

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Розробка конструкції дробарки концентрованих кормів»

КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти бакалавр
групи 133ГМбд_41
КИДАНЬ Єгор

Керівник: старший викладач
СКОРЯК Юлія

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма *«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»*
Спеціальність 133 *«Галузеве машинобудування»*
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри механічної
та електричної інженерії,
канд. техн. наук, доцент

Станіслав ПОПОВ
03 грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

КИДАНЬ Єгор

1. Тема роботи: «Розробка конструкції дробарки концентрованих кормів», керівник роботи **старший викладач СКОРЯК Юлія** затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – 01 червня 2026 р.
3. Вихідні дані до роботи: наукові публікації, стандарти та нормативні документи з питань розробки дробарок концентрованих кормів; матеріали сучасних досліджень процесів подрібнення зернових кормів; технічні характеристики існуючих моделей дробарок та показники їх роботи; довідкові матеріали з розрахунку робочих органів і приводу; дані щодо фізико-механічних властивостей концентрованих кормів та вимоги до надійності й безпеки обладнання.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Розділ 1. Загальний
Розділ 2. Технологічний
Розділ 3. Конструкторський
Розділ 4. Економіка, охорона праці та навколишнього середовища
5. Перелік графічного матеріалу: складальний кресленик (кресленик загального виду); складальний кресленик вузла, що виноситься на розгляд, і

входить до складу машини; робочий кресленик деталі та її заготовки; структура та зміст технологічних операцій обробки деталі; складальний кресленик технологічного оснащення або робочі кресленики деталей.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Практична реалізація розробок	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7. Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір і затвердження теми роботи	03.12.2025 р.	
2	Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу	03.12.2025 р. – 14.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел	18.12.2025 р. – 29.12.2025 р.	
4	Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи	04.01.2026 р. – 29.01.2026 р.	
5	Виконання розділів роботи	03.02.2026 р. – 16.04.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи	03.02.2026 р. – 16.04.2026 р.	
7	Попередній захист роботи на кафедрі	20.04.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль	24.04.2026 р.	
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій	27.04.2026 р. – 07.05.2026 р.	
10	Захист кваліфікаційної роботи	08.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Єгор КИДАНЬ
(підпис)

Керівник роботи _____ Юлія СКОРЯК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 45 сторінок друкованого тексту, містить 6 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел та графічну частину.

Об'єкт розробки – процес подрібнення концентрованих кормів у системі кормоприготування тваринницьких підприємств.

Предмет розробки – конструкція дробарки концентрованих кормів та її конструктивно-технологічні параметри.

Постановка актуальної технічної задачі – підвищення продуктивності та якості подрібнення концентрованих кормів шляхом удосконалення конструкції молоткової дробарки при одночасному зниженні енерговитрат і покращенні умов експлуатації обладнання.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробити конструкцію дробарки концентрованих кормів для використання у складі кормоцеху тваринницького підприємства та обґрунтувати її основні конструктивні й технологічні параметри.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра – полягає у можливості використання розробленої конструкції дробарки для підвищення ефективності підготовки концентрованих кормів, покращення якості готового продукту та зменшення експлуатаційних витрат у кормоцехах тваринницьких господарств.

У загальному розділі були наведені: аналіз існуючих технологій приготування кормів, характеристика кормоцехів та обладнання для підготовки кормових сумішей, а також огляд конструкцій подрібнювачів кормів і принципів їх роботи.

У технологічному розділі виконано розрахунок параметрів механізованого потокового виробництва для ферми на 400 голів ВРХ, обґрунтовано вибір кормоцеху КОРК-15, визначено потребу в кормах та розраховано технологічні лінії підготовки грубих, соковитих і концентрованих кормів.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У конструкторському розділі проведено аналіз конструкції дробарки КДУ-2,0, запропоновано її удосконалення, виконано розрахунок основних конструктивно-технологічних параметрів дробарки, визначено геометричні характеристики барабана, молотків та робочих органів машини.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** наведено економічне обґрунтування використання розробленого обладнання, визначено показники економічної ефективності технологічного процесу кормоприготування, розглянуто питання безпеки праці та охорони навколишнього середовища.

Практичні результати роботи – обґрунтовано конструкцію дробарки концентрованих кормів, визначено її технічні характеристики та розраховано основні параметри, що забезпечують продуктивність 3,15 т/год при потужності приводу 30 кВт.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати доцільно використовувати під час проектування, модернізації та експлуатації кормоцехів і ліній підготовки кормів на тваринницьких підприємствах.

Сфера застосування результатів роботи – тваринницькі ферми, кормоцехи, підприємства агропромислового комплексу, а також проектні та виробничі організації, що займаються розробленням і виготовленням обладнання для кормоприготування.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу Unichек, унікальність тексту – 94,46%.

АНОТАЦІЯ¹

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції дробарки концентрованих кормів для підвищення ефективності процесу кормоприготування на тваринницьких підприємствах. У роботі виконано аналіз існуючих конструкцій дробарок, обґрунтовано вибір технологічного обладнання кормоцеху та проведено розрахунок основних конструктивно-

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

технологічних параметрів удосконаленої дробарки. Практичне значення роботи полягає у підвищенні продуктивності подрібнення кормів, покращенні якості готового продукту та зниженні експлуатаційних витрат.

ДРОБАРКА КОНЦЕНТРОВАНІХ КОРМІВ, КОРМОЦЕХ, МОЛОТКОВА ДРОБАРКА, ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ, КОНЦЕНТРОВАНІ КОРМИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, КОНСТРУКЦІЯ, КОРМОПРИГОТУВАННЯ.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ	9
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	17
2.1 Розрахунок параметрів механізованого потокового виробництва	17
2.2 Обґрунтування технологічного процесу кормоприготування і вибір обладнання кормоцеху	19
2.3 Розрахунок лінії подачі грубих кормів	21
2.4 Розрахунок ПТЛ лінії коренеплодів	23
2.5 Розрахунок лінії підготовки концентрованих кормів	24
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	26
3.1 Обґрунтування конструкції розробки дробарки концентрованих кормів	26
3.2 Розрахунок конструктивних технологічних параметрів дробарки концентрованих кормів	30
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	34
4.1 Економіка	34
4.1.1 Розрахунок показників економічної ефективності процесу приготування кормів	34
4.2 Охорона праці та навколишнього середовища	40
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44
ДОДАТКИ	46

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Розробка конструкції дробарки концентрованих кормів	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Кидань Є.					6	46
Перевірив		Скоряк Ю.						
		Скоряк Ю.						
Н. Контр.								
Затв.		Попов С.				ПДАУ, 2026		

ВСТУП

Важливим напрямком зростання виробництва продукції тваринництва є підвищення продуктивності праці та продуктивності тварин.

На даний час у державі склалася така ситуація, що кожне господарство повинно само боротися за своє існування і працювати в умовах мінімальної підтримки з боку держави. У своїй роботі господарствам необхідно орієнтуватися в основному на ринки і товари, які мають високий попит як державних замовників так і приватних осіб.

При використанні інтенсивної технології обов'язково необхідно поновлювати машини та обладнання новими більш продуктивними зразками техніки, також шукати варіанти її найефективнішого використання робочого часу і затрат праці [1].

Ключовим пріоритетом сучасного аграрного сектору є нарощування обсягів і покращення якісних характеристик тваринницької продукції за умови мінімізації її собівартості. Наразі стратегічним завданням сільського господарства є суттєве підвищення ефективності молочного скотарства шляхом максимального використання власних кормів. Реалізація цієї мети можлива завдяки впровадженню інноваційних та модернізованих підходів до відгодівлі великої рогатої худоби. Досвід передових спеціалізованих підприємств доводить, що переведення молочного виробництва на промислову основу забезпечує скорочення питомих витрат кормової бази на 20–30%, а також дозволяє у 2–3 рази підвищити продуктивність тварин порівняно з традиційними фермами.

Ефективному використанню технічних засобів сприяє автоматизація керування робочим процесом окремих машин чи їх комплексів. При цьому забезпечується безперервність роботи, номінальне завантаження і максимальна продуктивність, вивільняється обслуговуючий персонал.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Комплексна реорганізація та модернізація технічної бази тваринницьких комплексів критично залежать від оптимізації параметрів технологічного устаткування. Це передбачає мінімізацію витрат на етапі проєктування і виготовлення машин, широку інтеграцію уніфікованих та стандартизованих елементів, а також цілеспрямоване зменшення металомісткості, габаритних розмірів і енергоспоживання привода. Реалізація зазначених інженерних рішень дозволяє суттєво підвищити надійність сільськогосподарських агрегатів, інтенсифікувати робочі процеси й у підсумку знизити витрати на одержання готової продукції. Успішне виконання цих вимог базується на глибоких профільних знаннях та аналітичних розрахунках.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

Процес підготовки кормової бази здійснюється у суворій відповідності до регламентованих зоотехнічних нормативів, розроблених для кожної категорії сировини та окремих технологічних операцій. Зокрема, залишковий рівень забрудненості коренебульбоплодів після їх очищення та миття не повинен перевищувати 2-3%. Оптимальна дисперсність подрібнених коренеплодів для великої рогатої худоби становить 5–15 мм, для свиней – 1–10 мм, а для свійської птиці – 3–4 мм. Проектуючи технологічні лінії приготування кормів, обов'язково враховують логістику їх розміщення на території господарства, специфіку заготівлі, тривалість зберігання та початкові якісні показники. При цьому складські приміщення для коренеплодів мають забезпечувати стабільність їхніх фізико-механічних властивостей протягом усього періоду зберігання.

Повноцінний раціон сучасного стада передбачає збалансованість майже за 20 ключовими показниками живлення. Використання оптимізованих кормових сумішей дозволяє скоротити загальні витрати кормової бази на 10–50% без втрати продуктивності поголів'я. Ключовим вектором підготовки кормів є забезпечення точного співвідношення незамінних елементів, зокрема сирого протеїну, каротину, амінокислотного складу та макро- і мікроелементів [1, 3]. Залежно від ухваленої технології згодовувачів, на базі кормоцехів виготовляють:

- сухі суміші (розсипні, гранульовані чи брикетовані) із вологістю в межах 12-15%;
- вологі мешанки (з умістом вологи 45-70%);
- рідкі кормові суспензії з показником вологості 75-95%.

До структури сучасних кормоцехів входять спеціалізовані потоково-технологічні лінії (ПТЛ): приготування комбикормів, виробництва сінного борошна, оброблення зеленої маси, а також лінія дозування, змішування та

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

видачі готових кормосумішей. Зазначені комплекси беруть свій початок безпосередньо від складських приміщень, силосних сховищ, бункерів для концентратів та сіносховищ. Оскільки на ділянках завантаження сировини безперервність процесу може порушуватися, у початкових ланках ліній подачі коренеплодів і комбікормів передбачено встановлення бункерів-накопичувачів (зокрема, живильників серій ТК-5, ТК-5Б чи ПК-6). Натомість у технологічній лінії виготовлення сінного борошна бункери технологічного запасу (наприклад, ПСМ-19) інтегрують на фінальній стадії – перед видачею продукту. Своєю чергою, лінія переробки зеленої маси через порівняно малі обсяги сировини та використання ручного завантаження не оснащується резервними м'сткостями. Для забезпечення санітарно-технічних вимог на ділянці миття та подрібнення кореневульбоплодів застосовують спеціалізовані фекальні (грязеві) насоси, які здійснюють безперервне підведення відпрацьованої брудної води та іламу.

У роботі представлено проект уніфікованого кормоцеху марки КЦК-5, розробленого у кількох технологічних варіантах для ферм із утримання великої рогатої худоби. Апаратно-конструктивну схему цього комплексу деталізовано на рисунку 2.4. Технологічна лінія обробки кореневульбоплодів у межах цього цеху базується на використанні мийки-подрібнювача ІКМ-5. Процес гомогенізації сумішей забезпечується змішувачами безперервної дії серій С-30, ІСК-3 або СК-10. Для чіткого дотримання раціону кожна потоково-технологічна лінія (ПТЛ) укомплектована відповідними ваговими чи об'ємними пристроями: дозатором стеблистого корму ДСК-30, дозатором коренеплодів ДС-15 та автоматичним дозатором концентратів ДК-10. Функцію приймальних живальників та накопичувачів об'ємистих (стеблистих) кормів виконують спеціалізовані бункери-дозатори БДК-Ф-70-20, тоді як для акумулювання і подачі комбікормів інтегровано бункери типу БСК-10 [2, 5].

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 – змішувальний агрегат меляси марки СМ-17; 2 – накопичувальний бункер концентрованих кормів БСК-10; 3 – дозувальний пристрій концентратів ДК-10; 4 – живильник силосних мас КТУ-1; 5 – живильник грубої кормової бази КТУ10-6; 6 – ваговий/об'ємний дозатор стеблистих кормів ДСК-30; 7 – стрічковий транспортер ТЛ-65; 8 – дозатор соковитих кормів ДС-15; 9 – мийна-подрібнювальна машина коренеплодів ІКМ-5; 10 – приймальний живильник коренебульбоплодів ТК-5; 11 – головний змішувач безперервної дії С-30; 12 – шнековий вивантажувальний конвеєр ШВС-30; 13 – мобільний кормороздавач КТУ-10; 14 – логістичний та асортотранспортний сектор; 15 – технічні засоби для навантаження вихідних компонентів ФН-1,4 та ПСК-5

Рисунок 1.1 Функціонально-технологічна схема кормоприготувального комплексу КЦК-5

Інтеграція дозувальних пристроїв у структуру ліній забезпечує високоточне подавання окремих компонентів кормової суміші до змішувального агрегату, що є базовою умовою для безперебійного функціонування змішувача безперервної дії.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Технологічний цикл виробництва кормосумішей на тваринницьких комплексах із вирощування великої рогатої худоби реалізується за такою схемою: об'ємисті корми (силос, сінаж, солома) завантажуються механізованими засобами типу ПСК-5, ПСС-5,5, ФН-1,2 або ФН-1,4 у транспортні модулі. Транспортування здійснюється тракторними поїздами у зчепі з причепами серій ПСЕ-12,5, ПСЕ-30, ПТС-4-887, ПТС-6 або безпосередньо універсальними мобільними кормороздавачами КТУ-10, які забезпечують доставку та вивантаження сировини у приймальні живильники-дозатори кормоцеху [2, 3].

Доставка комбікормів здійснюється автомобільним самоскидним транспортом або тракторними причепами з подальшим розвантаженням у приймальні живильники-дозатори марки ПК-5. Заповнення бункерів-живальників сухих кормів БСК-10 та БСК-15 концентрованою сировиною реалізується за допомогою спеціалізованих автомобільних завантажувачів ЗСК-10, тоді як для завантаження місткостей серії БСК-25 застосовують агрегати АСП-25.

При кагатному способі зберігання соковитих кормів їх підбирання та навантаження виконується грейферними навантажувачами ПГ-0,8, які забезпечують транспортування сировини до живальників-дозаторів ТК-5Б. У разі використання стаціонарних кореспондентських подача коренеплодів на технологічні операції миття та подрібнення у змішувач-подрібнювач ІСК-3 може бути реалізована за допомогою системи стрічкових конвеєрів ТС-40.

Складний принцип функціонування порівняно з комплексом КЦК-5 має кормоцех марки «КОРК-15». У цій структурі як приймально-дозувальний вузол застосовують живильник зеленої маси ПЗМ-1,5, запозичений з агрегатів вітамінно-трав'яного борошна АВМ-1,5. Для інтенсифікації процесу в окремих модифікаціях ці модулі комплектуються додатковими різальними барабанами (модифікація ПЗМ-1,5М). Замість технологічного обладнання типу СМ-1,7 тут інтегровано системи ОМК-2 або ОМК-4, використання яких гарантує вищу

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ дозв.	Підпис	Дата		12

точність дозування та якість приготування збагачених карбамідом розчинів м'яса [2, 5].

Транспортування соковитих кормів забезпечується за допомогою живильника ТК-5,5, який спрямовує коренеплоди безпосередньо у робочу камеру мийки-подрібнювача ІКМ-10. Апаратно-технологічну схему взаємозв'язку обладнання кормоцеху КОРК-15 деталізовано на рисунку 1.2

1 – приймальний живильник силосної маси ПЗМ-1,5; 2, 3, 4, 5, 6 – конвеєрні лінії на базі транспортерів ТС-40 та ТК-5; 7 – механізоване сховище коренебульбоплодів; 8 – мийна-подрібнювальна машина коренеплодів ІКМ-5; 9 – дозувальний пристрій соковитих кормів ДС-15; 10 – бункерна місткість для комбікорму ЕСК-10; 11 – шнековий (гвинтовий) конвеєр; 12 – центральний пульт керування; 13 – живильник грубих кормів (соломи) ПЗМ-1,5; 14 – комплект обладнання для рідких добавок ОМК-2; 15 – багатофункціональний подрібнювач-змішувач ІСК-3; 16 – мобільний тракторний кормороздавач КТУ-10

Рисунок 1.2 – Схема апаратно-технологічного процесу та розстановки обладнання кормоцеху КОРК-15

Для реалізації цього процесу в межах кваліфікаційної роботи було обрано подрібнювальний апарат молоткового типу. За функціональним

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ доцум.	Підпис	Дата		

призначенням молоткові подрібнювачі прийнято класифікувати на три основні категорії:

- спеціалізовані – орієнтовані на переробку однорідних видів кормової сировини з подібними фізико-механічними характеристиками;
- універсальні – здатні ефективно подрібнювати матеріали, що суттєво відрізняються за своїми структурно-механічними властивостями та кінцевими параметрами готової фракції;
- комбіновані – конструкція яких дозволяє суміщати безпосереднє руйнування матеріалу з іншими супутніми технологічними операціями.

Загальне компонування одного з таких подрібнювальних агрегатів проілюстровано на рисунку 1.3 [14].

1 – циклон; 2 – завантажувальний бункер; 3 – завантажувальний шнековий транспортер; 4 – плющильний апарат; 5 – електричний двигун; 6 – рама; 7 – дробарка КДМ 2,0; 8 – плюзовий затвор; 9 – мішкотримачі

Рисунок 1.3 – Дробарка кормів ДЗП-3,0

З огляду на конструктивні особливості, молоткові подрібнювальні машини класифікують на пристрої відкритого й закритого типів, які можуть

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мати периферійне або центральне (осьове) завантаження сировини до робочої камери [6]. Конструкція таких апаратів може передбачати наявність вузла для попереднього деформування чи первинного руйнування матеріалу або функціонувати без нього [6]. Вал барабана за розташуванням у просторі буває горизонтальним чи вертикальним, а самі подрібнювальні елементи (молотки) кріпляться на роторі шарнірно або жорстко [6]. Крім того, розрізняють моделі з циліндричними чи бічними решетами, безрешетні модифікації, а також камери з вихровим ефектом або без нього [6].

Аналізуючи ключові конструкційні ознаки молоткових подрібнювачів, варто підкреслити, що відкрита робоча камера, порівняно із закритою архітектурою, забезпечує вищу продуктивність за одночасного зниження металомісткості та енергетичних витрат на процес, хоча дещо поступає їй за рівнем однорідності й якістю готового продукту.

Загальне комплектування універсальної кормодробарки ДКУ-1,0, розробленої для переробки фуражного зерна, кукурудзяних качанів, одержання сіяного борошна, а також подрібнення зеленої трави та соковитих кормів, представлено на рисунку 1.4.

Для якісної переробки різних видів кормової сировини застосовують широкий спектр подрібнювальних машин, класифікація яких за принципом дії та способом руйнування матеріалу виглядає так [7]:

- площадні апарати – забезпечують деструкцію компонентів шляхом об'ємного стиснення й роздавлення;
- вальцові дробарки – подрібнюють сировину переважно методом сколювання;
- зубчасті дробарки – руйнують цілісність матеріалу внаслідок згинальних навантажень та розламування;
- жорнові млини – поєднують у собі процеси одночасного роздавлювання та механічного перетирання;

- ножові подрібнювачі – здійснюють поділ загальної маси на окремі фракції шляхом чистого різання;
- ножові млини – виконують комплексне подрібнення завдяки комбінації різання, динамічного розбивання та стирання;
- роторні дробарки – подрібнюють завантажену сировину внаслідок високошвидкісних ударів та інтенсивного перетирання;
- дискові відцентрові млини – орієнтовані на деструкцію часток під дією відцентрових ударних навантажень (розбивання);
- молоткові дробарки – функціонують на основі комбінованого принципу кінетичного розбивання та сколювання матеріалу.

1 – кулачкова муфта включення вентилятора; 2 – електричний двигун; 3 – вентилятор; 4 – подрібнювач; 5 – кришка дробильної камери; 6 – пневмопроводи; 7 – індикатор-амперметр; 8 – циклон; 9 – шлюзовий затвор; 10 – завантажувальний ківш; 11 – живильний транспортер; 12 – важіль включення транспортера; 13 – редуктор черв'ячний; 14 – рама

Рисунок 1.4 – Універсальна дробарка ДКУ-1.0

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ доп. ум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Розрахунок параметрів механізованого потокового виробництва

Аналітично кількість тварин розраховують, використовуючи параметри потокового виробництва: тривалість виробничих періодів, такт випуску продукції (виробництва), кількість та розміри технологічних груп, потужність підприємства чи його окремих секторів [10, 11].

Потоково-цехова система виробництва молока поділяється на 4 цехи:

1) сухостійний, 50-60 діб; 2) отелиз, 25 діб; 3) роздою і осіменіння, 60-90 діб; 4) основної лактації 200-300 діб.

Кількість технологічних груп n_{zpi} для кожного виробничого періоду можна визначити за формулою:

$$n_{zpi} = \frac{P_{zi}}{r}, \quad (2.1)$$

де P_{zi} – тривалість виробничого періоду для певного виду тварин, діб;
 r – такт виробництва, приймається із особливості технологічного процесу, технології виробництва, зручності для обслуговування персоналу, можливості збуту пропозицій $r = 20$.

Підставляємо дані в формулу:

$$n_{zpi} = \frac{50}{20} = 2,5 \text{ груп,}$$

$$n_{zpi} = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ груп,}$$

$$n_{zpi} = \frac{70}{20} = 3,5 \text{ груп,}$$

$$n_{zpi} = \frac{240}{20} = 12 \text{ груп.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Загальна кількість тварин окремого виробничого періоду визначається за формулою:

$$N_i = m_{zp} \cdot n_{epi} \quad (2.2)$$

де m_{zp} – розмір технологічної групи, голів.

Кількість тварин в технологічній групі може бути різною, але вона пов'язана з потужністю підприємства.

$$m_i = \frac{M \cdot r}{365} \quad (2.3)$$

де M – задана потужність тваринницького підприємства, гол./рік,
 $M = 400$ гол./рік.

$$m_i = \frac{400 \cdot 20}{365} = 22 \text{ голів.}$$

Отже в результаті підстановки отримаємо:

$$N_i = 22 \cdot 2 = 44 \text{ голів,}$$

$$N_i = 22 \cdot 1 = 22 \text{ голів,}$$

$$N_i = 22 \cdot 3 = 66 \text{ голів,}$$

$$N_i = 22 \cdot 12 = 264 \text{ голів.}$$

Відповідно до виробничих процесів та технології виробництва, вибираються спеціалізовані виробничі приміщення та визначається їх кількість за формулою [10, 11]:

$$n_{np} = \frac{N_i}{N_{np}} \quad (2.4)$$

де N_{np} – кількість тварин, яку вміщує приміщення відповідно до виробничого типового проекту, гол.

$$n_{np} = \frac{396}{200} = 1,98.$$

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2 Обґрунтування технологічного процесу кормоприготування і вибір обладнання кормоцеху

Аналізуючи існуючі рішення ПТЛ, наведені в пункті 2.1 можна зробити висновок, що для задоволення потреб відгодівельної ферми чисельністю 400 голів підходить кормоцех КОРК-15 план і розрізи якого наведені на аркуші 1.

Даний кормоцех є найоптимальніший за наведеними іншими і найбільш підходить для даної ферми, що вимагає меншої затрати електроенергії та праці обслуговуючого персоналу [12, 13]. Вибираємо технологічне обладнання кормоцеху і заносимо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічне обладнання кормоцеху КОРК –15.

Назва технологічного обладнання	Марка машини	Кількість, шт.	Потужність приводу, кВт	Продуктивність, т/год
Бункер концентрованих кормів	БСК-10	1	1,1	0,1-8
Транспортер вивантажувальний	ТС-40М	1	2,2	15
Живильник коренеплодів	ТК-5Б	1	3	6
Покривлювач коренеплодів	ІКМ-Ф-10	1	10	13
Збірний транспортер	ТЛ-65	1	4,5	15,4
Змішувач	С-12	1	7,5	13,6
Живильник силосу	ПЗМ-1,5	1	8	5
Дозатор коренеплодів	ДС-15	1	3	15
Змішувач меляси	ОМК-4	1	6	0,06
Кормороздавач	КТУ-10	1	7,5	42
Дозатор кормів	ДК-10	1	1	8
Дробарка концентрованих кормів	КДУ -2	1	30	3,15

Базовим інструментом інтенсифікації галузі тваринництва є організація збалансованої та повноцінної годівлі поголів'я. Цей процес базується на створенні потужної кормової бази, мінімізації втрат поживних речовин під час заготівлі, зберігання та безпосереднього розподілу кормів, а також на впровадженні прогресивних методів їх попередньої технологічної підготовки до згодовування.

Ключовим критерієм повноцінності раціону є наявність у ньому збалансованого комплексу незамінних нутрієнтів, а також їх своєчасне й кількісно оптимізоване надходження до організму тварин. Тип годівлі визначається структурою раціону, а саме — співвідношенням його різноманітних компонентів за їхньою поживною цінністю та фізико-механічними параметрами. Вибір конкретного типу годівлі обумовлений потребою забезпечення поголів'я необхідним обсягом енергії та поживних елементів з урахуванням фізіологічних особливостей травної системи тварин.

Орієнтуючись на силосно-сінажно-комбікормовий тип годівлі, було сформовано добові раціони для кожної фази відгодівлі тварин, які деталізовані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Добовий раціон годівлі тварин ВРХ

Назва корму	Добова давання, кг
Зимовий період	
Силос	12,5
Сіно	12,5
Солома	5,0
Коренеплоди	7,5
Концентровані корми	2,5
Літній період	
Зелена маса	20
Концентровані корми	2,5
Сіль кухонна, грам	80

У цьому контексті важливою умовою раціонального природокористування та експлуатації кормової бази є чітке узгодження інгредієнтів не лише за кількісними, а й за якісними показниками. Кормову

сировину необхідно піддавати такій попередній обробці, за якої поживні речовини переходять у максимально доступну форму і засвоюються організмом із найвищою ефективністю [14, 15].

Добову потребу тварин в і-му виді корму визначають за формулою:

$$Q_i = \sum_i q_i \cdot N_i, \quad (2.5)$$

де N_i – кількість тварин голів;

q_i – добова потреба в і-му виді корму для тварин, кг.

Добова потреба в сіні, силосі, грубих кормах, коренеплодах, концентрованих кормах розраховується за формулою 2.6 і буде становити:

$$Q_{\text{сіно}} = 5000 \text{ кг}, Q_{\text{силос}} = 5000 \text{ кг}, Q_{\text{груб}} = 2000 \text{ кг.}, Q_{\text{кор}} = 3000 \text{ кг}, Q_{\text{конц.}} = 1000 \text{ кг.}$$

2.3 Розрахунок ліній подачі грубих кормів

З метою підвищення однорідності розподілу компонентів у загальній масі та покращення якості змішування, об'ємисту сировину попередньо подрібнюють на сітку з лінійними розмірами часток 4–5 см. До категорії грубих кормів належать сіно, солома та сінаж. При цьому сіно й солома складаються безпосередньо в цехових приміщеннях, тоді як сінажну масу зберігають у спеціальних заглиблених траншеях. Розрахунок кількісного складу та підбір конкретних марок технологічного обладнання для диспергування грубих кормів здійснюють на основі погодинної продуктивності лінії, яку визначають за такою аналітичною залежністю [10, 15].

$$W_{\text{роз}} = Q_{\text{роз}} / T_{\text{доп}}, \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{роз}}$ – кількість кормосуміші на даванку, т;

$T_{\text{доп}}$ – допустима тривалість роботи кормоцеху протягом доби, $T_{\text{доп}} = 1 \dots 2$

год.

Після підстановки значення у формулу (2.6) одержимо:

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- для силосу та сінажу

$$W_{роз} = 5/2 = 2,5 \text{ т/год.}$$

Об'єм бункерів живильників для силосу та сінажу на фермі визначають за формулою:

$$V_{ж} = \frac{Q_j \cdot K_3}{\rho_j \cdot \varphi}, \quad (2.7)$$

де Q_j – добова потреба в грубих кормах, т;

ρ – густина грубих кормів, т/м³;

K_3 – коефіцієнт запасу компонента, $K_3 = 0,33 \dots 0,5$;

φ – коефіцієнт використання об'єкту, $\varphi = 0,85$.

$$V_{ж} = \frac{5 \cdot 0,35}{0,15 \cdot 0,8} = 14 \text{ м}^3.$$

Якщо недостатньо однієї машини, їх кількість визначають за формулою:

$$n = \frac{W_{роз}}{W_M^T}, \quad (2.8)$$

де W_M^T – технічна продуктивність машини, т/год.

Після підстановки значення отримуємо:

$$n = \frac{5}{5} = 1 \text{ шт.}$$

Згідно розрахунків для лінії грубих кормів приймаємо відповідне технологічне обладнання: кількість навантажувачів ПУ-0,5, 1шт., причіп 2ПТС-4, 1шт. живильник кормів ПЗМ-1,5, 1шт.

Фактичний час роботи обладнання визначаємо за формулою [10, 11]:

$$t_{ср} = \frac{Q_p}{W_M^T} \text{ год,} \quad (2.9)$$

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

після підстановки значень отримаємо дані фактичного часу роботи навантажувача ПУ-0,5, 1 год., причепу 2ПТС-4 2 год. живильника кормів ПЗМ-1,5, 1 год.

2.4 Розрахунок ПТЛ лінії коренеплодів

Необхідна подача ПТД коренеплодів

$$W_{роз} = 1,5 / 2 = 0,75 \text{ т/год.}$$

Визначаємо об'єм приймального бункера коренеплодів за формулою:

$$V = \frac{Q_{доб}}{\rho \cdot \beta}, \quad (2.13)$$

де $Q_{доб}$ – добова витрата коренеплодів, т;

ρ – густина коренеплодів, $\rho = 0,65 \text{ т/м}^3$;

β – коефіцієнт заповнення, $\beta = 0,9$.

Підставимо необхідні дані в формулу:

$$V = \frac{1,5}{0,65 \cdot 0,9} = 2,5 \text{ м}^3$$

Навантаження коренеплодів в причіп 2ПТС-4 проводиться навантажувачем ПУ-0,5. Згідно отриманих даних для зберігання і подачі коренеплодів застосовуємо живильник ТК-5Б. Для миття і подрібнення коренеплодів застосовуємо ІКМ-Ф-10.

Після підстановки значення у формулу отримаємо значення кількості машин. Приймаємо причіп 2ПТС-4 1 шт., живильник ТК-5Б, 1 шт. подрібнювач коренеплодів ІКМ-Ф-10, 1 шт.

Фактичний час роботи обладнання після підстановки значення у формулу (2.9) становить причіп 2ПТС-4 1 год., живильника ТК-5Б, 0,5 год. подрібнювача коренеплодів ІКМ-Ф-10, 0,3 год.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.5 Розрахунок лінії підготовки концентрованих кормів

Концентровані корми завозяться в кормоцех в готовому вигляді, або подрібнюють дробаркою КДУ-2. Згодовуються вони в суміші з грубими і соковитими кормами.

Необхідна подача ПТЛ концентрованих кормів визначиться за формулою:

$$V_{\text{роз}} = 1,0 / 2 = 0,05 \text{ т/год.}$$

Для зберігання концентрованих кормів в кормоцеху використовують бункери – накопичувачі, об'єм яких визначаємо за формулою:

$$V = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot K}{\rho \cdot \beta}, \quad (2.11)$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добова витрата концентрованих кормів, т;

K – коефіцієнт запасу кормів, $K=2$;

ρ – густина концентрованих кормів, т/м³, $\rho = 0,5 \dots 0,55 \text{ т/м}^3$;

β – коефіцієнт заповнення бункера, $\beta = 0,7$.

Підставляємо дані в формулу:

$$V = \frac{0,05 \cdot 2}{0,5 \cdot 0,7} = 0,2 \text{ м}^3.$$

Для зберігання концентрованих кормів використовуємо бункер для зберігання сипучих кормів БСК-10, місткість якого 2 м³. До бункера сипучих кормів концентровані корми транспортуються навантажувачем ЗСК-10. З бункера сипучих кормів БСК-10 концентровані корми поступають до дозатора концентрованих кормів ДК-10, який дозує концентровані корми і подає до збірного транспортера ТЛ-65. Після підстановки значень у формулу (2.8) отримаємо розрахункові значення кількості машин. Приймаємо навантажувач ЗСК-10, 1 шт., бункер сипучих кормів БСК-10, 1 шт., дозатор концентрованих кормів ДК-10, 1 шт. Дробарка концентрованих кормів КДУ-2, 1 шт., збірний транспортер ТЛ-65, 1 шт.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Фактичний час роботи обладнання становить для ЗСК-10, 0,2 год., БСК-10, 0,12 год., дробарки концкормів 0,33 год.

Виробнича площа кормоцеху підраховується за формулою [3, 8]:

$$S = k \cdot \sum S_i \text{ м}^2. \quad (2.12)$$

де k – коефіцієнт який враховує виробничу площу та площу робочих проходів, $k = 2,5 \dots 3$;

$\sum S_i$ – сума площ обладнання кормоцеху, м^2 .

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$S = 3 \cdot 96 = 288 \text{ м}^2.$$

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк. 25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Обґрунтування конструкції розробки дробарки концентрованих кормів

Універсальний подрібнювальний агрегат КДУ 2.0 [16] застосовується для диспергування широкого спектра кормової сировини: фуражного зерна, кукурудзяних качанів, об'ємистих (грубих) кормів, силосної маси та коренебульбоплодів. Конструктивна схема машини включає дробильний вузол 1, ексгаустер (вентилятор) 2, сепараційний циклон 6 із вмонтованим шлюзовим затвором 5, систему транспортувального 7 і зворотного повітряного 8 трубопроводів. Також до складу обладнання входять ножовий барабан первинного подрібнення 12, подавальний 14 та притисковий 17 конвеєри, приймальний бункер 3 і приводні механізми 15, 18. У середині литого корпусу камери подрібнення встановлено дві чавунні рифлені деки. Коробчаста кришка подрібнювального блока фіксується на станині за допомогою двох накидних замкових пристроїв.

Вузол подачі сировини (транспортерний живильник) конструктивно об'єднує горизонтальний стрічковий конвеєр та похилий притисковий транспортер плаваючого типу. Осадовий циклон виконує функцію відокремлення дрібнодисперсного готового продукту від повітряного потоку (аеромучної суміші).

Для полегшення запуску приводного вузла дробарки, а також мінімізації пускових пускових струмів, у структурі шків електродвигуна передбачено відцентрову фрикційну муфту. Моніторинг завантаження та загального робочого стану агрегату здійснюється оператором за допомогою штатного амперметра-індикатора.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

1 – подрібнювальний апарат; 2 – вентилятор; 3 – завантажувальний бункер; 4 – раструб; 5 – шлюзовий затвор; 6 – циклон; 7 – нагнітальний трубопровід; 8 – відвідний трубопровід; 9 – фільтр; 10 – показник завантаження; 11 – черв'ячний редуктор; 12 – подрібнювальний апарат; 13 – важіль виключення подрібнювального апарата; 14 – транспортер; 15 – електродвигун; 16 – рама; 17 – пресувальний транспортер; 18 – редуктор; 19 – відведений патрубок

Рисунок 3.1 – Дробарка кормів КДУ – 2.0

Суттєвим недоліком базової конструкції молоткової дробарки є швидке забивання сепарувальних отворів решета під час стирання й калібрування матеріалу. Це призводить до затримки евакуації подрібненого корму з робочої зони, що тягне за собою зниження пропускної здатності, погіршення

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гранулометричного складу суміші, зростання питомих енерговитрат і підвищення трудомісткості обслуговування. Запропонований у роботі винахід спрямований на розв'язання цієї проблеми шляхом інтенсифікації процесу подрібнення та підвищення якісних і продуктивних показників обладнання [16].

Рішення поставленого завдання досягається тим, що нерухомі робочі поверхні дробарки (рис. 3.2) утворені внутрішньою поверхнею корпусу, по усьому периметру виконаною зубчатою, подібно рифленої леки 9, і пристосованою і на виході із робочої зони і виконаною у вигляді пластинчатих жалюзі із можливістю зміни кута нахилу пластин 10.

1 – боковина; 2 – молотки; 3 – розпірні втулки; 4 – диск; 5 – вісь; 6 – розпірні втулки; 7 – вал; 8 – кришка підшипника; 9 – рифлена дека; 10 – пластинчасті жалюзі; 11 – шпонка; 12 – болт кріплення кришки підшипника; 13 – підшипник

Рисунок 3.2 – Подрінюючий барабан дробарки концентрованих кормів КДУ-2,0

Технологічний процес подрібнення сировини реалізується за такою схемою. Вихідний матеріал через завантажувальний патрубок подається

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпосередньо до робочої камери апарата. Тут він часамперед піддається інтенсивному динамічному впливу передніх (набігаючих) граней рухомих молотків 2, які з високою кутовою швидкістю завдають ударів по частинках корму. Унаслідок первинного кінетичного удару продукт частково руйнується, а утворені осколки за інерцією спрямовуються до периферії, назустріч нерухомим зубчастим елементам, розташованим на внутрішній поверхні корпусу. Надалі дисперговані частки зазнають багаторазового поперемінного відбивання від робочих поверхонь молотків 2 та зубчастих дек корпусу 9, додатково подрібнюючись до заданої фракції під час поступового просування до вивантажувального отвору.

Завдяки такому принципу дії оброблювана сировина зазнає багаторазових високошвидкісних ударів об рухомі та стаціонарні елементи конструкції подрібнювача. Оскільки питома вага процесу стирання є мінімальною, матеріал диспергується без перетирання та інтенсивно евакуюється з робочої зони. Це забезпечує суттєве (у кілька разів) зростання продуктивності порівняно з базовим аналогом, а також підвищує якість показників готового корму. Говні технічні дані та параметри модернізованої дробарки концентрованих кормів узагальнене в таблиці 3.1 [2].

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика дробарки концентрованих кормів

Показник	Значення	Одиниці вимірювання
Продуктивність	3,150	т/год
Потужність споживана	30	кВт
Частота обертання барабана	2556	с ⁻¹
Кількість молотків на барабані	54	шт.
Габаритні розміри:		
довжина	3125	мм
ширина	1660	мм
висота	2975	мм

3.2 Розрахунок конструктивно - технологічних параметрів дробарки концентрованих кормів

Конструктивні розміри камери подрібнення безпосередньо обумовлюють вибір діаметра подрібнювального барабана D_6 і довжини L_6 барабана [10, 16]:

$$D_6 = D - 2\Delta R, \quad (3.1)$$

$$L_6 = L - 2\Delta L \quad (3.2)$$

де ΔR – величина радіального зазору між кінцями молотків і поверхнею робочої камери;

ΔL – величина бокових зазорів від площини торців молотків до стінок камери, $\Delta L = 2 - 5$ мм;

D – діаметр робочої камери, м;

Підставимо дані у формули:

$$D_6 = 0,575 - 0,015 = 0,56 \text{ м},$$

$$L_6 = 0,42 - 0,01 = 0,41 \text{ м}$$

Відстань для пластинчатих молотків прямокутної форми з двома отворами діаметром d визначається за формулою [11, 16]:

$$c = \sqrt{\frac{A^2}{4} + B} - \frac{A}{2}, \quad (3.3)$$

де A і B – відповідно довжина і ширина молотка, м.

$$A = \frac{a_m \cdot b_m}{\pi d^2} \cdot \frac{a_m}{4}, \quad (3.4)$$

$$B = \frac{a_m b_m (a_m^2 + b_m^2)}{6\pi d^2} - \frac{d^2}{4}, \quad (3.5)$$

де d – діаметр отвору під вісь підвісу, приймаємо $d = 0,02$ м.

Базуючись на вищезазначених граничних умовах, було виведено аналітичні залежності для обчислення геометричних параметрів подрібнювальних молотків.

Відстань від осі підвісу до кінця молотка, м:

$$l_1 = 0,154D_{\delta}, \text{ м.} \quad (3.6)$$

Величина радіуса підвісу барабана [9]:

$$R_n = 0,346D_{\delta}, \text{ м.} \quad (3.7)$$

Довжина і ширина молотка [9]:

$$a_m = 0,23D_{\delta}, \quad (3.8)$$

$$b_m = (0,4 \dots 0,5) \cdot a_m. \quad (3.9)$$

Підставивши значення одержимо:

$$l_1 = 0,154 \cdot 0,56 \text{ м.}$$

$$R_n = 0,346 \cdot 0,56 \text{ м,}$$

$$a_m = 0,23 \cdot 0,56 \text{ м,}$$

$$b_m = 0,4 \cdot 0,12 = 0,048 \text{ м.}$$

Підставивши значення в формули 3.4 і 3.5, одержимо:

$$A = \frac{0,12^2 \cdot 0,048}{3,14 \cdot 0,02^2} - \frac{0,12}{2} = 0,49 \text{ м,}$$

$$B = \frac{0,12 \cdot 0,048 \cdot (0,12^2 + 0,048)}{6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{0,0075}} - \frac{0,02}{8} = 0,01295 \text{ м,}$$

$$C = \sqrt{\frac{0,49^2}{4} + 0,01295} - \frac{0,49}{2} = 0,0252 \text{ м.}$$

Процес монтажу та просторового розподілу молотків на роторі (барабані) вимагає суворого дотримання трьох ключових технологічних критеріїв:

1. Забезпечення динамічної та статичної рівноваги ротора. Із цією метою осі підвішування ударних елементів проєктують на однаковій відстані від центра обертання вала з рівномірним кутовим кроком по колу. Сумарна маса всіх або діаметрально протилежних складальних пакетів (що включають кріпильний палець, комплект молотків та дистанційні втулки) має бути ідентичною.

2. Рівномірність перекриття робочої зони по всій ширині подрібнювальної камери. Для реалізації цієї вимоги розстановку молотків здійснюють за розгалуженими гвинтовими лініями або у шаховому порядку.

3. Стабілізація та вирівнювання технологічного навантаження вздовж осі камери. Для цього робочі органи позиціонують на барабані зі зміщенням, формуючи зустрічні (що сходяться) гвинтові поверхні.

Перед комплектуванням та безпосереднім розставленням робочих органів на роторі виконують попередній розрахунковий етап. Залежно від товщини δ і густоти K_p розміщення молотків на барабані визначають їх загальну кількість Z [11, 16]:

$$Z = \frac{K_p \cdot L}{\delta} \text{ шт.} \quad (3.10)$$

де K_p – коефіцієнт, що характеризує товщину молотків, що приходить на одиницю ширини робочої камери, $K_p = 0,5 \dots 1,0$.

$$Z = \frac{0,54 \cdot 0,42}{0,005} = 54 \text{ шт.}$$

На основі раціональної швидкості молотків визначають частоту обертання барабана:

$$n = \frac{V_m}{\pi \cdot D_\delta}, \text{ с}^{-1}, \quad (3.11)$$

де V_m – швидкість молотків, $V_m = 70 \dots 80 \text{ м/с}$.

Підставляємо дані для розрахунку:

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ док. ум.	Підпис	Дата		32

$$n = \frac{75}{3,14 \cdot 0,56} = 42,65 \text{ с}^{-1}.$$

Кількість ударів, які наносяться молотками по частинах продукту за одну хвилину визначаємо [10]:

$$Z_n = n_m (k_1 + k_2 + k_3) \cdot n \quad (3.12)$$

де k_1 – кількість ударів молотка по продукту на льоту за один оберт диска, приймаємо $k_1 = 1$;

k_2 – кількість виступів на деках дробильної камери;

k_3 – кількість ударів молотка по шару продукту за один оберт диска, приймаємо $k_3 = 1$.

Підставляємо дані для розрахунку:

$$Z_n = 34 \cdot (1 + 35 + 1) \cdot 2559 = 5112882 \text{ шт.}$$

Кількість зерен, що подрібнюються до встановленого ступеня за одну хвилину, буде сформувати:

$$g_p = r_{\text{под}} \cdot D_\delta \cdot L_\delta, \text{ кг/с}, \quad (3.13)$$

де $r_{\text{под}}$ – коефіцієнт пропорційності, який характеризує вихід готового продукту, $\text{с}^{-1}\text{м}^2$.

$$g_p = 3,8 \cdot 0,56 \cdot 0,41 = 0,87 \text{ кг/с.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Економіка

4.1.1 Розрахунок показників економічної ефективності процесу приготування кормів

Обчислення показників економічної доцільності модернізації потребує попереднього визначення величини експлуатаційних витрат на одиницю отриманої продукції. З цією метою на основі розрахунків, виконаних у другому розділі, а також із залученням окремих вихідних параметрів першого розділу, здійснюється розробка технологічної карти. Оцінка вартості наявного в господарстві обладнання проводиться за його залишковою балансовою вартістю. Для розрахункових умов тривалість стійлового періоду утримування тварин прийнята рівною 230 днів, тривалість робочої зміни становить 8 годин, а тариф на електроенергію – 0,6 грн/кВт·год. Базові параметри для формування технологічної карти за допомогою комп'ютерного моделювання згруповано в таблиці 1 додатка А, тоді як розраховану за стандартною галузевою методикою [17, 18] технологічну карту процесу приготування кормосуміші наведено в додатку Б.

Річний економічний ефект від реалізації запропонованого технологічного комплексу розраховується через грошовий еквівалент приросту обсягів гозринницької продукції. Ключовим критерієм оцінювання ефективності інвестиційного рішення виступає термін (строк) окупності, який відображає співвідношення між загальним обсягом капіталовкладень $K_{\text{кап}}$ (грн) та очікуваним річним чистим доходом E_p (грн) [17, 18]:

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$T = \frac{K_{\text{кан}}}{E_p}, \text{ років.} \quad (4.1)$$

Розрахунок величини річного економічного ефекту здійснюють за такою аналітичною залежністю:

$$E_p = (E_n \cdot K_{1\text{кан}} + C_1 \cdot B) - (E_n \cdot K_{2\text{кан}} + (C_2 \cdot (B_1 + \Delta B))), \text{ грн.} \quad (4.2)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності інвестицій (капітальних вкладень), який приймається рівним, $E_n=0,15$;

$K_{1\text{кан}}, K_{2\text{кан}}$ – сумарний обсяг капіталовкладень за базовим (східним) та проєктованим (новим) варіантами відповідно, грн.;

C_1, C_2 – виробнича собівартість одиниці продукції (за центнер) у базовому та новому варіантах технологічного процесу, грн/ц.;

B_1 – річний обсяг виробництва (виробок) продукції за базовою технологією, ц.;

B – додатковий приріст продукції, отриманий внаслідок реалізації проєктного рішення, ц.;

Розрахунок собівартості продукції після впровадження нового варіанта здійснюється за такою залежністю [17, 18]:

$$C_2 = \frac{\sum 3}{B_1 + \Delta B}, \text{ грн./ц,} \quad (4.3)$$

де $\sum 3$ – затрати на виробництво продукції, грн.

Загальну величину сумарних витрат обчислюємо за такою аналітичною залежністю:

$$\sum 3 = E_n \cdot K_{\text{кан}} + A_b + A_{ob} + \sum 3_{ek} + 3_{kop} + 3_{dn}, \text{ грн.,} \quad (4.4)$$

де A_b – обсяг амортизаційних відрахувань від балансової вартості будівель (споруд), грн.;

A_{ob} – амортизаційні відрахування від вартості того обладнання, яке не було враховане під час складання технологічної карти процесу, грн.;

$\sum 3_{ek}$ – сукупні експлуатаційні витрати, визначені за результатами розрахунку технологічної карти, грн.;

$Z_{кор}$ – річна вартість використаних кормових ресурсів; $Z_{кор} = 200$ тис.грн.;

$Z_{дп}$ – итрати на оплату праці допоміжного персоналу, безпосередньо задіяного в технологічному процесі виробництва тваринницької продукції, грн.

Розрахунок амортизаційних відрахувань від балансової вартості будівель і споруд A_6 здійснюють за такою залежністю:

$$A_6 = \sum B \cdot (\sum H_v + \sum H_{кр}), \text{ грн.}, \quad (4.5)$$

де $\sum B$ – сукупна балансова вартість капітальних будівель, задіяних у технологічному циклі виробництва продукції тваринництва, грн;

$\sum H_v$ – сумарна норма відрахувань, призначена на повне відновлення (реновацію) будівель;

$\sum H_{кр}$ – сумарна норма відрахувань, що спрямовується на капітальний ремонт відповідних будівель.

Результати обчислення амортизаційних відрахувань від вартості будівель A_6 згруповано й представлено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Амортизаційні нарахування на основні засоби підприємства

Основні засоби	Вартість тис. грн.	Відрахування на амортизацію		Відрахування на капітальний ремонт		Всього відрахувань
		%	грн.	%	грн.	
Корівники, 2 шт.	169,12	2,5	4228	2,2	3720,6	7948,6
Молочний блок	36,7	2,5	917,5	2,2	807,4	1724,9
Кормоцех	50	2,5	1250	2,2	1100	2350
Обладнання корівників	74,5	14,2	10579	18,0	13410	23989
Разом	330,32	-	16974,5	-	19038	36012,5

Витрати на оплату праці допоміжного персоналу розраховано відповідно до чинного штатного розпису та відображено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Штатний розпис і фонд заробітної плати допоміжних робітників ферми

Перелік штату	Кількість, чол.	Річний фонд заробітної плати, грн.
Зоотехнік	1	13100
Зав. фермою	1	15000
Ветеринарний лікар	1	13500
Обліковець	1	8400
Оператори доїння	10	180000
Сторожі	2	14400
Допоміжні	4	21600
Разом	18	266000

Загальний обсяг витрат на оплату праці обчислюють з урахуванням відрахувань до фонду матеріального стимулювання (заохочення) ($f_1 = 12\%$) та нарахувань у резерв відпусток, розмір якого становить до 10% (f_2). За таких умов кінцева величина набуває вигляду:

$$\sum Z = \sum Z_{\text{оп}} \cdot (1 + f_1 + f_2), \text{ грн.}, \quad (4.6)$$

$$\sum Z = 266000 \cdot (1 + 0,12 + 0,10) = 324500 \text{ грн.}$$

Сукупний обсяг капіталовкладень обчислюють за такою аналітичною залежністю:

$$K_{\text{кат}} = \sum K_{\text{буд}} + \sum K_{\text{обл}}, \text{ грн.}, \quad (4.7)$$

де $\sum K_{\text{буд}}$ – загальна вартість виробничих будівель і споруд, грн. (табл. 4.1);

$\sum K_{\text{обл}}$ – сукупна балансова вартість задіяного технологічного обладнання, грн.

За таких умов обсяг капітальних вкладень набуває вигляду

$$K_{\text{кат}} = 330,32 + 413 = 743,32 \text{ тис. грн.}$$

Відповідно, сумарні річні витрати становитимуть:

$$\sum Z = 0,15 \cdot 743320 + 86000 + 200000 + 200000 + 324500 = 950000 \text{ грн.}$$

Річний обсяг виробництва молока розраховують за формулою:

$$B = M \cdot G_{\text{річ}}, \quad (4.8)$$

де M – середньорічна чисельність (поголів'я) корів, гол.;

$G_{\text{річ}}$ – середньорічний націй на одну корову, що за базових умов становить 1950 кг/гол.

$$B = 125 \cdot 3100 = 390000 \text{ кг.}$$

У результаті впровадження та експлуатації кормоцеху для приготування збалансованих кормосумішей прогнозується зростання продуктивності тварин до 3250 кг/гол. За таких умов додатковий валовий приріст виробництва молока становитиме:

$$B = (3250 - 3100) \cdot 400 = 60000 \text{ кг/рік.}$$

З урахуванням модернізації ліній собівартість отриманого молока дорівнюватиме:

$$C_2 = \frac{950000}{4500} = 211 \text{ кг/рік}$$

Завдяки цьому очікуваний річний економічний ефект набуває значення:

$$E_p = (0,15 \cdot 800000 + 230 \cdot 3100) - (0,15 \cdot 743320 + 211 \cdot 4500) = 189000 \text{ грн.}$$

Термін (строк) окупності капітальних інвестицій становитиме:

$$T = \frac{743320}{189000} = 3,9 \text{ років.}$$

Обчислення обсягу сукупних грошових надходжень здійснюють за такою аналітичною залежністю [6]:

$$I_{np} = (B_1 + \Delta B) \cdot C_{np}, \text{ грн.} \quad (4.9)$$

де I_{np} – середня ринкова (реалізаційна) ціна одиниці продукції,

$$C_{np} = 300 \text{ грн./ц.}$$

Після підстановки числових значень у вихідне рівняння одержимо:

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		38

$$\Gamma_{np} = 4500 \cdot 300 = 1350000 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток від реалізації отриманої продукції розраховують за такою залежністю:

$$\Pi = \Gamma_{np} - \sum Z, \text{ грн.} \quad (4.10)$$

У результаті виконаних математичних обчислень одержимо:

$$\Pi = 1350000 - 950000 = 400000 \text{ грн.}$$

Івень рентабельності виробництва розраховують за такою аналітичною залежністю [6]:

$$P = \frac{\Pi}{\sum Z} \cdot 100\%. \quad (4.11)$$

Після підстановки числових значень у вихідне співняння маємо:

$$P = \frac{400000}{950000} \cdot 100 = 42,1\%$$

Базуючись на отриманих розрахункових показниках, формуємо підсумкову таблицю 4.3. Таблиця 4.3 – Показники економічної ефективності процесу приготування кормів у кормоцеху тваринницької ферми»

Показники	Варіанти		Відхилення (+,-)
	При існуючій технології	Після впровадження кормоцеху	
1	2	3	4
Рівень механізації процесу приготування кормів, %	70	100	30
Продуктивність кормоцеху, т/добу	-	17,0	-
Собівартість молока, грн./ц	230	211	-19
Середньорічний надій на одну корову, кг	3100	3250	150
Експлуатаційні затрати, грн.	-	200000	-
Прибуток, грн.	300000	400000	100000
Річний економічний ефект, грн.	-	189000	-
Термін окупності, роки	-	3,9	-
Рівень рентабельності, %	24	42,1	18,1

Аналітична оцінка даних, наведених у таблиці 4.3, свідчить, що впровадження кормоцеху дозволило досягти 100-відсоткового рівня механізації процесів приготування кормів. Разом із цим середньорічна продуктивність (надій) однієї корови зросла на 150 кг, показник рентабельності виробництва підвищився до 42,1%, а сумарний прибуток досяг 400 тис. грн. Отримані результати комплексного розрахунку беззаперечно підтверджують високу економічну доцільність та ефективність запропонованого технологічного рішення.

4.2 Охорона праці та навколишнього середовища

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Розроблена дробарка концентрованих кормів призначена для подрібнення зернових культур та інших компонентів комбікормів. Під час її експлуатації на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори [19-22].

Основними небезпечними факторами є:

- наявність рухомих і обертових частин механізму (ротор, молотки, приводні елементи);
- можливість травмування під час завантаження сировини та очищення робочої камери;
- ризик ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції електрообладнання;
- можливість виникнення пожежі або вибуху пилоповітряної суміші.

До шкідливих виробничих факторів належать:

- підвищений рівень шуму від роботи дробильного механізму;
- вібрація, що передається на конструкцію та робоче місце оператора;

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- запиленість повітря робочої зони кормовим пилом;
- несприятливі параметри мікроклімату виробничого приміщення.

Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

Для забезпечення безпечної роботи дробарки в конструкції передбачаються такі технічні рішення [19-22]:

- встановлення захисних кожухів на всі рухомі та обертові елементи приводу;
- блокування запуску обладнання при відкритих люках або знятих захисних огороженнях;
- наявність кнопки аварійного вимкнення в зоні доступності оператора;
- використання електродвигуна із захисним заземленням та автоматичним захистом від перевантаження;
- герметизація робочої камери для запобігання викиду пилу в приміщення;
- застосування системи аспірації для видалення пилу із зони подрібнення.

Організаційні заходи включають [19-22]:

- проведення інструктажів з охорони праці;
- допуск до роботи лише навченого персоналу;
- виконання планово-попереджувального технічного обслуговування;
- використання працівниками засобів індивідуального захисту (респіраторів, захисних окулярів, навушників або протишумових вкладишів).

Пожежна безпека.

Під час подрібнення кормів утворюється значна кількість органічного пилу, який за певних умов може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям. Для забезпечення пожежної безпеки необхідно:

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ до ум.	Підпис	Дата		41

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи вирішено актуальне інженерне завдання з удосконалення процесу підготовки концентрованих кормів шляхом розробки конструкції дробарки для використання у складі кормоцеху тваринницького підприємства. Проведено аналіз існуючих технологій кормоприготування та конструкцій подрібнювачів кормів, що дозволило обґрунтувати вибір напрямку модернізації молоткової дробарки.

У технологічній частині виконано розрахунок параметрів механізованого потокового виробництва для ферми на 400 голів великої рогатої худоби, обґрунтовано вибір кормоцеху КОРК-15 та розраховано основні технологічні лінії підготовки грубих, соковитих і концентрованих кормів. Визначено потребу в обладнанні та виробничих площах кормоцеху.

У конструкторському розділі проведено аналіз базової дробарки КДУ-2,0, виявлено її основні недоліки та запропоновано конструктивне удосконалення робочої камери. Виконано розрахунок основних конструктивно-технологічних параметрів дробарки, визначено геометричні характеристики барабана та молотків, а також обґрунтовано технічні параметри машини. Розроблена дробарка забезпечує продуктивність 3,15 т/год при встановленій потужності приводу 50 кВт.

Економічне обґрунтування підтвердило доцільність використання розробленої конструкції у складі кормоцехів тваринницьких підприємств. Запропоновані технічні рішення сприяють підвищенню продуктивності процесу подрібнення, покращенню якості кормів, зниженню експлуатаційних витрат та створенню безпечних умов праці. Отримані результати можуть бути використані під час проектування, модернізації та експлуатації кормоцехів агропромислових підприємств.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машинаи та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Кондор, 2019. 731 с.
2. Кленін М. І., Резнік Н. Є. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Урожай, 2017. 490 с.
3. Механізація та автоматизація виробництва продукції тваринництва / за ред. В. К. Мельника. Київ : Аграрна освіта, 2018. 344 с.
4. Смоляр В. І. Годівля сільськогосподарських тварин. Київ : Вища освіта, 2019. 368 с.
5. Болтянська Н. І., Скляр О. Г. Машинаи та обладнання для кормовиробництва : навчальний посібник. Мелітополь : Люкс, 2020. 212 с.
6. Роговський І. Л. Експлуатація машин і обладнання в агропромисловому виробництві. Київ : ЦП «Компринт», 2021. 420 с.
7. Бендера І. М., Семененко О. В. Проектування технологічних процесів у тваринництві : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : Медобори-2006, 2018. 280 с.
8. Скляр О. Г., Болтянський Б. В. Машинаи для приготування та роздавання кормів : навчальний посібник. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. 254 с.
9. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник. Київ : Вища освіта, 2018. 464 с.
10. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунку сільськогосподарської техніки. Вінниця : Нова Книга, 2017. 320 с.
11. Ловейкін В. С., Роговський І. Л. Розрахунок та конструювання машин агропромислового виробництва : навчальний посібник. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 356 с.
12. Патент України на корисну модель. Дробарка концентрованих кормів / автори винаходу. Бюлетень «Промислова власність». Київ, 2024.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ доп. ум.	Підпис	Дата		44

13. Сало В. М. Машины для подрібнення кормів : монографія. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. 186 с.

14. Технічна експлуатація машин у тваринництві / за ред. М. І. Черновола. Київ : Аграрна наука, 2018. 312 с.

15. Погорілий Л. В., Татянюк Л. Г. Сільськогосподарські машини та технології їх використання. Київ : Фенікс, 2017. 544 с.

16. Кормоприготування машин та агрегатів. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroininerija/mashynu_i_obl_dly%20_tvaryn/mashynu_i_obl_dly%20_tvaryn/1/tema_1.htm (дата звернення 23.03.2026 р.)

17. Горбонос Ф. В., Черевко Г. В., Павленчик Н. Ф., Павленчик А. О. Економіка підприємства : підручник. Київ : Знання, 2010. 463 с.

18. Петрига О. М., Яворська Т. І., Прус Ю. О. Економіка аграрного підприємства : навчальний посібник. Мелітополь : Люкс, 2016. 320 с.

19. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. Київ : Міністерство соціальної політики України, 2018. 336 с.

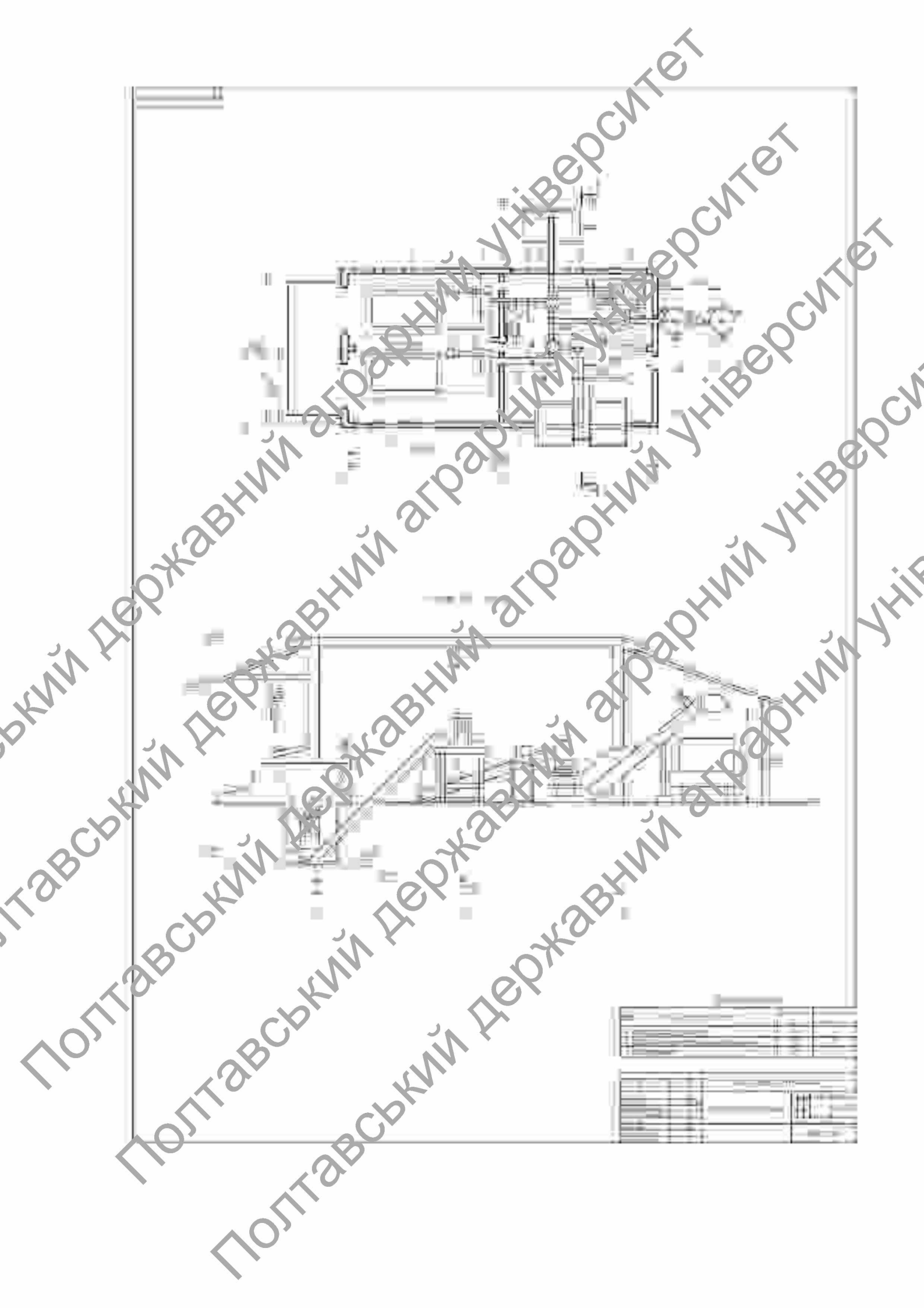
20. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навчальний посібник. Київ : Знання, 2016. 422 с.

21. Третяк А. М. Екологічна безпека аграрного виробництва : навчальний посібник. Київ : ЦП «Компринт», 2019. 276 с.

22. Фурдичко О. І., Демиденко О. В. Основи екологічної безпеки агропромислового виробництва. Київ : ДІА, 2014. 416 с.

23. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня бакалавра здобувачами вищої освіти зі спеціальності 133 Індустріальне машинобудування за освітньо-професійною програмою Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва галузі знань 13 Механічна інженерія. Попов С., Скрипник В. Полтава: ПДАУ, 2022. 32 с.

					КРБ.133ГМбд_41.11.00.00.000	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Полтавський державний аграрний університет

