3.4 Розробка конструкції подрібнювача сіна

Удосконалення подрібнювача ІРМ-50 пропонується виконати без зміни загальної компоновки машини. Основні зміни стосуються зони подачі, ріжучого апарата, деки та вивантаження. Такий підхід є доцільним, оскільки дозволяє використати існуючий корпус, приводну раму і частину стандартних вузлів, а модернізацію зосередити на тих елементах, які найбільше впливають на якість подрібнення сіна.

Передбачається встановлення секційного ротора з ножами, розміщеними у шаховому порядку по довжині вала. Перша зона ротора виконує захоплення та попереднє різання стебел, друга зона забезпечує дорізання і розпушування, а третя формує потік матеріалу до вивантажувального патрубку. Для зменшення намотування сіна на вал ножі повинні мати відкритий профіль, а бокові диски ротора - мінімальні кишень, в яких може накопичуватися волокниста маса.

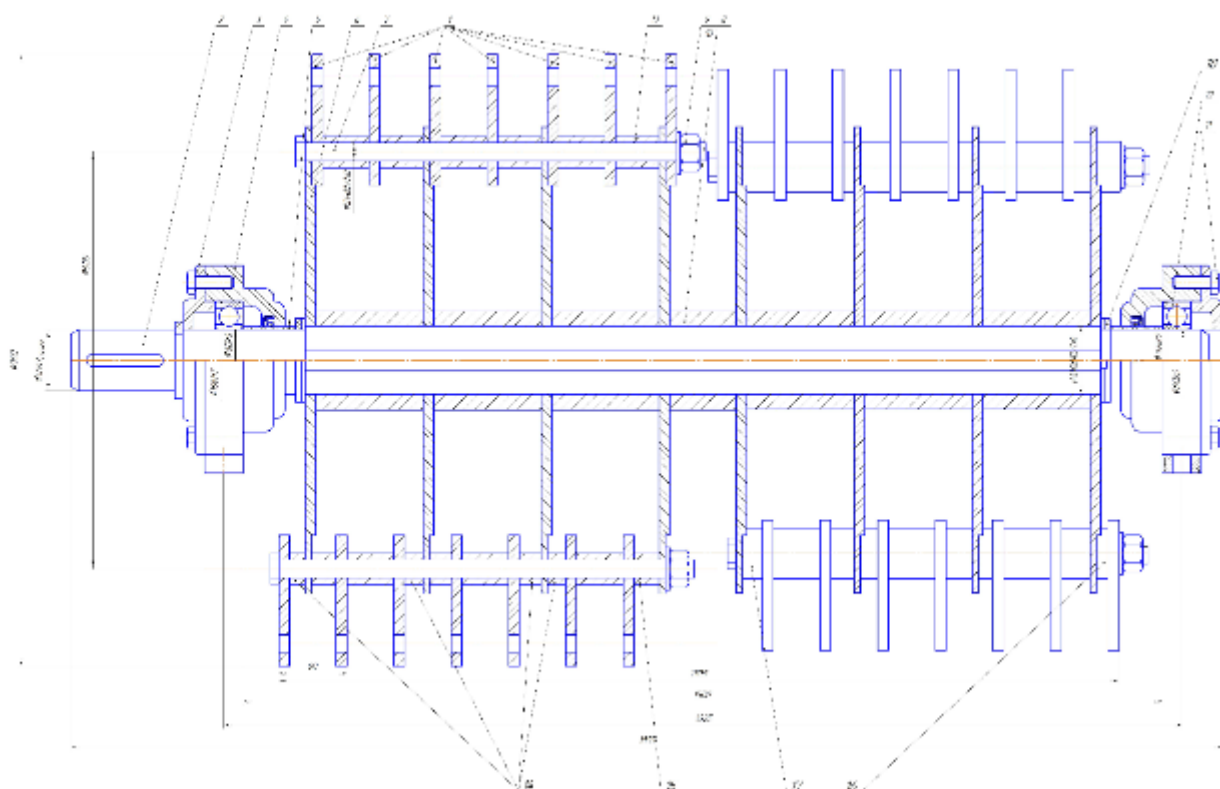


Рисунок 3.2 – Ротор подрібнювача з ножовими секціями

Деку пропонується виконати регульованою. Зазор між ножами ротора і протирізальними елементами змінюється у межах 8–15 мм. При меншому зазорі підвищується інтенсивність дорізання, а при більшому - зменшується енергоємність і частка дрібної фракції. Протирізальні ножі доцільно виконати змінними, з можливістю перестановки після зношування робочої кромки.

Для стабілізації подачі матеріалу у приймальному бункері передбачено притискний щиток, який запобігає викиданню сіна назад і зменшує пульсацію подачі. На вході у робочу камеру встановлюється магнітний уловлювач для затримання металевих домішок. У вивантажувальному каналі передбачено регульований дефлектор, що дозволяє направляти подрібнений матеріал у причіп, бункер або безпосередньо до змішувача.

Ротор, показаний на рис. 3.2, є основним робочим органом машини. Удосконалення передбачає використання секційного розміщення ножів, що зменшує нерівномірність навантаження на вал і забезпечує більш плавне входження стеблової маси у зону різання. Після монтажу ножів ротор обов'язково підлягає статичному і динамічному балансуванню.



Рисунок 3.3 – Функціональна схема удосконаленого подрібнювача сіна

Таблиця 3.4 – Запропоновані конструктивні удосконалення подрібнювача

Вузол	Базове виконання	Запропоноване удосконалення	Очікуваний результат
Приймальний бункер	звичайне завантаження маси	притискний щиток і обмежувач шару	рівномірніша подача сіна
Ротор	ножі без спеціального поділу за зонами	секційне розміщення ножів у шаховому порядку	зменшення пульсації навантаження
Дека	фіксований або обмежено регульований зазор	регульована дека 8–15 мм зі змінними ножами	контроль крупності частинок
Вхідна зона	відсутність спеціального захисту	магнітний уловлювач перед ротором	захист ножів від металу
Вивантаження	нерегульований напрям потоку	дефлектор і заслінка вивантаження	подача у змішувач або бункер
Обслуговування	тривала заміна зношених елементів	змінні ножі і швидкознімні кришки	скорочення простоті

Таким чином, проектне удосконалення спрямоване не на збільшення граничної продуктивності машини, а на покращення якості подрібнення сіна, зменшення енерговитрат при роботі з волокнистою масою та підвищення експлуатаційної надійності.

3.5 Розрахунок основних параметрів подрібнювача

Розрахунок основних параметрів виконується для умов роботи подрібнювача у складі проекрованої лінії приготування кормів. За даними розділу 2 добова

потреба ферми в сіні становить 0,755 т, у соломі - 0,341 т. З урахуванням технологічного запасу і часу роботи подрібнювача приймаємо розрахункову продуктивність близько 1,5 т/год.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку подрібнювача сіна

Показник	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Добова потреба в сіні	M_c	0,755	т/добу
Добова потреба в соломі	$M_{сол}$	0,341	т/добу
Коефіцієнт технологічного запасу	k_z	1,10	-
Час роботи подрібнювача	T_p	1,0	год
Коефіцієнт використання часу	$\eta_{\text{ч}}$	0,80	-
Діаметр ротора	D_p	0,62	м
Частота обертання ротора	n_p	2000	об/хв
Питома енергоємність подрібнення сіна	$\epsilon_{\text{п}}$	18	кДж/кг
ККД приводу	$\eta_{\text{пр}}$	0,85	-

Потрібну продуктивність подрібнювача визначаємо за добовою масою грубих кормів, коефіцієнтом технологічного запасу та фактичним часом роботи машини:

$$Q_{\text{п}} = \frac{(M_c + M_{\text{сол}}) \cdot k_z}{T_p \cdot \eta_{\text{ч}}} \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{п}}$ - потрібна продуктивність подрібнювача, т/год; M_c - добова маса сіна, т; $M_{\text{сол}}$ - добова маса соломи, т; k_z - коефіцієнт технологічного запасу; T_p - час роботи подрібнювача, год; $\eta_{\text{ч}}$ - коефіцієнт використання часу зміни.

Підставляючи прийняті значення, одержуємо: $Q_p = (0,755 + 0,341) \cdot 1,10 / (1,0 \cdot 0,80) = 1,51$ т/год. Для подальших розрахунків приймаємо $Q_p = 1,5$ т/год.

Колова швидкість ножів ротора є одним з основних кінематичних параметрів, що визначає інтенсивність різання та здатність машини захоплювати стеблову масу:

$$v_p = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_p}{60} \quad (3.2)$$

де v_p - колова швидкість ножів ротора, м/с; D_p - діаметр ротора, м; n_p - частота обертання ротора, об/хв.

За $D_p = 0,62$ м і $n_p = 2000$ об/хв маємо: $v_p = 3,14 \cdot 0,62 \cdot 2000 / 60 = 64,9$ м/с. Отримане значення знаходиться в робочому діапазоні для роторно-ножового подрібнення стеблових матеріалів.

3.5.1 Визначення потужності на привід

Потужність на подрібнення визначаємо за питомою енергоємністю процесу. Для сухого сіна приймаємо питому енергоємність $e_p = 18$ кДж/кг. У розрахунку враховуємо ККД приводу, втрати на тертя і нерівномірність подачі.

$$P_p = \frac{Q_p \cdot 1000 \cdot e_p}{3600 \cdot \eta_{пр}} \quad (3.3)$$

де P_p - розрахункова потужність на подрібнення, кВт; e_p - питома енергоємність подрібнення, кДж/кг; $\eta_{пр}$ - ККД приводу.

$$P_p = 1,5 \cdot 1000 \cdot 18 / (3600 \cdot 0,85) = 8,86 \text{ кВт.}$$

Встановлену потужність електродвигуна визначаємо з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$P_{вст} = k_{п} \cdot P_p \quad (3.4)$$

де $P_{\text{вст}}$ - потрібна встановлена потужність двигуна, кВт; $k_{\text{п}}$ - коефіцієнт запасу потужності.

$P_{\text{вст}} = 1,30 \cdot 8,86 = 11,52$ кВт. Для адаптованого до умов ферми варіанта приймаємо електродвигун потужністю 15 кВт. Якщо використовується штатний ІРМ-50 з електродвигуном 90 кВт, машина працюватиме з великим резервом потужності, що бажано компенсувати регулюванням подачі та роботою без перевантажень.

3.5.2 Розробка ріжучого апарату

Ріжучий апарат приймається роторно-ножового типу з регульованою декою. Робочий процес складається з подачі шару сіна транспортером, захоплення стебел ножами, різання об протирізальні елементи, дорізання у зазорі деки та вивантаження подрібненої маси.

Подачу матеріалу до ротора визначає продуктивність транспортера. Для шару сіна прямокутного перерізу продуктивність подачі можна записати у вигляді:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{3600 \cdot B \cdot h \cdot v_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot \varphi_{\text{п}}}{1000} \quad (3.5)$$

де $Q_{\text{тр}}$ - продуктивність подачі, т/год; B - ширина транспортера, м; h - висота шару сіна, м; $v_{\text{п}}$ - швидкість подачі, м/с; $\rho_{\text{с}}$ - насипна густина сіна, кг/м³; $\varphi_{\text{п}}$ - коефіцієнт заповнення шару.

Звідси потрібна швидкість подачі транспортера:

$$v_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{тр}} \cdot 1000}{3600 \cdot B \cdot h \cdot \rho_{\text{с}} \cdot \varphi_{\text{п}}} \quad (3.6)$$

де $v_{\text{п}}$ - розрахункова швидкість подачі матеріалу до ротора, м/с.

За $Q_{\text{тр}} = 1,51$ т/год, $B = 0,75$ м, $h = 0,10$ м, $\rho_c = 80$ кг/м³ і $\phi_{\text{п}} = 0,45$ отримаємо:
 $v_{\text{п}} = 0,155$ м/с. Приймаємо регульовану швидкість подачі $0,12\text{--}0,18$ м/с.

Кількість секцій ножів на довжині ротора приймаємо за допустимим кроком розміщення ножових дисків:

$$z_c = \frac{L_p}{s_n} \quad (3.7)$$

де z_c - кількість ножових секцій; L_p - робоча довжина ротора, м; s_n - крок розміщення секцій, м.

За $L_p = 1,30$ м і $s_n = 0,09$ м одержуємо $z_c = 1,30 / 0,09 = 14,4$. Приймаємо 15 секцій. Якщо в кожній секції встановити по два ножі, загальна кількість ножів становитиме $z_n = 30$ шт.

Частоту проходження ножових кромок через робочу зону визначаємо за формулою:

$$f_p = \frac{z_n \cdot n_p}{60} \quad (3.8)$$

де f_p - частота проходження ножових кромок, с⁻¹; z_n - загальна кількість ножів на роторі, шт.

$f_p = 30 \cdot 2000 / 60 = 1000$ с⁻¹. Велика частота контакту з матеріалом забезпечує плавніший процес руйнування пучків і зменшує пульсацію навантаження на привід.

Таблиця 3.6 – Прийняті параметри ріжучого апарата

Параметр	Позначення	Прийняте значення	Примітка
Діаметр ротора	D_p	0,62 м	За базовою конструкцією

Параметр	Позначення	Прийняте значення	Примітка
Робоча довжина ротора	L_p	1,30 м	за кресленням ротора
Частота обертання	n_p	2000 об/хв	прийнята за базовою машиною
Колова швидкість ножів	v_p	64,9 м/с	розраховано
Кількість ножових секцій	z_c	15	за кроком 0,09 м
Загальна кількість ножів	z_n	30	по два ножі в секції
Зазор між ножем і декою	δ_d	8–15 мм	регульований
Швидкість подачі	v_{Π}	0,12–0,18 м/с	регульована

3.5.3 Міцнісні розрахунки

Міцнісні розрахунки виконуються для найбільш навантажених елементів: ножа, вала ротора, шпонкового з'єднання і підшипникових опор. Для перевірки вала приймаємо граничний режим за штатною потужністю базової машини 90 кВт, що створює запас міцності для модернізованого варіанта.

Розрахункове зусилля на один ніж визначаємо через потужність подрібнення, колову швидкість ножів і коефіцієнт динамічності:

$$F_H = \frac{k_d \cdot P_p}{i_o \cdot v_p} \quad (3.9)$$

де F_H - розрахункове зусилля на один ніж, Н; k_d - коефіцієнт динамічності; i_o - кількість ножів, що одночасно беруть участь у різанні.

$$F_H = 3,0 \cdot 8863 / (2 \cdot 64,9) = 205 \text{ Н.}$$

Напруження згину в ножі прямокутного перерізу визначаємо за залежністю:

$$\sigma_H = \frac{6 \cdot F_H \cdot l_H}{b_H \cdot \delta_H^2} \quad (3.10)$$

де σ_H - напруження згину ножа, МПа; l_H - виліт робочої частини ножа, м; b_H - ширина ножа, м; δ_H - товщина ножа, м.

За $l_H = 0,09$ м, $b_H = 0,05$ м, $\delta_H = 0,006$ м отримаємо $\sigma_H = 61,4$ МПа. Для сталі 65Г або аналогічної конструкційної сталі після термообробки допустиме напруження приймається не менше 160 МПа, тому умова міцності виконується.

Крутний момент на валу ротора за граничною потужністю базового приводу визначаємо за формулою:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot P_{дв}}{n_p} \quad (3.11)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент на валу, Н·м; $P_{дв}$ - потужність електродвигуна, кВт; n_p - частота обертання ротора, об/хв.

$$M_{кр} = 9550 \cdot 90 / 2000 = 429,8 \text{ Н·м.}$$

Дотичні напруження у валу при крученні визначаємо за формулою:

$$\tau_B = \frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot d_B^3} \quad (3.12)$$

де τ_B - дотичне напруження у валу, МПа; d_B - діаметр вала, м.

За $d_B = 0,055$ м маємо $\tau_B = 13,2$ МПа. З урахуванням концентрації напружень приймаємо $\tau_{кв} = 2\tau_B = 26,3$ МПа, що менше допустимого значення для сталевго вала, тому діаметр 55 мм є достатнім.

Перевірку шпонкового з'єднання виконуємо за напруженнями зминання:

$$p_{\text{ш}} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{d_{\text{в}} \cdot h_{\text{ш}} \cdot l_{\text{ш}}} \quad (3.13)$$

де $p_{\text{ш}}$ - напруження зминання у шпонковому з'єднанні, МПа; $h_{\text{ш}}$ - робоча висота шпонки, мм; $l_{\text{ш}}$ - робоча довжина шпонки, мм.

Для $d_{\text{в}} = 55$ мм, $h_{\text{ш}} = 9$ мм і $l_{\text{ш}} = 70$ мм одержуємо $p_{\text{ш}} = 24,8$ МПа. Це менше допустимого значення 80–100 МПа, тому прийнята шпонка забезпечує передачу крутного моменту.

Орієнтовну довговічність підшипників визначаємо за базовою залежністю для кулькових підшипників:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_p} \cdot (C/P)^3 \quad (3.14)$$

де L_{10h} - розрахункова довговічність підшипника, год; C - динамічна вантажопідйомність, кН; P - еквівалентне навантаження, кН.

За $C = 35$ кН, $P = 3,2$ кН і $n_p = 2000$ об/хв одержуємо $L_{10h} = 10904$ год. Це достатньо для роботи подрібнювача у сезонному режимі кормоцеху за умови своєчасного змащування і контролю стану підшипникових опор.

Таблиця 3.7 – Основні результати розрахунку подрібнювача сіна

Показник	Розрахункове значення	Прийняте значення	Висновок
Потрібна продуктивність	1,51 т/год	1,5 т/год	забезпечує добову потребу
Колова швидкість ножів	64,9 м/с	65 м/с	відповідає роторно-ножовому процесу
Розрахункова потужність	8,86 кВт	15 кВт	з запасом для адаптованої машини

Показник	Розрахункове значення	Прийняте значення	Висновок
Кількість ножових секцій	14,4	15 секцій	рівномірне навантаження ротора
Загальна кількість ножів	30 шт.	30 шт.	шахове розміщення
Напруження згину ножа	61,4 МПа	< 160 МПа	міцність забезпечена
Напруження кручення вала	26,3 МПа	< 45 МПа	міцність забезпечена
Напруження зми- нання шпонки	24,8 МПа	< 80–100 МПа	з'єднання придатне
Довговічність під- шипника	10904 год	> 8000 год	ресурс достатній

Отримані результати підтверджують можливість використання удосконаленого роторно-ножового апарата для подрібнення сіна у складі лінії приготування кормів. Конструкція має резерв за потужністю та міцністю, а основні регулювання дозволяють пристосовувати машину до якості сировини.

3.6 Висновки

У розділі проаналізовано умови подрібнення сіна та обґрунтовано необхідність удосконалення подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50 для роботи у складі технологічної лінії приготування кормів на фермі ВРХ. Встановлено, що основними вимогами до машини є рівномірність подачі, стабільна крупність подрібнення, зменшення пиловиділення та захист робочих органів від сторонніх домішок.

Запропоновано конструктивні удосконалення: секційний ротор з шаховим розміщенням ножів, регульовану деку з протиризальними елементами, притискний щиток у бункері, магнітний уловлювач і регульований вивантажувальний дефлектор. Такі зміни спрямовані на підвищення якості підготовки сіна до змішування та зменшення технологічних відмов.

Розрахунками визначено, що потрібна продуктивність подрібнювача становить 1,51 т/год, колова швидкість ножів - 64,9 м/с, розрахункова потужність на подрібнення - 8,86 кВт. Для адаптованого варіанта прийнято електродвигун 15 кВт, а для штатної базової машини ІРМ-50 підтверджено наявність значного резерву потужності. Міцнісні розрахунки ножів, вала, шпонкового з'єднання і підшипників показали працездатність прийнятих конструктивних параметрів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги охорони праці при приготуванні кормів

Охорона праці під час приготування кормів на фермі великої рогатої худоби є важливою умовою безпечної експлуатації технологічної лінії. Робота пов'язана з використанням подрібнювачів, транспортерів, дозувальних пристроїв, змішувачів, електродвигунів і допоміжного інструменту. При цьому на працівників можуть діяти рухомі робочі органи машин, ножовий апарат, обертові вали, пасові та ланцюгові передачі, підвищений рівень шуму, пилу і вібрації.

Організація безпечних умов праці повинна здійснюватися відповідно до Закону України «Про охорону праці», Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві, вимог електробезпеки та чинних нормативних документів щодо навчання і перевірки знань працівників. Відповідальність за справний стан обладнання, проведення інструктажів, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та контроль за дотриманням вимог безпеки покладається на керівника виробничої дільниці.

До виконання робіт з приготування кормів допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та перевірку знань. Оператор повинен знати будову подрібнювача, порядок його запуску і зупинки, правила завантаження кормової сировини, місце розташування аварійного вимикача, а також порядок дій у разі несправності або травмування.

Робоче місце біля подрібнювача повинно бути достатньо освітленим, сухим, очищеним від залишків корму, сторонніх предметів, мастильних матеріалів і тари. Проходи до машин не можна захащувати. Підлога має бути рівною, неслизькою та зручною для переміщення працівника. У зоні утворення пилу необхідно забезпечити вентиляцію, а за потреби використовувати респіратори.

Усі рухомі та обертові частини машин повинні мати захисні кожухи. Забороняється експлуатувати подрібнювач із відкритими люками, знятими огороженнями, пошкодженими електричними проводами, несправними пусковими пристроями або ослабленими кріпленнями ножів. Електродвигун, пускова апаратура та металеві частини обладнання мають бути заземлені або занулені.

Перед початком роботи необхідно перевірити стан завантажувального бункера, ротора, деки, протирізальних ножів, вивантажувального патрубку, привода та захисних пристроїв. Особливу увагу слід приділяти відсутності сторонніх предметів у камері подрібнення, оскільки металеві включення, дрід, каміння або тверді домішки можуть спричинити руйнування робочих органів і травмування працівника.

Пуск технологічної лінії дозволяється виконувати лише після попередження працівників, які перебувають поблизу обладнання. Завантаження сіна, соломи або інших грубих кормів повинно бути рівномірним, без різкого переваження ротора. Не допускається проштовхувати матеріал руками, ногами, металевими прутами або випадковими предметами. Для цього слід використовувати тільки штатні або спеціально передбачені допоміжні пристрої.

Під час роботи подрібнювача забороняється відкривати кришки, знімати огороження, виконувати очищення, регулювання, змащування, підтягування кріплень або заміну ножів. У разі забивання робочої камери машину необхідно зупинити, відключити від електромережі, дочекатися повної зупинки ротора і лише після цього очищати її спеціальним інструментом.

Оператор повинен працювати у справному спецодязі, який щільно прилягає до тіла і не має вільно звисаючих частин. Волосся необхідно прибрати під головний убір. Для захисту органів зору, дихання та слуху слід використовувати захисні окуляри, респіратор і протишумові засоби, якщо умови роботи цього потребують.

Після завершення роботи обладнання слід вимкнути, від'єднати від джерела живлення, очистити від залишків корму та оглянути. Усі виявлені несправ-

ності потрібно повідомити відповідальній особі. Залишати подрібнювач у несправному стані або передавати його наступній зміні без попередження забороняється.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні чинники при приготуванні кормів

Небезпечний чинник	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Рухомі робочі органи	Захоплення одягу, травмування рук	Захисні кожухи, робота тільки при закритих люках
Ножовий апарат подрібнювача	Порізи, удари, руйнування деталей	Очищення і ремонт лише після повної зупинки
Пил від грубих кормів	Подразнення органів дихання	Вентиляція, респіратор, регулярне прибирання
Електрообладнання	Ураження електричним струмом	Заземлення, справна ізоляція, відключення перед ремонтом
Шум і вібрація	Втома, зниження уваги, професійні ризики	Контроль технічного стану, протишумові засоби

4.2 Інструкція з охорони праці для оператора подрібнювача

До самостійної роботи оператором подрібнювача допускається працівник, який пройшов навчання, інструктажі з охорони праці, перевірку знань і має практичні навички безпечного обслуговування машини. Оператор зобов'язаний виконувати лише доручену роботу, не допускати до обладнання сторонніх осіб і не залишати подрібнювач без нагляду під час роботи.

Основними небезпечними зонами подрібнювача є завантажувальний бункер, камера подрібнення, ротор з ножами, протирізальні елементи, привідні передачі, електродвигун і вивантажувальний патрубок. Під час експлуатації заборонено торкатися рухомих частин, знімати огороження, нахилитися над бункером та очищати машину до повної зупинки ротора.

Перед початком роботи оператор повинен:

- одягнути спецодяг, застібнути рукави, прибрати волосся під головний убір і підготувати засоби індивідуального захисту;
- оглянути подрібнювач, перевірити кріплення ножів, стан деки, ротора, бункера, привода, захисних кожухів і пускової апаратури;
- переконатися у відсутності сторонніх предметів у завантажувальному бункері та камері подрібнення;
- перевірити справність заземлення, цілісність електропроводки та доступність аварійного вимикача;
- запустити машину на холостому ході і переконатися у відсутності стороннього шуму, стуку, надмірної вібрації або запаху перегрітої ізоляції.

Під час роботи оператор повинен подавати корм рівномірно, без перевантаження подрібнювача. Не допускається проштовхування матеріалу руками або металевими предметами. Якщо корм затримується у бункері, слід скористатися спеціальним дерев'яним штовхачем або зупинити машину для усунення причини. Подавання корму з дротом, камінням, металевими деталями, мотузками та іншими сторонніми включеннями забороняється.

У процесі роботи необхідно стежити за рівномірністю виходу подрібненої маси, температурою підшипників, роботою електродвигуна і відсутністю підвищеної вібрації. При появі стуку, іскріння, диму, запаху горілого або різкого зменшення продуктивності подрібнювач слід негайно зупинити. Продовжувати роботу дозволяється тільки після виявлення та усунення причини несправності.

Оператору забороняється:

- працювати без захисних кожухів, із відкритими люками або несправними блокувальними пристроями;
- очищати, ремонтувати, змащувати чи регулювати машину під час її роботи;
- передавати керування обладнанням особам, які не мають відповідного допуску;
- залишати працюючий подрібнювач без нагляду;

– виконувати роботу у стані втоми, алкогольного або іншого сп'яніння, а також без засобів індивідуального захисту.

У разі забивання робочої камери необхідно припинити подавання корму, вимкнути електродвигун, відключити машину від електромережі та дочекатися повної зупинки ротора. Тільки після цього допускається відкривати люк і очищати камеру спеціальним інструментом. Під час очищення не можна використовувати випадкові металеві предмети, які можуть пошкодити робочі органи або залишитися всередині машини.

В аварійній ситуації оператор повинен негайно зупинити обладнання, відключити живлення, попередити працівників, які перебувають поблизу, та повідомити керівника робіт. При травмуванні працівника необхідно надати домедицину допомогу, викликати медичних працівників і не змінювати обстановку на місці події, якщо це не створює додаткової небезпеки.

При ураженні електричним струмом насамперед необхідно відключити електроживлення. До зняття напруги не можна торкатися потерпілого незахищеними руками. У разі пожежі слід зупинити машину, відключити електроживлення і використати порошковий або вуглекислотний вогнегасник. Електрообладнання, що перебуває під напругою, заборонено гасити водою.

Після закінчення роботи оператор повинен припинити подавання корму, дати машині звільнитися від залишків матеріалу, вимкнути електродвигун, відключити обладнання від електромережі та дочекатися повної зупинки ротора. Після цього необхідно очистити бункер, робочу камеру, вивантажувальний канал і робочу зону, оглянути стан ножів, кріплень, підшипників, пасів і захисних кожухів.

Виявлені несправності потрібно записати в журнал технічного обслуговування або повідомити відповідальну особу. Спецодяг та засоби індивідуального захисту після роботи слід очистити від пилу та зберігати у встановленому місці. Робоче місце необхідно залишити чистим, проходи - вільними, а інструмент - покладеним у відведене місце.

4.3 Висновки

У розділі розглянуто основні вимоги охорони праці при приготуванні кормів на фермі великої рогатої худоби. Встановлено, що найбільшу небезпеку для оператора становлять рухомі робочі органи подрібнювача, ножовий апарат, електрообладнання, пил, шум, вібрація та можливість травмування під час завантаження або очищення машини.

Для забезпечення безпечної роботи необхідно підтримувати обладнання у справному технічному стані, використовувати захисні кожухи, не допускати роботи з відкритими люками, своєчасно проводити інструктажі, навчання і перевірку знань працівників. Оператор подрібнювача повинен працювати у спецодязі та користуватися засобами індивідуального захисту.

Запропонована інструкція визначає порядок безпечної роботи перед початком зміни, під час виконання технологічного процесу, в аварійних ситуаціях і після завершення роботи. Дотримання цих вимог дає змогу знизити ризик травмування, підвищити надійність експлуатації обладнання та забезпечити безпечні умови праці під час приготування кормів.

Нормативну основу розділу становлять Закон України «Про охорону праці», Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, а також загальні вимоги електробезпеки під час експлуатації виробничого обладнання.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1 Вихідні дані

Економічну оцінку виконано для умов молочної ферми СФГ «Хуторське», де утримується 368 голів великої рогатої худоби зі шлейфом. У дипломному проєкті розглянуто удосконалення технологічного процесу приготування кормів із використанням модернізованого подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50. Основною метою удосконалення є підвищення рівномірності подрібнення грубих кормів, зменшення тривалості підготовки кормової суміші та скорочення витрат ручної праці.

Таблиця 5.1 - Орієнтовна структура витрат на реалізацію удосконалення

Стаття витрат	Сума, тис. грн	Частка, %
Виготовлення та балансування удосконаленого ротора	82,0	27,8
Комплект ножів, протирізальних елементів і кріплень	46,0	15,6
Відновлення деки, решіт та вивантажувального каналу	38,0	12,9
Підшипникові вузли, пасова передача, захисні кожухи	52,0	17,6
Електроапаратура, пускозахисні елементи, кабельна продукція	29,0	9,8
Монтаж, налагодження та випробування	33,0	11,2
Непередбачені витрати та транспортні витрати	15,0	5,1
Разом	295,0	100,0

Порівняння проведено для двох варіантів: базового, за якого приготування грубих кормів виконується на наявному обладнанні з підвищеною часткою ручних операцій, та удосконаленого, що передбачає застосування модернізова-

ного подрібнювача з оновленим ріжучим апаратом, протирізальними елементами, захисними кожухами і раціональнішою подачею матеріалу. До складу експлуатаційних витрат включено оплату праці з нарахуваннями, витрати електроенергії, технічне обслуговування і ремонт, а також амортизаційні відрахування.

Вартість реалізації удосконалення враховує виготовлення або придбання змінних елементів ротора, комплекту ножів і протирізальних пластин, відновлення деки, заміну частини приводних елементів, установлення захисних кожухів, електромонтажні роботи та витрати на налагодження обладнання. Структуру капітальних вкладень наведено в табл. 5.1.

5.2 Результати економічної оцінки

Економічний результат від впровадження удосконалення формується за рахунок скорочення тривалості роботи лінії приготування кормів, зменшення кількості працівників, підвищення надійності подрібнювача та зниження витрат на технічне обслуговування. Незважаючи на дещо більшу встановлену потужність удосконаленого варіанта, фактичні річні витрати електроенергії зменшуються завдяки меншій тривалості роботи обладнання протягом доби.

У базовому варіанті найбільшу частку експлуатаційних витрат становить оплата праці, оскільки подавання та контроль проходження грубих кормів потребують участі трьох працівників. Після модернізації процес стає більш стабільним, подача матеріалу рівномірнішою, а обслуговування лінії може виконуватися двома працівниками. Це створює основну частину річної економії.

З наведених результатів видно, що впровадження удосконаленого подрібнювача дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати з 786,8 до 527,3 тис. грн. Загальне скорочення витрат становить 259,5 тис. грн на рік. Найбільший

вплив має економія праці, оскільки модернізація зменшує потребу у ручному супроводженні процесу приготування кормів. Додатково зменшуються витрати на ремонт, бо оновлений ріжучий апарат і стабільніше завантаження знижують ударні навантаження на приводні та робочі елементи.

Таблиця 5.2 - Порівняння річних експлуатаційних витрат

Стаття витрат	Базовий варіант, тис. грн/рік	Удосконалений варіант, тис. грн/рік	Відхилення, тис. грн/рік
Оплата праці з нарахуваннями	481,8	240,9	-240,9
Електроенергія	185,0	160,4	-24,6
Технічне обслуговування і ремонт	78,0	56,0	-22,0
Амортизаційні відрахування	42,0	70,0	+28,0
Разом експлуатаційні витрати	786,8	527,3	-259,5

Амортизаційні відрахування в удосконаленому варіанті зростають через появу додаткових капітальних вкладень. Проте це збільшення перекривається скороченням витрат на оплату праці, електроенергію і поточне обслуговування. Узагальнені показники економічної ефективності подано в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Основні результати економічної оцінки

Показник	Значення
Капітальні вкладення у реалізацію удосконалення, тис. грн	295,0
Річні експлуатаційні витрати у базовому варіанті, тис. грн/рік	786,8
Річні експлуатаційні витрати в удосконаленому варіанті, тис. грн/рік	527,3
Річна економія експлуатаційних витрат, тис. грн/рік	259,5
Зниження експлуатаційних витрат, %	33,0
Орієнтовний термін окупності, років	1,14

Отримані результати свідчать, що удосконалення є економічно доцільним для господарства. Орієнтовний термін окупності становить близько 1,14 року,

тобто вкладені кошти можуть бути повернуті протягом першого-другого року експлуатації. Для ферми середньої потужності це є прийнятним показником, оскільки модернізація не потребує повної заміни технологічної лінії, а базується на доопрацюванні наявного подрібнювача.

Окрім прямої економії витрат, удосконалення має додатковий виробничий ефект. Поліпшення якості подрібнення сіна і соломи сприяє рівномірнішому змішуванню компонентів раціону, зменшенню вибіркового поїдання корму та підвищенню технологічної дисципліни під час приготування кормової суміші. Ці результати не включалися до основної економічної оцінки, тому фактична ефективність впровадження може бути дещо вищою.

5.3 Висновки

У розділі виконано економічну оцінку розробленого удосконалення подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50 для технологічного процесу приготування кормів на фермі ВРХ. Порівняння проведено за основними експлуатаційними витратами: оплатою праці, електроенергією, технічним обслуговуванням, ремонтом і амортизацією.

Встановлено, що застосування удосконаленого варіанта дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати на 259,5 тис. грн, або приблизно на 33,0 %. Найбільша частина економії досягається за рахунок скорочення трудомісткості процесу та зменшення кількості працівників, зайнятих на операції приготування кормів.

Орієнтовна вартість реалізації удосконалення становить 295,0 тис. грн, а термін окупності - близько 1,14 року. Отже, запропоноване технічне рішення є економічно обґрунтованим, не потребує значних капітальних вкладень і може бути рекомендоване для впровадження у СФГ «Хуторське» з метою підвищення ефективності приготування кормів.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У дипломному проєкті розроблено технологічний процес приготування кормів на фермі великої рогатої худоби СФГ «Хуторське», розташованого у Дніпропетровській області, Синельниківському районі, село Миколаївка. Господарство має молочний напрям тваринництва та утримує 368 голів ВРХ зі шлейфом. Встановлено, що на фермі застосовується прив'язний спосіб утримання тварин, а рівень механізації основних виробничих процесів є достатнім для виконання поточних робіт, проте процес приготування кормів потребує удосконалення.

У результаті аналізу існуючої технології встановлено, що основними недоліками кормоприготування є нерівномірне подрібнення грубих кормів, недостатня якість змішування компонентів, підвищені витрати ручної праці та втрати кормової маси під час виконання окремих операцій. Це негативно впливає на якість раціону, стабільність годівлі та продуктивність молочного стада.

У другому розділі обґрунтовано технологічну схему приготування кормів для ВРХ, визначено добову потребу ферми в основних видах кормів, розраховано продуктивність технологічної лінії та підібрано необхідні машини й обладнання. Запропонована схема передбачає послідовне виконання операцій приймання, подрібнення, дозування, змішування та подачі кормової суміші до місця згодовування.

У третьому розділі розроблено удосконалення подрібнювача рослинних матеріалів ІРМ-50 для підвищення ефективності подрібнення сіна та інших грубих кормів. Запропоновані конструктивні зміни спрямовані на поліпшення роботи ріжучого апарата, зменшення нерівномірності фракційного складу подрібненої маси, підвищення надійності роботи машини та зниження енерговитрат. Виконані розрахунки підтвердили працездатність запропонованого удосконалення.

У розділі охорони праці розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники, які виникають під час приготування кормів і роботи подрібнювача. Розроблено інструкцію з охорони праці для оператора подрібнювача, у якій наведено вимоги безпеки перед початком роботи, під час виконання технологічного процесу, в аварійних ситуаціях і після завершення роботи. Дотримання цих вимог забезпечує зниження ризику травмування працівників і підвищує безпеку експлуатації обладнання.

Економічна оцінка показала доцільність впровадження запропонованого удосконалення. За рахунок зменшення втрат кормів, скорочення витрат праці, підвищення якості підготовки кормової суміші та раціональнішого використання обладнання очікується зниження експлуатаційних витрат і поліпшення економічних показників роботи ферми. Термін окупності впровадження є прийнятним для умов господарства.

Отже, розроблений технологічний процес приготування кормів і запропоноване удосконалення подрібнювача сіна мають практичне значення для СФГ «Хуторське». Їх впровадження дозволить підвищити рівень механізації кормоприготування, покращити якість кормової суміші, зменшити втрати кормів і створити кращі умови для стабільної продуктивності великої рогатої худоби.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ВНТП-АПК-01.05. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). Київ: Міністерство аграрної політики України, 2005.
2. Ібатуллін І. І., Кононенко В. К., Столюк В. Д. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин. Київ: Аграрна освіта, 2009.
3. Ібатуллін І. І. та ін. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин. Київ: Аграрна наука, 2016.
4. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва. Київ: Кондор, 2010.
5. Кравчук В. І., Луценко М. М., Мечта М. П. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів. Київ: Фенікс, 2008.
6. Єгоров, Б. В. (2011). Технологія виробництва комбікормів. Одеса: Друкарський дім.
7. Ревенко, І. І., Брагінець, М. В., & Ребенко, В. І. (2009). Машини та обладнання для тваринництва. Київ: Кондор.
8. Скляр, О. Г., & Скляр, Р. В. (2012). Механізація технологічних процесів у тваринництві. Мелітополь: ТДАТУ.
9. Машини та обладнання для агропромислового комплексу: довідкові матеріали з проектування технологічних ліній кормоприготування. (2018). Київ.
10. ДСТУ ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків.
11. ДСТУ EN ISO 13857:2016. Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання досягненню небезпечних зон верхніми та нижніми кінцівками.
12. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування.
13. Довідник з механізації виробництва продукції тваринництва. (2017). Київ: Аграрна освіта.
14. Скляр, Р. В., Скляр, О. Г., Болтянська, Н. І., Мілько, Д. О., & Болтянський, Б. В. (2019). Машини, обладнання та їх використання в тваринництві. Київ:

Видавничий дім «Кондор». URL: <https://elar.tsatu.edu.ua/bitstreams/4ad765d8-0a55-4613-ad49-4faba258070c/download>

15. Ревенко, І. І., Брагінець, М. В., & Ребенко, В. І. (2016). Машини та обладнання для тваринництва. Київ: Кондор.

16. Ревенко, І. І., Хмельовський, В. С., Заболотько, О. О., та ін. (2017). Машини і обладнання для тваринництва. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М.

17. Ревенко, І. І., Заболотько, О. О., & Хмельовський, В. С. (2019). Машиновикористання у тваринництві. Київ: ЦП «Компринт».

18. Бойко, І. Г., Грідасов, В. І., Дзюба, А. І., та ін. (2003). Курсове та дипломне проектування по механізації тваринницьких ферм / за ред. О. В. Нанки. Харків: НМЦ ХНТУСГ.

19. Зінченко, О. І. (2005). Кормовиробництво (2-ге вид., доп. і перероб.). Київ: Вища освіта. URL: https://www.isgkr.com.ua/images/sampled/data/doc/literatura/kormovirobnictvo_zinchenko_o_i.pdf

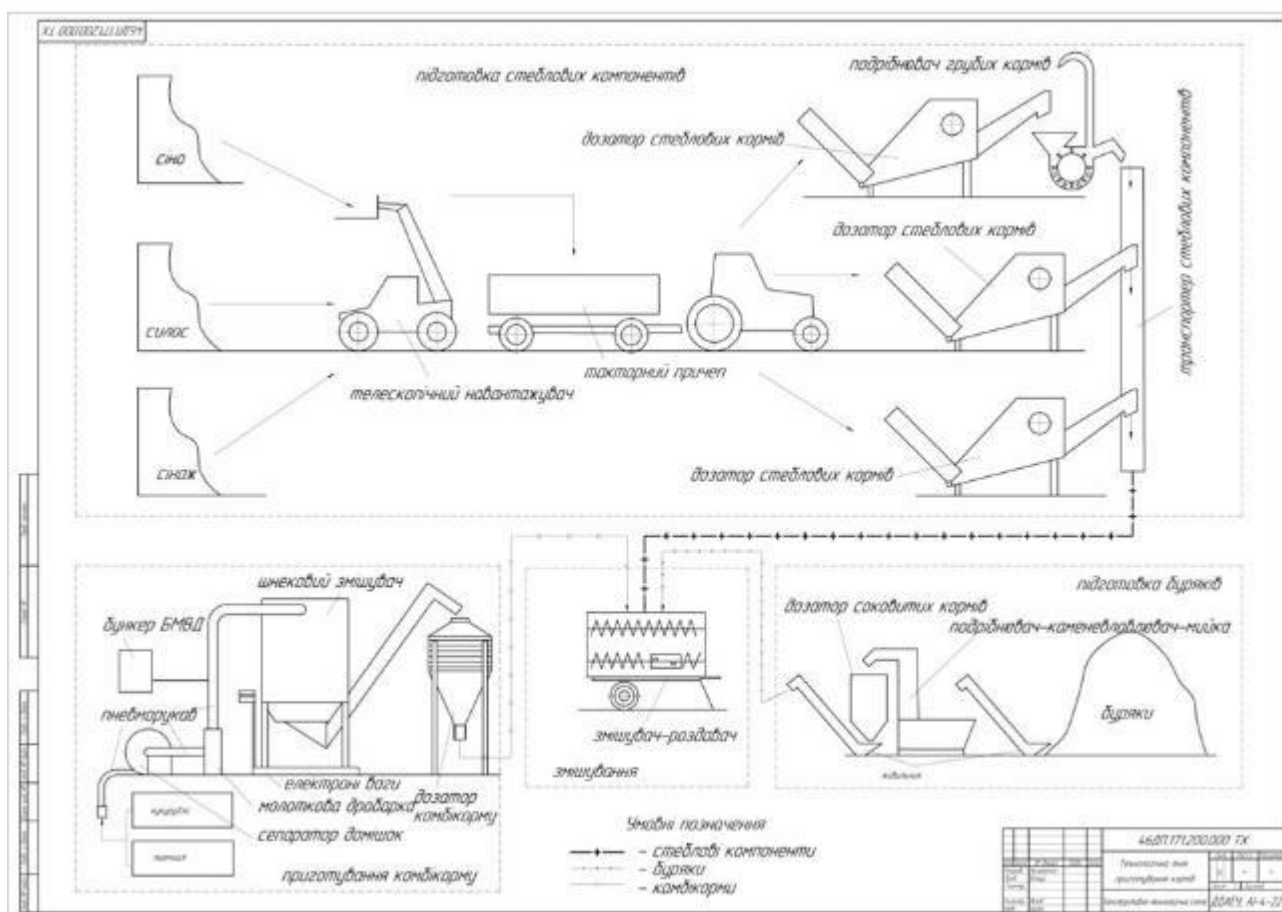
20. Богданов, Г. О., & Кандиба, В. М. (2012). Норми і раціони годівлі високопродуктивної великої рогатої худоби. Київ: Аграрна наука.

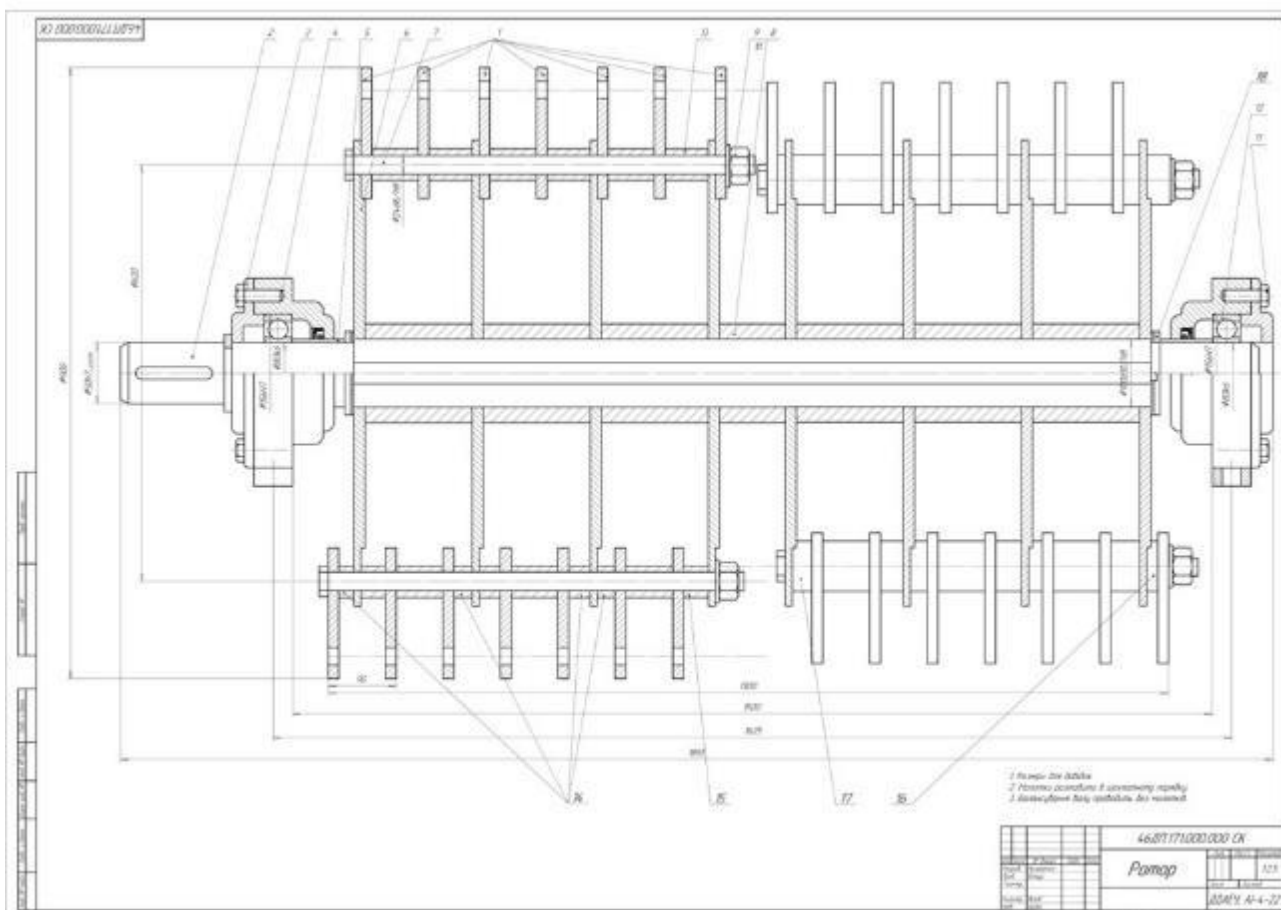
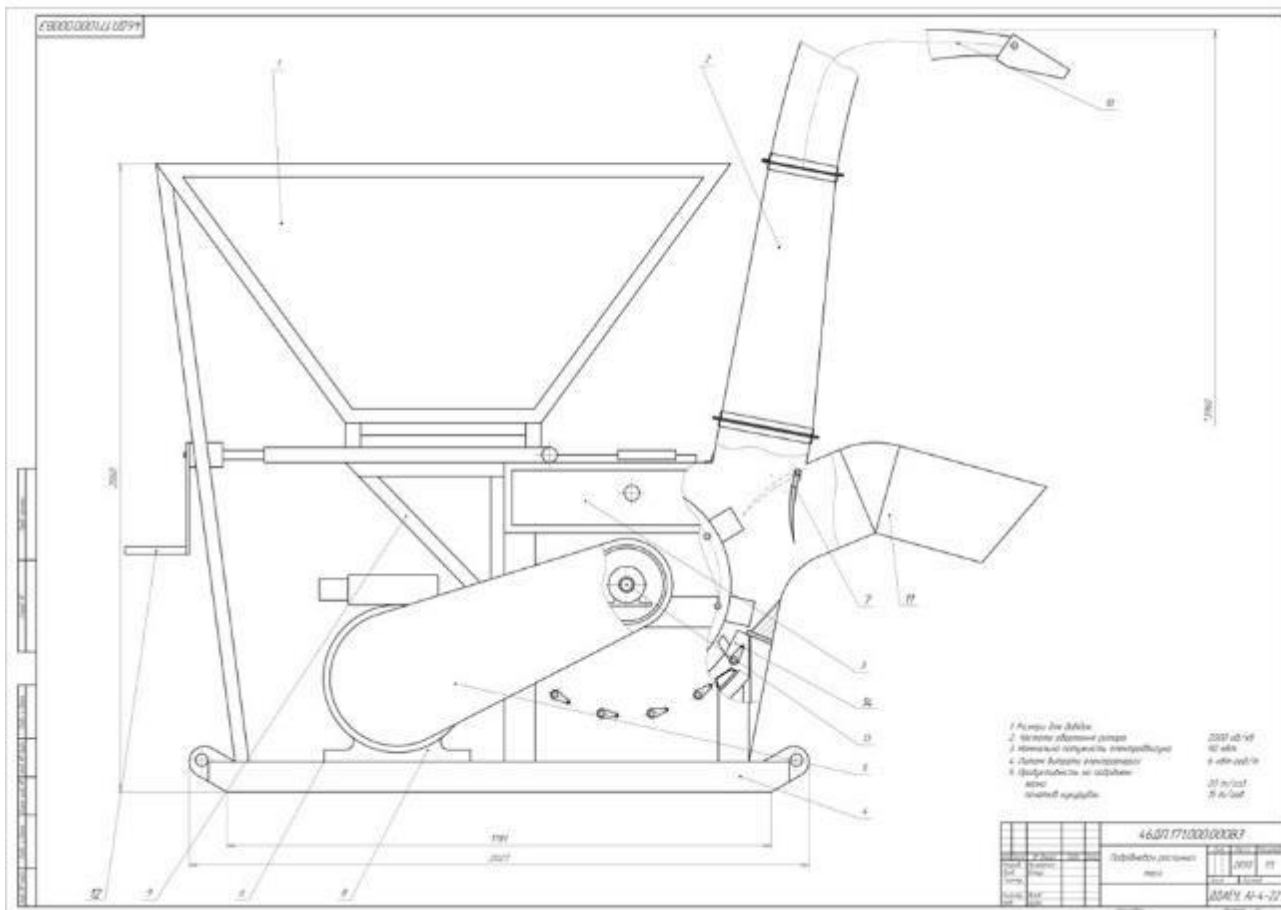
21. Костенко, В. І. (2020). Технологія виробництва молока і яловичини. Київ: Ліра-К.

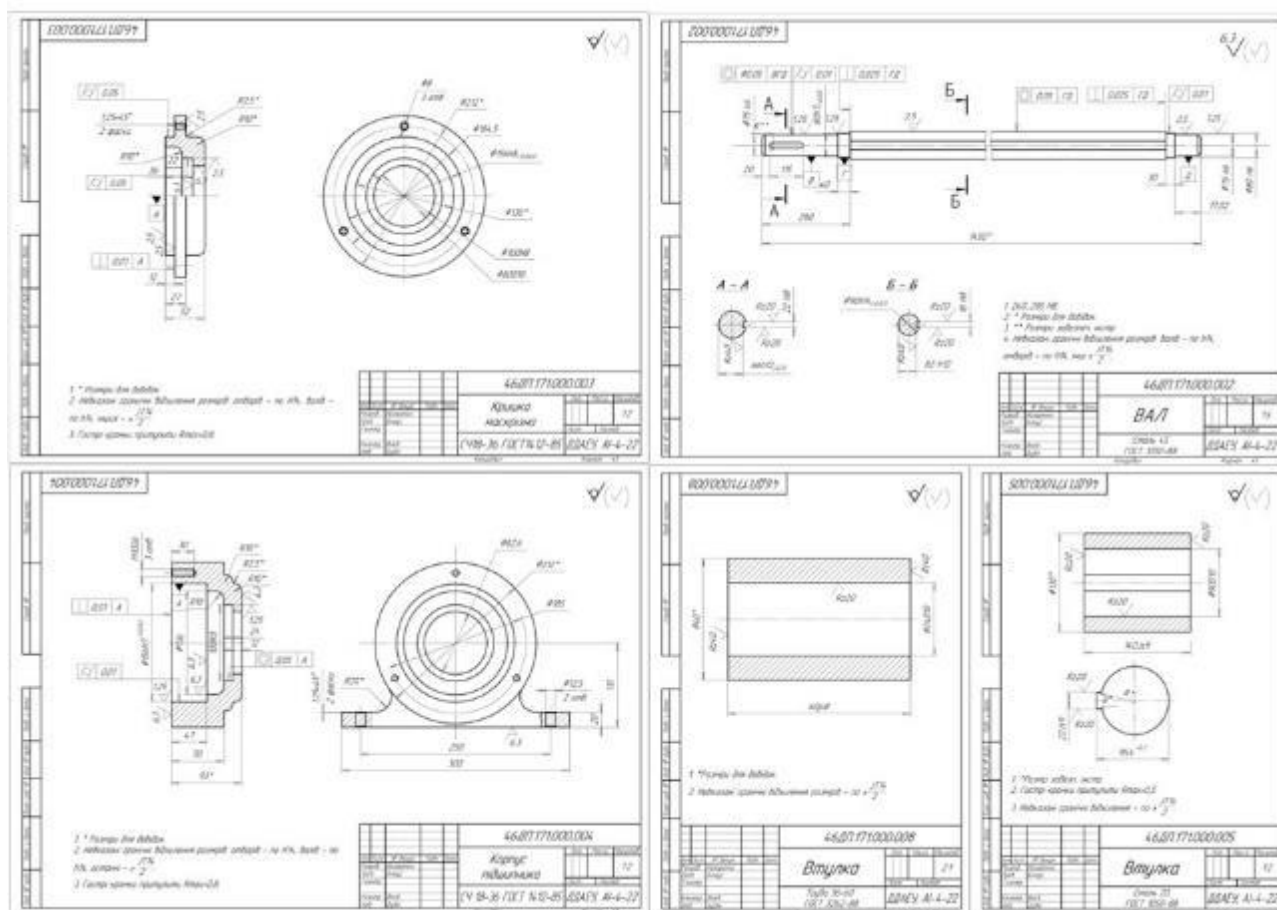
22. Бусенко, О. Т., Столюк, В. Д., Штомпель, М. В., та ін. (2001). Технологія виробництва продукції тваринництва / за ред. О. Т. Бусенка. Київ: Аграрна освіта. URL: https://kizman-tehn.com.ua/wp-content/uploads/2017/09/1busenko_o_t_red_tekhnologiya_virobnitstva_produktsiyi_tvarin-1.pdf

23. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). Nutrient Requirements of Dairy Cattle (8th rev. ed.). Washington, DC: The National Academies Press. URL: <https://www.nationalacademies.org/projects/DELS-BANR-13-02/publication/25806>

ДОДАТКИ







Основні небезпечні чинники при приготуванні кормів

Небезпечний чинник	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Рухомі робочі органи	Захоплення одягу, травмування рук	Захисні кожухи, робота тільки при закритих люках
Ножовий апарат подрібнювача	Порізи, удари, руйнування деталей	Очищення і ремонт лише після повної зупинки
Пил від грубих кормів	Подразнення органів дихання	Вентиляція, респіратор, регулярне прибирання
Електрообладнання	Ураження електричним струмом	Заземлення, справна ізоляція, відключення перед ремонтом
Шум і вібрація	Втома, зниження уваги, професійні ризики	Контроль технічного стану, протишумові засоби

46.01.17.1000.0001
Охорона праці
46.01.17.1000.0002

Показник / стаття витрат	Базовий варіант	Удосконалений варіант	Результат / відхилення
Річні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік			
Оплата праці з нарахуваннями	481,8	240,9	-240,9
Електроенергія	185,0	160,4	-24,6
Технічне обслуговування і ремонт	78,0	56,0	-22,0
Амортизаційні відрахування	42,0	70,0	+28,0
Разом експлуатаційні витрати	786,8	527,3	-259,5
Показники економічної ефективності			
Капітальні вкладення у реалізацію удосконалення, тис. грн	-	295,0	-
Річна економія експлуатаційних витрат, тис. грн/рік	-	-	259,5
Зниження річних експлуатаційних витрат, %	-	-	33,0
Орієнтовний термін окупності, років	-	-	1,14

Формат	Зона	Позиція.	Позначення	Найменування	Кіл-сть	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			46ДП.171.000.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	46ДП.171.001.000 СК	Бункер	1	
		2	46ДП.171.002.000 СК	Продуктопровід обгортки	1	
		3	46ДП.171.003.000 СК	Щиток	1	
		4	46ДП.171.004.000 СК	Рама	1	
		5	46ДП.171.005.000 СК	Кожух	1	
		6	46ДП.171.006.000 СК	Натяжний пристрій	2	
		7	46ДП.171.007.000 СК	Шибєр	1	
		9	46ДП.171.009.000 СК	Механізм завантаження	1	
		10	46ДП.171.010.000 СК	Дефлектор	1	
		11	46ДП.171.011.000 СК	Продуктопровід кукурудзи	1	
		12	46ДП.171.012.000 СК	Рукоять регулювання подачі	1	
A1		13	46ДП.171.013.000 СК	Ротор	1	
		14	46ДП.171.014.000 СК	Дека	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		8		Ел. двигун 4АМ250МЧУ2	1	
				ТУ 16-510.776-81		
				46ДП.171.000.000 СК		
	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Подрібнювач рослинної маси	
Розроб.	Назаренко					
Перевір.	Білоус					
Н.контр.	Івлєв					
Затв.	Дудін				ДДАЕУ, АІ-4-22	
					Лит.	Лист
						1
						2

[illegible]