

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Модернізація технологічного процесу приготування комбікорму з
удосконаленням подрібнювача зерна**

Виконав: здобувач вищої освіти 5 курсу, групи АІз-1-20
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Рижко Назар Ігорович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____ Астіон Василь Миколайович

Дніпро 2025

**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)
«07» травня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Рижко Назар Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Модернізація технологічного процесу приготування комбі-
корму з удосконаленням подрібнювача зерна

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«07» травня 2025 року № 961

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для
подрібнення зерна. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх до-
сліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно роз-
робити) 1. Аналіз виробничої діяльності господарства. 2. Проектування про-
цесу приготування кормів. 3. Розробка обладнання для подрібнення кормів. 4.
Охорона праці. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема
2. Огляд способів подрібнення
3. Характеристики кормів
4. Загальний вигляд
5. Складальне креслення
6. Складальне креслення
7. Складальне креслення
8. Складальне креслення
9. Кронштейн
10. Втулка
11. Планка
12. Економічні показники

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: 07.05.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2025 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2025 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2025 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2025 р.	
5	Економічний	до 22.05.2025р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2025 р.	

Здобувач

(підпис)

Рижко Н.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

Затверд.	Дудін				АІз-1-20
----------	-------	--	--	--	----------

АНОТАЦІЯ

Рижко Н.І. Модернізація технологічного процесу приготування комбікорму з удосконаленням подрібнювача зерна / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У проєкті представлено вступ та проведено аналіз виробничої діяльності господарства, за результатами якого обґрунтовано доцільність створення механізованої технологічної лінії приготування кормів для відгодівельної свиноферми. З урахуванням зоотехнічних вимог виконано розрахунок технологічного процесу. Розроблено конструкцію подрібнювача зерна. Окрему увагу приділено заходам з покращення умов охорони праці та дотримання техніки безпеки. Проведено економічне обґрунтування проєктного рішення. У завершенні подано загальні висновки та перелік використаних джерел.

Ключові слова: свиноферма, корми, подрібнення, зерно, подрібнювач, сколювання.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ГОСПОДАРСТВА	9
1.1 Загальні відомості про господарство	9
1.2 Аналіз галузі тваринництва	10
1.3 Перспективний план розвитку тваринництва	11
1.4 Висновки	12
2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ	13
2.1 Обґрунтування та вибір технології підготовки кормів	13
2.2 Розрахунок ліній приготування компонентів	15
2.3 Розрахунок потреби у воді, парі й електроенергії	18
2.4 Висновки	20
3 РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ	21
3.1 Технології обробки кормів	21
3.2 Способи подрібнення кормів	22
3.3 Машини і робочі органи для подрібнення кормів	24
3.4 Обґрунтування конструкції подрібнювача зернових кормів	25
3.5 Визначення продуктивності подрібнювача	27
3.6 Розрахунки на міцність	29
3.7 Висновки	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	39
4.1 Загальні вимоги	39
4.2 Інструкція з охорони праці для оператора подрібнювача	40
4.3 Висновки	43
5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	44
5.1 Вихідні дані	44
5.2 Розрахунок показників економічної ефективності	44

5.3 Висновки	45
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	47
БІБЛІОГРАФІЯ	48
ДОДАТКИ	50

ВСТУП

В умовах зростаючих вимог до ефективності сільськогосподарського виробництва, особливого значення набуває оптимізація технологічних процесів у галузі тваринництва, зокрема - у сфері приготування комбікормів. Якість кормів безпосередньо впливає на продуктивність тварин, темпи приросту живої маси та собівартість продукції. Одним із ключових етапів підготовки кормів є подрібнення зерна - процес, який значною мірою визначає однорідність, засвоюваність та енергетичну цінність готової кормової суміші.

На сьогодні більшість подрібнювальних машин, що використовуються в господарствах, морально та технічно застаріли. Вони не забезпечують належного рівня енергоефективності, продуктивності та якості подрібнення, а також потребують значних експлуатаційних витрат. Це створює потребу у впровадженні нових конструкцій або вдосконаленні наявного обладнання з метою підвищення ефективності технологічного процесу приготування комбікорму.

Метою даного дипломного проєкту є розробка техніко-технологічного рішення щодо модернізації процесу приготування комбікорму шляхом удосконалення конструкції зерноподрібнювача. У проєкті проведено аналіз існуючих технічних засобів, обґрунтовано вибір оптимального варіанту модернізації, виконано розрахунок основних параметрів обладнання, а також оцінено економічну доцільність запропонованих рішень. Особливу увагу приділено питанням охорони праці та безпеки при експлуатації удосконаленого обладнання.

Результати роботи можуть бути впроваджені на сільськогосподарських підприємствах для підвищення ефективності годівлі тварин і зниження затрат на виробництво кормів.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ГОСПОДАРСТВА

1.1 Загальні відомості про господарство

Приватне сільськогосподарське підприємство «Агрофірма «Перше Травня» розташоване в смт Томаківка, що знаходиться приблизно за 100 км від обласного центру - міста Дніпропетровськ. Господарство має зручне транспортне сполучення з містом завдяки наявності асфальтованих доріг.

Станом на 1 січня 2024 року, згідно з даними обліку земель, за ПСП «АФ «Перше Травня» закріплено 9125,352 га сільськогосподарських угідь, з яких 9056,113 га становить рілля.

Кліматичні умови господарства характеризуються високими літніми температурами, значними добовими коливаннями температур у зимовий період, нестійким зволоженням. Середньорічна кількість опадів становить близько 460 мм, однак може коливатися в межах від 250 до 760 мм. Зима, як правило, малосніжна й нестійка, найхолоднішим місяцем є січень із середньодобовою температурою повітря близько -15°C .

У зимовий період часто спостерігаються відлиги, які призводять до танення снігу. Загальна кількість опадів за зиму коливається від 80 до 120 мм і випадає як у вигляді снігу, так і дощу. Стійкий сніговий покрив зазвичай утворюється в третій декаді грудня і зникає в першій половині березня. Його висота варіює в межах 2–13 см. Глибина промерзання ґрунту становить у середньому 50–55 см, але в холодні роки може досягати 120–140 см.

Безморозний період триває від 165 до 220 днів. У літній сезон спостерігається нестійке зволоження, а часте порушення балансу між температурою й вологістю нерідко призводить до зниження врожайності.

ПСП «АФ «Перше Травня» входить до числа великих аграрних підприємств України. Земельні угіддя господарства мають різні природно-кліматичні

характеристики, що впливає на організацію сільськогосподарського виробництва.

1.2 Аналіз галузі тваринництва

На сьогодні на території ПСП «Агрофірма «Перше Травня» функціонують дві основні тваринницькі ферми: молочно-товарна ферма, розрахована на 400 дійних корів (нині майже не функціонує), та свиноферма з обсягом відгодівлі до 6000 голів на рік. У сфері свинарства господарство поступово впроваджує модернізацію та оновлення технологій, тоді як молочне скотарство, з огляду на низьку рентабельність, перебуває у менш сприятливому стані.

Годівля великої рогатої худоби на МТФ забезпечується кормами власного виробництва. Для цього господарство має відповідну інфраструктуру - кормові сховища (для силосу, сіна, буряків, концентратів) та кормоцех для приготування кормосумішей. Усі основні виробничі процеси на фермі механізовані. Технології механізації постійно удосконалювались, і вже на початку 1990-х років рівень механізації досягав приблизно 55 % (за неофіційними даними), що відповідало середньоукраїнському рівню у галузі скотарства.

На свинофермі застосовується змішана система годівлі, яка передбачає використання кормосумішей на основі буряків та концентрованих кормів. Такий підхід не забезпечує досягнення максимальних добових приростів живої маси, які за умов використання концентратного типу годівлі можуть становити 760–820 г на голову.

До основних виробничих процесів на фермах належать приготування та роздавання кормів, напування тварин, очищення приміщень, видалення гною, доїння корів, первинна обробка молока, а також розкидання підстилки.

Процес прибирання гною в усіх приміщеннях механізований та здійснюється згідно з технологічними нормативами. Гній транспортується гноєзбиральними механізмами за межі тваринницьких приміщень, звідки вивозиться трактором до гноєсховища, розташованого поблизу полів.

Механізовано також і систему водопостачання та напування. Вода подається з центрального водопроводу до водонапірної башти, а звідти розподіляється по виробничих об'єктах відповідно до потреб. Напування тварин відбувається за допомогою індивідуальних та групових автоматичних напувалок.

Доїння корів здійснюється доїльною установкою з молокопроводом. Частина отриманого молока використовується для внутрішніх потреб ферми - зокрема для напування телят і поросят на ранніх стадіях вирощування, решта молока проходить первинну обробку й направляється на реалізацію.

Водночас слід зазначити, що рівень механізації окремих технологічних процесів залишається недостатнім. Найбільш трудомісткими залишаються операції приготування і роздавання кормів, що призводить до значних затрат ручної праці й, відповідно, до підвищення собівартості продукції тваринництва.

1.3 Перспективний план розвитку тваринництва

З огляду на зростання споживчого попиту на свинину та стабільно високий рівень закупівельних цін на живу вагу свиней (у межах 19,5–22,5 грн/кг), керівництвом ПСП «Агрофірма «Перше Травня» ухвалено рішення щодо нарощування виробничих потужностей галузі свинарства. Враховуючи наявність необхідної інфраструктури - тваринницьких приміщень, кормової бази та кадрових ресурсів - у планах господарства передбачено доведення чисельності відгодівельного поголів'я свиней до 6000 голів на рік.

Вирощена продукція реалізовуватиметься шляхом постачання відгодованих свиней на м'ясопереробні підприємства Дніпропетровської області. Такий напрям розвитку дозволить не лише підвищити рентабельність тваринницької галузі, але й забезпечити стабільне функціонування господарства в умовах сучасного аграрного ринку.

У соціальному аспекті підприємство планує залучати до виробництва переважно мешканців селища міського типу Томаківка, тому будівництво житла для працівників не передбачається. Водночас у разі потреби в залученні фахівців

з інших регіонів, господарство зобов'язується забезпечити їх належними житловими умовами. Крім того, підприємство готове брати участь у соціально-економічному розвитку населеного пункту залежно від актуальних потреб громади.

1.4 Висновки

На підставі аналізу виробничої діяльності підприємства у галузі тваринництва встановлено наявність значних резервів для підвищення ефективності свинарства, насамперед шляхом впровадження сучасних технологій та засобів механізації процесу приготування кормів. У зв'язку з цим темою дипломного проєкту обрано: «Модернізація технологічного процесу приготування комбікорму з удосконаленням подрібнювача зерна».

У наступному розділі буде представлено проєкт технологічної лінії приготування кормів для відгодівельної свиноферми ПСП «Агрофірма «Перше Травня», з урахуванням запланованого розширення виробничих потужностей до 6000 голів свиней на рік.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

2.1 Обґрунтування та вибір технології підготовки кормів

Вибір технології приготування кормів визначається конкретними умовами господарства, зоотехнічними вимогами до годівлі тварин, а також економічною доцільністю впровадження певних способів обробки кормової сировини. Сучасне технологічне обладнання, що застосовується на тваринницьких фермах, дає змогу реалізовувати різноманітні методи підготовки кормів - механічні, теплові, хімічні, біологічні та біохімічні.

У практиці тваринництва найбільш поширеними є три типи годівлі: концентратно-коренеплідний, концентратно-картопляний і концентратний. Також до складу раціонів можуть входити відходи харчової та переробної промисловості.

Концентратно-коренеплідний тип годівлі є найпоширенішим серед господарств, що займаються вирощуванням свиней переважно на власній кормовій базі. У зимовий період до складу раціону входять подрібнене зерно, розсипний або гранульований комбікорм, подрібнені коренеплоди (буряки), трав'яне та сінне борошно, комбінований силос. У літній період основою є концентрати, зелена маса бобових і бобово-злакових культур, які згодують у складі вологих повнораціонних сумішей.

Концентратно-картопляний тип годівлі характерний для регіонів із розвиненим картоплярством. Завдяки високій перетравлюваності органічних речовин, вмісту якісного білка та амінокислот, картопля підвищує ефективність засвоєння протеїну в середньому на 15 %.

Концентратний тип годівлі передбачає включення понад 80 % концентрованих кормів, оптимальна вологість яких має становити 55–70 %.

Сухі комбікорми найчастіше застосовуються для поросят на дорощуванні, а також як доповнення до основного раціону інших груп тварин.

Вибір способу годівлі пов'язаний із особливостями травної системи свиней, яка належить до кишкового типу. Основні процеси перетравлення поживних речовин і всмоктування відбуваються в тонкому кишечнику, де під дією травних соків і ферментів гідролізуються білки, вуглеводи й жири.

Із розвитком промислового свинарства зростають вимоги до технічного забезпечення процесу приготування кормів. Необхідно не лише зберігати поживну цінність сировини, але й забезпечити її максимальне засвоєння, оскільки продуктивне використання енергії корму становить лише 20–25 %, тоді як до 35 % витрачається на фізіологічні потреби, а решта втрачається з відходами. Основним завданням підготовки кормів є зниження таких втрат за рахунок підвищення ступеня їх перетравлюваності.

Найбільш поширеними способами підготовки кормів для свиней є подрібнення, теплове оброблення та змішування. Технологічні машини, що застосовуються при цьому, повинні відповідати низці зоотехнічних вимог:

- при подрібненні зерна, сіна та соломи - середній розмір часток (модуль подрібнення) має бути в межах 1,0–2,6;
- при подрібненні коренеплодів і картоплі - не менше 70 % часток мають бути розміром до 5 мм, а часток понад 5 мм - не більше 30 %;
- при мийці коренеплодів - залишкове забруднення не повинно перевищувати 3 %, а втрати корму - не більше 0,1 %;
- при запарюванні та змішуванні - готова кормова маса повинна мати вологість 60–85 % та бути однорідною. Температура обробки - 100–120 °С при постійному перемішуванні. Допустиме відхилення однорідності - не більше 5 %.

Для свинотоварної ферми ПСП «АФ «Перше Травня» доцільно застосовувати концентратно-коренеплідний тип годівлі з включенням до раціону побічних продуктів переробки олійних культур, зокрема макухи.

Запроектоване обладнання передбачається розмістити в приміщенні розміром 6×6 м або під навісом.

Для приготування вологих кормових сумішей передбачається така технологічна схема: подрібнення зерна → подача макухи та комбісилосу → мийка та подрібнення коренеплодів → завантаження усіх компонентів у запарник-змішувач → термічна обробка та змішування → вивантаження готової суміші.

2.2 Розрахунок ліній приготування компонентів

Загальна кількість кормів $P_{k.o}$, кг, що підлягають обробці, обчислимо по формулі:

$$P_{k.o} = P_c - P_i, \quad (2.1)$$

де P_c - добова витрата кормів, кг;

P_i - добова кількість кормів, що згодовуються тваринам у їх природному (натуральному) вигляді, кг.

$$P_{k.o} = (3,36 \cdot 771 + 6,45 \cdot 40) - (1,06 \cdot 771 + 4,40) = 1891,3 \text{ кг}$$

Продуктивність обробки коренеплодів:

$$W_{глкп} = \frac{P_{скп}}{(1,5 - 2,0)n}, \quad (2.2)$$

де n - число видач коренеплодів за добу, $n=3$.

Згідно з зоотехнічними вимогами, подрібнені коренеплоди дозволено зберігати не більше 1,5–2 годин. Тому їх необхідно згодовувати тваринам у максимально короткий термін після подрібнення. Організацію технологічного процесу слід здійснювати таким чином, щоб мінімізувати час між подрібненням і роздаванням корму, адже перевищення допустимого терміну зберігання може спричинити втрату якості корму та зниження його споживання тваринами.

$$W_{т.л.ккп} = \frac{2,1 \cdot 771 + 4 \cdot 40}{(1,5 - 2,0) \cdot 3} = 395,4 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Продуктивність технологічної лінії для підготовки концентрованих кормів визначаємо з виразу:

$$W_{т.л.конц} = \frac{P_{с\text{ конц}}}{n \cdot t_{л}}, \quad (2.3)$$

де $t_{л}$ - час, відведений для підготовки однієї видачі, $t_{л} = 2$ години.

$$W_{т.л.конц} = \frac{1,365 \cdot 771 + 1,6 \cdot 40}{3 \cdot 2} = 186,1 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Оскільки у кормоприготувальному відділенні готується багатоконпонентна кормова суміш, необхідно виконати розрахунок продуктивності технологічної лінії змішування кормів.

$$W_{т.л.см} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{t_{л_i} \cdot z}, \quad (2.4)$$

$$W_{т.л.см} = \frac{(2,1 \cdot 771 + 440) + (1,365 \cdot 771 + 1,6 \cdot 40) + (0,17 \cdot 771 + 0,2 \cdot 40) + 40}{1,33} = 850 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Обладнання та машини, що входять до складу технологічної лінії, мають забезпечувати своєчасну підготовку кормів та їх вивантаження, гарантуючи безперервність роботи всієї лінії. Для кожної технологічної операції добирається відповідна техніка згідно з технологічною схемою процесу (див. аркуш 1 графічної частини). Кількість машин певної моделі визначається за наступним принципом:

$$n = \frac{W_{\text{л}}}{W_{\text{м}}}, \quad (2.5)$$

де $W_{\text{л}}$ - продуктивність технологічної лінії, кг/год;

$W_{\text{м}}$ - продуктивність машини обраної марки, кг/год.

Для подачі зерна до дробарки обрано переносний шнековий живильник моделі ПШ-320/4,0, який має діаметр шнека 320 мм, відстань між точками завантаження і вивантаження - 1000 мм, масу - 339 кг, продуктивність - до 3 т/год, а споживану потужність - 4 кВт.

Для подрібнення зерна передбачено використання розробленого нами подрібнювача зерна і коренеплодів. Його розрахункова продуктивність при роботі із зерном становить 195 кг/год. Виходячи з цього, кількість необхідних подрібнювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{186,1}{195} = 0,954.$$

Приймаємо один подрібнювач.

Для очищення поверхні коренеплодів від домішок у разі їхнього забруднення, а також для подальшого подрібнення, передбачається використання подрібнювача-каменевловлювача марки ІКМ-Ф-5. У випадках, коли ступінь забруднення невелика або відсутня, застосовується розроблений нами подрібнювач зерна та коренеплодів.

Кількість ІКМ-Ф-5, необхідних для кормоприготувального відділення, визначається по формулі (2.5):

$$n = \frac{395,4}{5000} = 0,07.$$

Приймаємо ІКМ-Ф-5 - 1 шт.

Для змішування й запарювання кормової суміші використаємо змішувач-запарник С-2.

$$n = \frac{850}{2000} = 0,425$$

Приймаємо один змішувач-запарник.

Для дозування та завантаження коренеплодів до складу лінії включаємо один транспортер для коренеплодів типу ТК-5Б.

2.4 Розрахунок потреби у воді, парі й електроенергії

Для розміщення технологічного обладнання передбачається використання цегляної будівлі розміром 6×6 м у плані, а також навісу таких самих габаритів. Передбачена можливість об'єднання кормоприготувального відділення із зерновим складом у єдиний блок.

Розрахунок добової потреби у воді для роботи кормоприготувального відділення здійснюється за формулою:

$$Q_{cp\,сут} = n \cdot q, \quad (2.6)$$

де n - кількість сухого корму, кг;

q - добова норма споживання води, л.

$$Q_{cp\ cym} = 2868,56 \cdot 0,75 = 2151,42 \text{ л}.$$

Годинна витрата води $Q_u, \text{ м}^3$, визначимо з урахуванням коефіцієнта годинної нерівномірності $\alpha = 2-4$ [6] по формулі:

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot Q_{cp\ cym}}{24} = \frac{3 \cdot 2,1}{24} = 0,26 \text{ м}^3. \quad (2.7)$$

Потреба пари на виробничі потреби (запарювання кормів) Q_{nn} і опалення кормоцеху Q_{omk} визначаємо по формулі:

$$Q_u = Q_{nn} + Q_{omk} = q_n n + q_{om} V, \quad (2.8)$$

де Q_u - питома витрата пари, $q_n = 0,20-0,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

q_{om} - питома витрата пари на опалення приміщення, $\text{кг}/\text{м}^3$, $q_{om} = 0.50-0.75 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

;

V – об'єм опалюваного приміщення (6х6х32), $V = 115,2 \text{ м}^3$.

$$Q_u = 0,20 \cdot 2808,56 + 0,5 \cdot 115,2 = 631,312 \text{ кг}$$

Добову витрату електроенергії $\mathcal{E}_{cym}$, кВт·год, визначаємо по формулі:

$$\mathcal{E}_{cym} = (N_1 t_1 + N_2 t_2 + \dots + N_n t_n) k, \quad (2.9)$$

де N_1, N_2, N_n - потужність установлених у блокування кормоприготувальному відділенні електродвигунів, кВт ;

t_n - час роботи електродвигунів, год;

k - кратність включення електродвигунів, $k = 3$.

$$\mathcal{E}_{\text{сум}} = (4 \cdot 0,6 + 0,75 \cdot 1 + 10,5 \cdot 0,07 + 8,5 \cdot 0,425 + 3 \cdot 0,066 + 3 \cdot 0,5) \cdot 3 = 16,749 \text{ кВт}.$$

2.4 Висновки

На основі вихідних даних і попередніх розрахунків у цьому розділі було виконано наступне:

1. Обґрунтовано вибір технології приготування кормосумішей для свино-ферми та складено структурно-технологічну схему кормоцеху, що включає чотири технологічні лінії.

2. Визначено необхідну продуктивність кожної з ліній, а також розраховано загальний добовий обсяг роботи кормоцеху.

3. Здійснено підбір технологічного обладнання та розраховано кількість одиниць техніки, необхідних для кожної лінії.

Проведений техніко-технологічний аналіз роботи окремих машин виявив наявність конструктивних недоліків, що обумовлює необхідність подальшого їх опрацювання. У наступному розділі буде виконано детальний розрахунок та вдосконалення зерноподрібнювача, як одного з ключових елементів технологічної лінії.

3 РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ

3.1 Технології обробки кормів

Корм, підготовлений до згодовування сільськогосподарським тваринам, повинен відповідати зоотехнічним вимогам, що регламентуються відповідними стандартами та технічними умовами. Незалежно від виду корму, способи його підготовки класифікують за видом енергії, що використовується у технологічному процесі. Виділяють п'ять основних методів обробки: механічний, тепловий, хімічний, біологічний і біохімічний.

Необхідність підвищення ефективності виробничих процесів у галузі тваринництва зумовила розробку різноманітних галузевих технологій кормоприготування. Серед них провідне місце займає механічна обробка, що передбачає вплив на кормову сировину робочими органами машин задля зміни її фізичної структури.

Механічна технологія включає вивчення фізико-механічних характеристик сировини та продуктів її переробки, наукових основ технологічних операцій, а також робочих органів машин і методів їх удосконалення.

Подрібнення є одним із найпоширеніших і найважливіших процесів у механічній технології приготування кормів. Його значення обумовлене фізіологічними особливостями травлення тварин: чим менші частки корму, тим більша їх питома поверхня, що сприяє кращому проникненню травних ферментів і підвищенню засвоюваності поживних речовин.

У технічному плані подрібнення належить до найбільш енергоємних і дорогих операцій у технологічному процесі кормоприготування. Тому оптимізація цього процесу має важливе значення як для підвищення продуктивності, так і для зниження витрат енергії.

3.2 Способи подрібнення кормів

У практиці кормоприготування застосовуються такі основні способи подрібнення:

- ударне дроблення (вільний удар);
- розколювання;
- стискання і стирання;
- плющення;
- різання (лезом або різцем)

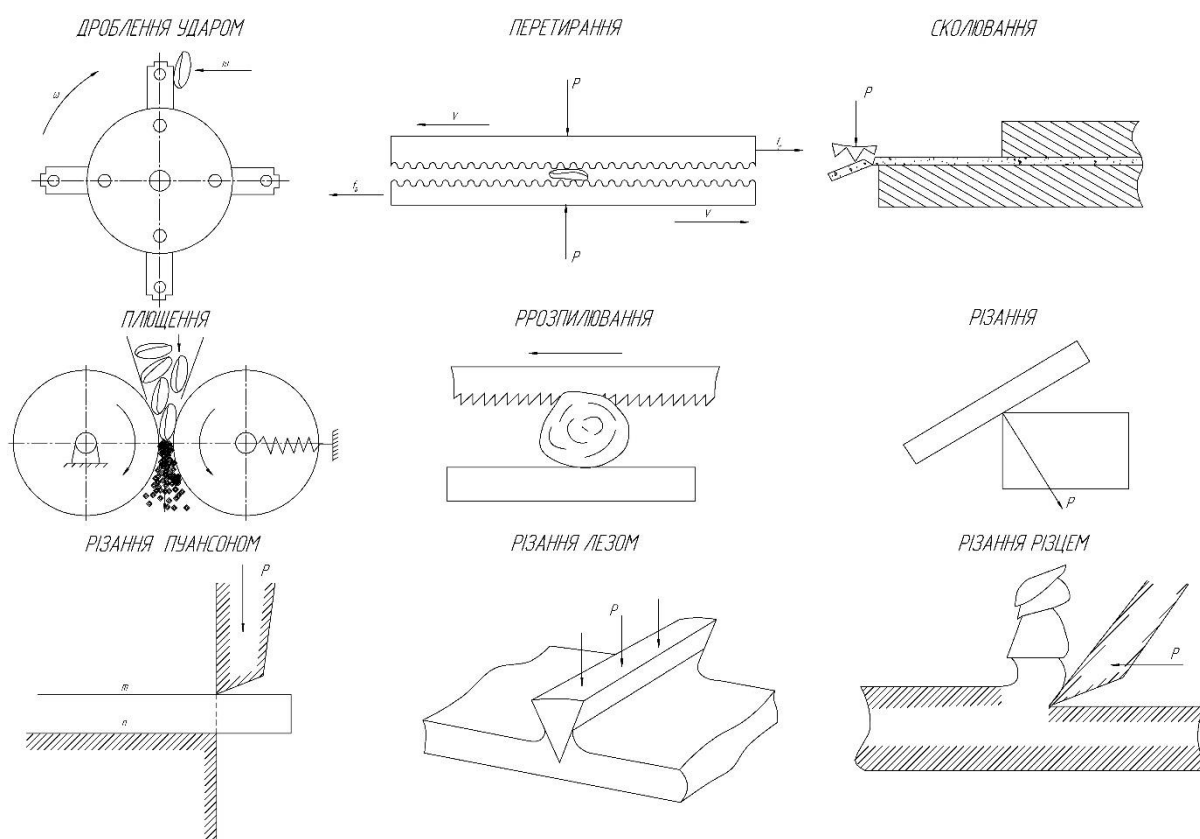


Рисунок 3.1 - Способи подрібнення кормів

Під час вибору способу подрібнення та проектування робочих органів подрібнювальних машин слід враховувати фізико-механічні властивості сировини. Перевагу варто надавати таким способам, при яких руйнування матеріалу досягається за мінімального енергоспоживання. Зокрема, розколювання, стирання та різання є більш енергоефективними в порівнянні з ударом, оскільки граничне зусилля сколювання менше за нормальне напруження розриву.

Різноманіття видів кормів, їх фізичних властивостей та зоотехнічних вимог до якості подрібнення зумовило появу значної кількості методів обробки, кожен з яких має свою теоретичну базу.

Зокрема, теоретичні основи молоткових дробарок були закладені академіком В.П. Горячкиним і розвинуті в працях М.М. Гернета, В.А. Єлісєєва, С.В. Мельникова та інших дослідників. Ця теорія описує процес диспергування матеріалу в дробильній камері, динаміку роботи молоткового барабана, аеродинамічні характеристики і енергетичні аспекти функціонування дробарки. У свою чергу, теорія вальцових млинів фокусується на кінематиці вальців і виборі конструктивних параметрів обладнання.

Недоліком наявних теорій є те, що вони здебільшого розглядають лише окремі аспекти подрібнення - зокрема, різання, дроблення або стирання - і не дають цілісного уявлення про єдиний технологічний процес.

У загальному вигляді теорія подрібнення (або теорія масового руйнування твердих тіл) розглядає два ключові напрямки:

Закономірності розподілу часток за розмірами (крупністю), визначення середнього розміру, питомої поверхні та ступеня подрібнення. Якщо відомий статистичний закон розподілу, то з нього можна розрахувати всі необхідні характеристики корму.

Функціональна залежність між витратою енергії (або механічною роботою) та результатом подрібнення - з урахуванням типу сировини, обраної технології, типу обладнання та режимів його роботи.

3.3 Машини і робочі органи для подрібнення кормів

Для подрібнення різних видів кормових матеріалів у тваринництві використовуються спеціалізовані машини й механізми, оснащені відповідними робочими органами. Вибір типу обладнання визначається фізико-механічними властивостями сировини, технологічними вимогами до кінцевого продукту та зоотехнічними критеріями якості корму. Кожен тип подрібнювача охоплює широку групу конструкцій, які можуть відрізнятися принципом дії, компонованням робочих органів, способом подачі та вивантаження продукту, рівнем автоматизації та ін.

Серед усього різноманіття подрібнювального обладнання в практиці тваринництва найбільше поширення отримали молоткові дробарки, які працюють за принципом ударної дії. Їх популярність обумовлена низкою переваг:

- простота конструкції;
- висока надійність у роботі;
- компактність і зручність розміщення;
- достатня продуктивність;
- можливість прямого приєднання до електроприводу;
- адаптованість до широкого спектру кормових матеріалів.

Однак молоткові дробарки мають і ряд суттєвих недоліків, які обмежують ефективність їх застосування в сучасних умовах:

Підвищена енергоємність - значна частка споживаної енергії витрачається не на подрібнення, а на створення вихрових потоків, тертя й шуму.

Низька однорідність фракційного складу готового продукту - у результаті подрібнення утворюється велика кількість пилу та надмірно дрібних часток, що негативно впливає на зоотехнічну якість корму.

Інтенсивне зношування елементів - при високих швидкостях обертання молотків вони швидко зношуються, що призводить до частих зупинок на обслуговування і підвищених експлуатаційних витрат.

З огляду на вказані недоліки та з урахуванням зростаючих вимог до енергоефективності, якості корму й надійності обладнання, доцільно переглянути сам принцип подрібнення.

У межах цього дипломного проєкту за основу розробки вдосконаленого зерноподрібнювача приймається принцип сколювання - процес руйнування структури зерна внаслідок прикладення зусиль з боку робочого органа таким чином, щоб матеріал розщеплювався вздовж площин найменшого опору. Такий підхід дозволяє досягти необхідного ступеня подрібнення при суттєвому зниженні енерговитрат і зменшенні утворення надлишково дрібних фракцій.

Реалізація цього принципу в конструкції подрібнювача створює передумови для покращення якісних та економічних показників процесу підготовки кормів, що є ключовим у сучасному виробництві комбікормів для свинарства.

3.4 Обґрунтування конструкції подрібнювача зернових кормів

На основі проведеного аналізу існуючих конструкцій малогабаритних подрібнювачів зернових кормів, а також особливостей їх робочих органів і геометричних параметрів (зокрема форми та розмірів деки, кута її обхвату, зазору між декою і ротором тощо), було встановлено, що найбільш доцільною для подальшої розробки є конструкція подрібнювача, яка поєднує ефективність роботи з компактністю та технологічною простотою.

Обраний тип подрібнювача забезпечує оптимальні умови для реалізації принципу подрібнення зерна сколюванням і відповідає вимогам до якості кінцевого продукту при помірному енергоспоживанні.

Принципова схема даної конструкції наведена на рис. 3.1, а її загальний вигляд представлено у графічній частині дипломного проєкту.

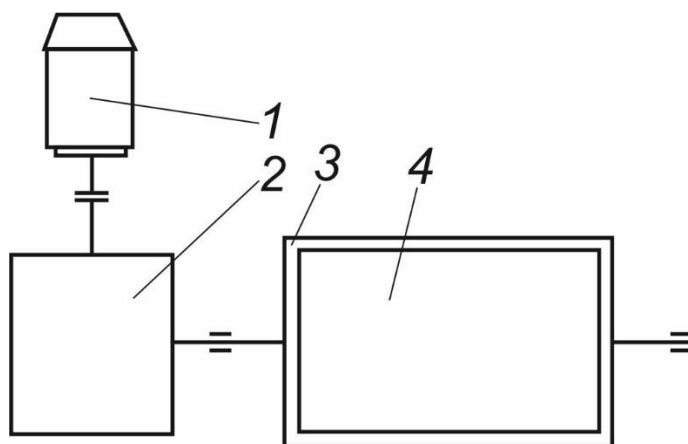


Рисунок 3.1 - Схема малогабаритного подрібнювача

Схема процесу здрібнювання зерна представлена на мал. 3.2. Регулювання зазору між декою й барабаном a є основний, тому що при зміні зазору змінюється крупність млива, що дуже важливо при вигодовуванні здрібненого корму різними видами тварин.

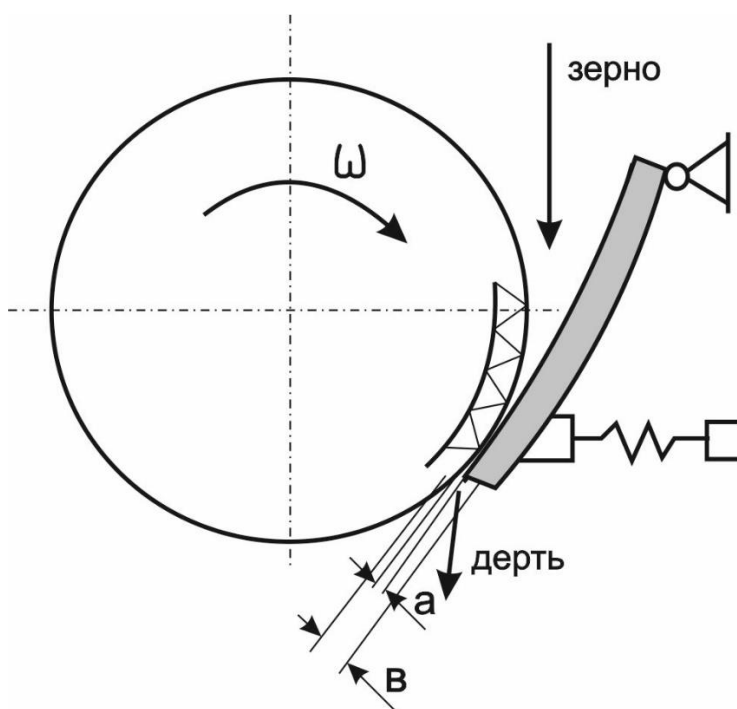


Рисунок 3.2 - Схема процесу дроблення зерна

3.5 Визначення продуктивності подрібнювача

Робочий процес заснований на розтиранні продукту за допомогою подрібнюючого барабана. Виходячи з геометричних та кінематичних характеристик, продуктивність машини можна визначити за наступною формулою:

$$Q = a \cdot l \cdot v_3 \cdot \rho \cdot \psi, \quad (3.1)$$

Швидкість продукту в зазорі приймаємо як і лінійну швидкість барабана:

$$V_3 = V_6 = \frac{2\pi R_6}{T}, \quad (3.2)$$

де V_3 - швидкість барабана, см/с;

R_6 - радіус барабана, см;

T - час одного повного оберту, с.

Період обертання розрахуємо по формулі:

$$T = \frac{t}{n}, \quad (3.3)$$

де n – число обертів барабана;

t – час, за який зроблене n кількість обертів.

Електродвигун має 940 об/хв. і передає свій крутний момент через редуктор 4С-80-12,5 з передатним відношенням $i=12,5$. Звідси випливає, що

$$n = \frac{n_9}{i} = \frac{940}{12,5} = 75,2 \text{ об/хв.} \quad (3.4)$$

$$t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с.}$$

$$T = \frac{60}{75,2} = 0,8 \text{ с.}$$

Звідки

$$V_3 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,5}{0,8} = 35 \text{ см / с.}$$

Щільність продукту приймається відповідно до даних таблиці (див. аркуш графічної частини).

Коефіцієнт заповнення дробильного простору ψ для розробленої конструкції знаходиться в межах $0,5 \dots 0,7$ і визначається фізичними властивостями матеріалу, що подрібнюється, а також розміром робочого зазору між подрібнюючими елементами.

Розрахунок продуктивності для різних сільськогосподарських культур та заданого ступеня подрібнення проводиться окремо. Наприклад, для ячменю розрахункова продуктивність становить:- дрібний помел:

$$Q = 0,02 \cdot 34 \cdot 35 \cdot 1,36 \cdot 0,6 = 19,4 \text{ г / с} = 70 \text{ кг / год};$$

- середній помел:

$$Q = 0,04 \cdot 34 \cdot 35 \cdot 1,36 \cdot 0,62 = 40 \text{ г / с} = 144,3 \text{ кг / год};$$

- грубий помел:

$$Q = 0,08 \cdot 34 \cdot 35 \cdot 1,36 \cdot 0,64 = 82,8 \text{ г / с} = 298 \text{ кг / год}.$$

Аналогічним чином здійснюється розрахунок продуктивності подрібнення для інших культур - кукурудзи, вівса, пшениці, гороху. Отримані значення зведено у відповідну таблицю (див. аркуш графічної частини). На основі аналізу табличних даних можна зробити висновок, що середня розрахункова продуктивність подрібнювача становить:

- при дрібному помелі: $Q = 70 \text{ кг} / \text{ч} = 19,6 \text{ г} / \text{с};$

- при середньому: $Q = 150 \text{ кг} / \text{ч} = 41,5 \text{ г} / \text{с};$

- при грубому: $Q = 317 \text{ кг} / \text{ч} = 88 \text{ г} / \text{с}.$

3.6 Розрахунки на міцність

Для зручності розрахунків представимо систему сил, що діють на вал і робочі органи вала, у диметрії (рис. 3.3).

Силу N_c було визначено на основі зусилля, необхідного для руйнування однієї зернівки ячменю, оскільки ячмінь вважається найбільш міцною серед зернових культур. Для подрібнення однієї зернівки потрібно прикласти зусилля в розмірі 145 Н.

З урахуванням довжини барабана та прийнятого коефіцієнта заповнення дробильного простору, розрахункова сила N_c становить орієнтовно 2000 Н.

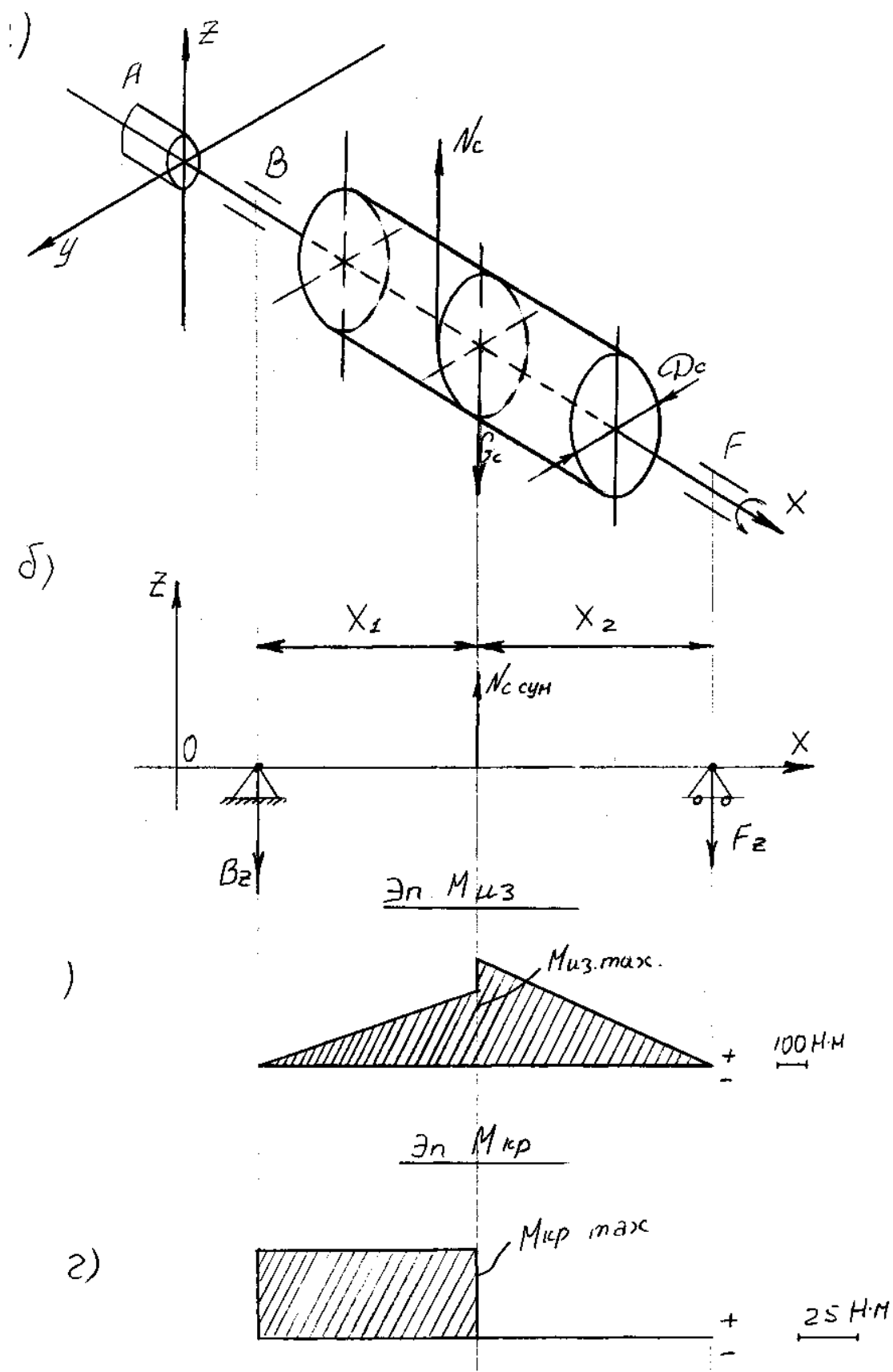


Рис. 3.3 Система сил, що діють на вал

На рисунку 3.3,б зображено розподіл сил, що діють уздовж вала під час роботи зернодробарки. Для спрощення розрахунків приймається, що сили N_c (сила подрібнення) та G_c (вага робочого органа або масивної частини барабана), які діють у межах однієї площини та мають протилежні напрямки, можуть бути зведені в одну рівнодійну силу. Це дозволяє спростити подальший розрахунок реакцій опор вала та визначення моментів.

Тому:

$$N_{csum} = N_c - G_c = 2000 - 50 = 1950 \text{ Н}. \quad (3.5)$$

Нам необхідно для початку знайти реакції в опорах B_z і F_z , для чого становимо рівняння:

$$\Sigma M_o = -F_z \cdot 1,135 + N_{csum} \cdot x_1 = 0. \quad (3.6)$$

$$F_z = \frac{N_{csum} \cdot x_1}{x_1 + x_2} = \frac{1950 \cdot 0,31}{0,31 + 0,19} = 1209 \text{ Н}.$$

Сила F_z вийшла позитивною, значить напрямок її дії обраний правильно.

$$\Sigma Z = -B_z + N_{csum} - F_z = 0. \quad (3.7)$$

$$B_z = N_{csum} - F_z;$$

$$B_z = 1950 - 1209 = 741 \text{ Н}.$$

Будуємо епюру згинальних моментів (мал. 3.3 в).

$$\begin{aligned}
M_I &= B_{\text{я}} \cdot x_1; & x_1 &= 0; & M_I &= 0; \\
x_1 &= 0,31; & M_I &= 229,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \\
M_{II} &= B_z \cdot (x_1 + x_2) - N_{\text{сум}} \cdot x_2; & x_2 &= 0; & M_{II} &= 370,5; \\
x_2 &= 0,19; & M_{II} &= 0.
\end{aligned}$$

Будуємо епюру крутних моментів (мал. 3.3, г). Для чого силу $N_{\text{сум}}$ множимо на плече R_c і відкладаємо $M_{\text{кр}}$ у заданому масштабі:

$$M_{\text{кр}} = N_{\text{сум}} \cdot R_c, \quad (3.8)$$

$$M_{\text{кр}} = 741 \cdot 0,05 = 37,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знаходимо еквівалентний момент:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\text{из max}}^2 + M_{\text{кр max}}^2} = \sqrt{370,5^2 + 37,05^2} = 372,3 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.9)$$

Умова міцності вала при спільній дії вигину і кручення:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{екв}}}{W_{\text{из}}^o} \leq [\sigma]. \quad (3.10)$$

$$W_{\text{из}}^o = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,042^3}{32} = 7,27 \cdot 10^{-6} \text{ Па}. \quad (3.11)$$

Для ст.3 – $[\sigma] = 180 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{372,3}{7,27 \cdot 10^{-6}} = 51 \cdot 10^6 \text{ Па} < 180 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Умова міцності виконується, отже обраний діаметр вала є достатнім і конструктивно виправданим.

Для подальшого вибору електродвигуна необхідно визначити крутний момент, що передається на подрібнюючий барабан. Він є основним параметром, який визначає потужність приводу, і розраховується за наступною формулою:

$$M_{крс} = 37,05H \cdot m.$$

Розрахувавши значення моменту, можна підібрати електродвигун відповідної потужності з урахуванням коефіцієнта запасу та умов експлуатації:

$$N = M_{крс} \cdot \omega = 37,05 \cdot 7,27 = 708,8 \text{ Вт}. \quad (3.12)$$

Оскільки частина потужності електродвигуна буде втрачатися при передачі через однозахідний черв'ячний редуктор, слід урахувати його коефіцієнт корисної дії (ККД). Для подальших розрахунків фактичну необхідну потужність на валу електродвигуна визначаємо шляхом ділення потужності, яку потрібно передати на робочий орган, на ККД редуктора:

$$N_1 = \frac{N}{\eta} = \frac{708,8}{0,81} = 875,1 \text{ Вт}. \quad (3.13)$$

Виберемо електродвигун потужністю 1,5 кВт марки 4AMX90L6B3. Потужності електродвигуна буде досить для роботи подрібнювача зерна.

Реакції опор були визначені нами раніше, при розрахунках вала. Найбільш навантаженим є підшипник у точці B, тому що $Fr \succ Fr^1$,

$$F_r = 1209 \text{ Н.}$$

Оскільки в конструкції не передбачається наявності осьового навантаження, але можливі невеликі перекоси вала під час роботи подрібнювача, доцільно застосувати радіальні сферичні дворядні шарикопідшипники, які здатні компенсувати такі перекоси та забезпечити стабільну роботу вала. У такому випадку еквівалентне навантаження для вибору підшипника визначається за спрощеною формулою:

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\sigma \cdot K_t \quad (3.14)$$

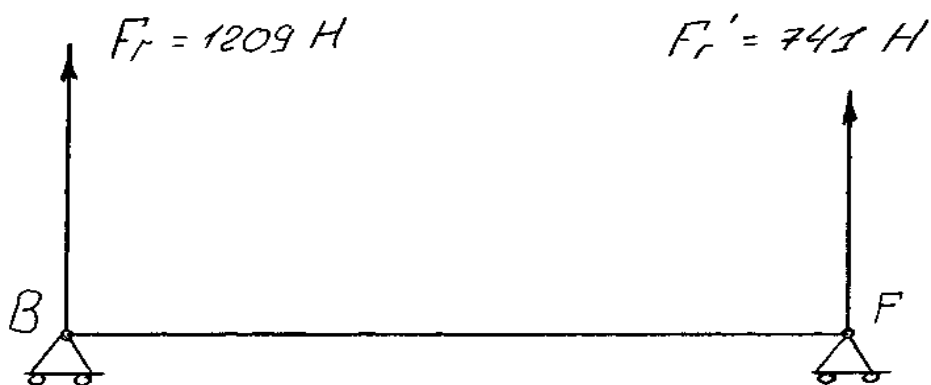


Рисунок 3.4 - Ескізне компонування підшипникового вузла

Тоді: $P = 1,209 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 1,523 \text{ кН.}$

Довговічність $L_h = 40000$ год.

При частоті обертання 100 об/хв. і заданій довговічності маємо динамічну вантажопідйомність:

$$\frac{C}{P} = 6,2. \quad (3.15)$$

Тоді: $C = 6,2 \cdot P = 6,2 \cdot 1,523 = 13,2 \text{ кН}.$

По даній вантажопідйомності і діаметру посадкового місця $d = 35 \text{ мм}$ підбираємо підшипник по таблицях каталогу - марка 1206.

Динамічна вантажопідйомність по каталогу становить $C_{кат} = 15,9 \text{ кН}.$

Враховуючи що $C \prec C_{кат},$

підшипники обрані правильно.

Перевіряємо обрану шпонку на зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{d(h-t) \cdot l_p} \leq [\sigma_{см}], \quad (3.16)$$

$$l_p = l - h = 32 - 6 = 26 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$[\sigma_{см}]$ – допустиме напруження зминання,

$$[\sigma_{см}] = 320 \text{ МПа}.$$

Підставляємо у формулу і одержимо

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 37,05}{30 \cdot 10^{-3} \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 3,5 \cdot 10^{-3}) \cdot 26 \cdot 10^{-3}} = 240 \cdot 10^6 \text{ Па} = 240 \text{ МПа} \prec [\sigma_{см}].$$

Умова виконується, значить шпонку обрано правильно.

Першою вимогою при визначенні параметрів бункера є забезпечення рівномірної подачі зернової маси по всій довжині барабана. З цією метою довжину

вивантажувального отвору приймаємо рівною 260 мм, а загальну довжину бункера, з урахуванням конструктивних обмежень, - 390 мм при ширині 460 мм.

Друга умова полягає в тому, що кут нахилу бічних стінок бункера має бути не меншим за природний кут скошу сипкої маси, який становить $\varphi = 45^\circ$. Висоту бункера приймаємо 740 мм. За таких геометричних параметрів об'єм бункера становитиме приблизно $0,4 \text{ м}^3$.

Маючи значення об'ємної маси корму, можна розрахувати вантажну місткість бункера в кілограмах.

$$M = \rho \cdot V \quad (3.17)$$

Звідки

$$M = 600 \cdot 0,1 = 60 \text{ кг}.$$

Для проведення розрахунку параметрів вивантажувального отвору бункера використовується така залежність:

$$R_{cv} = \frac{\tau_o \cdot (1 + \sin \varphi)}{\gamma \cdot g}, \quad (3.18)$$

$$R_{cv} = \frac{22,4 \cdot (1 + \sin 45^\circ)}{600 \cdot 9,8} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Для зв'язних (вологих або липких) матеріалів важливо забезпечити безперешкодне висипання продукту з бункера. Тому гідравлічний радіус випускного отвору бункера має перевищувати критичне значення, необхідне для самопливного руху матеріалу. Це формулюється так:

$$R \succ R_{св}. \quad (3.19)$$

Для прямокутного отвору

$$R = \frac{(A - a') \cdot (B - a')}{2 \cdot (A + B - 2 \cdot a')}, \quad (3.20)$$

Тоді

$$R = \frac{(15 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}) \cdot (260 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3})}{2 \cdot (15 \cdot 10^{-3} + 260 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3})} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Нерівність (3.20) не порушується:

$$4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \succ 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

звідси можна зробити висновок, що при прийнятій щілині, геометричних параметрах бункера й інших факторах сводоутворення не буде.

3.7 Висновки

У межах даного розділу було проведено детальний аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів зернових кормів, зокрема малогабаритних дробарок, що застосовуються на тваринницьких фермах. Розглянуто типи робочих органів, принципи дії машин та їх вплив на якість готового корму, енерговитрати та експлуатаційні характеристики обладнання.

Встановлено, що найбільш поширеними є молоткові дробарки ударної дії, однак їх використання супроводжується низкою суттєвих недоліків, серед яких

- висока енергоємність, надмірне подрібнення продукту, значне зношування робочих органів та нерівномірність гранулометричного складу. З огляду на це, в дипломному проєкті запропоновано технічне удосконалення, що ґрунтується на принципі подрібнення зерна сколюванням.

Запропонована конструкція подрібнювача була обґрунтована на основі аналізу фізико-механічних властивостей сировини та зоотехнічних вимог до комбікорму. Розроблено кінематичну схему, визначено основні геометричні параметри та виконано інженерні розрахунки, що підтвердили технічну здійсненість і працездатність запропонованого рішення.

Реалізація вдосконаленого подрібнювача дозволяє підвищити ефективність технологічного процесу підготовки кормів, зменшити питомі витрати енергії та забезпечити високу якість кінцевого продукту при одночасному зниженні зносу деталей. Отримані результати свідчать про доцільність впровадження даної конструкції на свинотоварних фермах з метою підвищення рентабельності виробництва.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги

Приготування комбікормів на свинотоварних фермах є важливою і водночас потенційно небезпечною частиною технологічного процесу, що передбачає використання різноманітного механічного та електричного обладнання, роботу з сипучими, пиловиділяючими матеріалами, обслуговування установок з рухомими елементами, а також перебування персоналу в середовищах з підвищеним рівнем шуму, вібрацій і запиленості. З метою забезпечення безпеки працівників та зниження виробничих ризиків на комбікормовій ділянці мають виконуватись загальні вимоги охорони праці відповідно до Закону України «Про охорону праці», нормативів ДНАОП, ДСТУ, а також інструкцій із безпечного ведення робіт.

Виробничі приміщення, у яких розташоване технологічне обладнання для подрібнення, дозування, змішування та переміщення кормових компонентів, повинні бути обладнані ефективною вентиляційною системою, яка забезпечує видалення пилу, регулювання вологості повітря та підтримання допустимого мікроклімату. Освітлення має відповідати санітарним нормам і забезпечувати достатню видимість у робочих зонах. Поверхні підлоги повинні бути рівними, неслизькими, стійкими до стирання та легко очищуваними від кормових залишків і пилу. Усі проходи, підходи до обладнання, аварійні виходи та доступ до електрощитів мають бути вільними та чітко позначеними.

Усе встановлене технологічне обладнання повинно бути справним, мати захисні кожухи на рухомих та обертових елементах (молотки, ножі, вальці, шнеки, приводи), аварійні зупинки, обмежувачі, надійне заземлення та відповідати вимогам електробезпеки. Заборонено експлуатацію машин із знятими захисними кожухами, а також використання несправного або кустарного обладнання. Пуск машин допускається лише після попередньої перевірки їх технічного стану та переконання у відсутності людей у небезпечній зоні.

До роботи допускаються лише працівники, які пройшли попередній медичний огляд, вступний інструктаж з охорони праці, навчання за професією та перевірку знань з техніки безпеки. Вони повинні бути ознайомлені з потенційними небезпеками процесу, правилами користування засобами індивідуального захисту, порядком дій у разі аварійної ситуації, а також з інструкціями щодо експлуатації обладнання. Персонал повинен працювати у відповідному спецодязі, користуватись респіраторами або фільтрувальними масками для захисту органів дихання від зернового пилу, захисними окулярами, рукавичками, а в умовах підвищеного шуму - спеціальними навушниками або берушами.

Особливу увагу слід приділяти боротьбі з пилом, який не лише шкідливий для здоров'я працівників, а й становить вибухо- та пожежонебезпечну загрозу. Тому необхідно систематично очищувати робочі поверхні, вентиляційні канали, фільтри, елементи обладнання від пилових відкладень, а також уникати скупчення сипучих залишків у важкодоступних місцях. Усі приміщення мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, зокрема вогнегасниками, ящиками з піском або бочками з водою. Вогненебезпечні роботи поблизу комбікормового цеху суворо заборонені. Куріння на території ділянки категорично не допускається.

З метою зниження травматизму та запобігання професійним захворюванням важливо регулярно проводити повторні інструктажі з охорони праці, перевірки стану обладнання, а також моніторинг умов праці відповідно до вимог чинного законодавства. Усі аварійні ситуації, навіть незначні, мають фіксуватись, розслідуватись та використовуватись для запровадження коригувальних заходів. Таким чином, суворе дотримання загальних вимог охорони праці на ділянці приготування комбікормів сприяє не лише збереженню здоров'я працівників, а й забезпечує безперебійну та економічно ефективну роботу свиноферми.

4.2 Інструкція з охорони праці для оператора подрібнювача

1. Загальні положення

1.1. Дана інструкція встановлює вимоги охорони праці для оператора подрібнювача зерна під час виконання робіт на комбікормовій ділянці.

1.2. До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли:

- медичний огляд;
- вступний інструктаж з охорони праці;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- навчання і перевірку знань правил безпеки.

1.3. Оператор зобов'язаний дотримуватись внутрішнього трудового розпорядку, правил особистої гігієни, вимог протипожежної безпеки та інструкцій з експлуатації обладнання.

1.4. Під час роботи можливий вплив таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- рухомі частини обладнання (молотки, вальці, шнеки);
- електричний струм;
- підвищений рівень шуму (понад 85 дБ);
- підвищена запиленість повітря;
- висока температура поверхонь обладнання.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Одягти та перевірити справність засобів індивідуального захисту: спецодяг, респіратор, рукавички, захисні окуляри, протишумові навушники.

2.2. Перевірити технічний стан подрібнювача: наявність та справність захисних кожухів, відсутність сторонніх предметів у камері подрібнення, справність електропроводки та заземлення.

2.3. Упевнитися в надійності кріплень, відсутності витоків змащувальних матеріалів.

2.4. Уточнити завдання на зміну, переконатися у готовності робочої зони до безпечної експлуатації.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Забороняється запускати обладнання за наявності сторонніх осіб у зоні обслуговування або при відкритих люках, кожухах, решітках.

3.2. Заборонено працювати без засобів індивідуального захисту.

3.3. Стежити за рівномірною подачею зерна до подрібнювача - уникати перевантаження машини.

3.4. Не торкатися рухомих частин та не наближати руки до отворів для подачі/вивантаження матеріалу під час роботи.

3.5. При виявленні стороннього шуму, вібрацій, задимлення або запаху горілого – негайно зупинити машину та повідомити керівника робіт.

3.6. У разі короткочасної зупинки машини не залишати її без нагляду при ввімкненому електроживленні.

3.7. Усі регулювання або очищення допускається лише після повного відключення живлення.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Повністю відключити живлення подрібнювача.

4.2. Провести зовнішній огляд обладнання, очистити камеру подрібнення від залишків сировини.

4.3. Зняти та очистити засоби індивідуального захисту, перевірити їх справність.

4.4. Повідомити відповідальну особу про виявлені несправності або незвичну роботу обладнання.

4.5. Упорядкувати робоче місце, забезпечити чистоту й порядок.

5. Дії у разі аварійної ситуації

5.1. У разі ураження електричним струмом негайно знеструмити обладнання та надати першу допомогу постраждалому, викликати швидку медичну допомогу.

5.2. При загорянні машини негайно знеструмити установку, застосувати вогнегасник, повідомити керівництво та вивести людей з небезпечної зони.

5.3. У разі травмування - зупинити роботу, надати першу допомогу, викликати медичну допомогу та повідомити адміністрацію.

4.3 Висновки

У розділі розглянуто основні небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час приготування комбікормів на свинофермі, та визначено вимоги до безпечної експлуатації обладнання. Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків. Окрему увагу приділено забезпеченню працівників засобами індивідуального захисту, дотриманню санітарно-гігієнічних норм, вимог пожежної безпеки та електробезпеки. Дотримання розроблених заходів охорони праці сприятиме створенню безпечних умов праці, зменшенню травматизму та підвищенню ефективності виробничого процесу.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1 Вихідні дані

У цьому розділі наведено оцінку очікуваної економічної ефективності впровадження розробленого подрібнювача кормів. Як базовий зразок для порівняння було обрано серійний малогабаритний універсальний подрібнювач кормів ДЗК-1, який нині виробляється в Україні.

Основні технічні характеристики подрібнювача ДЗК-1 (модифікація ДЗ-0,1) такі:

- продуктивність при подрібненні зерна - 160 кг/год;
- встановлена потужність електродвигуна - 2,2 кВт;
- вартість обладнання - 1152 грн.

У порівнянні з прототипом, спроектований подрібнювач має низку переваг. Зокрема, знижується споживання електроенергії завдяки меншій питомій енергоємності процесу подрібнення, що сприяє підвищенню енергоефективності. Також спрощена конструкція забезпечує зменшення трудомісткості технічного обслуговування й ремонту. Крім того, зниження металоємності дозволяє скоротити витрати на виготовлення та підвищити економічну доцільність виробництва нового обладнання.

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Для оцінки ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу приготування кормів було обрано метод порівняння питомих експлуатаційних витрат між базовим і проектним варіантами. Такий підхід дозволяє об'єктивно визначити економічну доцільність модернізації, оскільки питомі витрати враховують не лише обсяг виробленої продукції, а й повний спектр витрат, необхідних для її отримання. До складу експлуатаційних витрат входять основні

статті витрат, а саме: витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу з відповідними нарахуваннями, споживання енергоресурсів (зокрема електроенергії), амортизаційні відрахування, які забезпечують відновлення основних засобів, а також витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання. Порівняння за цими показниками дає змогу комплексно оцінити економічний ефект від впровадження нового подрібнювача та встановити переваги удосконаленої технології як з точки зору енергозбереження, так і з позиції зниження загальних експлуатаційних витрат.

На основі даних, наведених у таблиці на аркуші 5 графічної частини (додатки), можна зробити висновок про суттєву економічну доцільність впровадження удосконаленого подрібнювача. Незважаючи на дещо вищу вартість обладнання у проектному варіанті (6780 грн проти 5820 грн у базовому), загальні річні експлуатаційні витрати суттєво знижуються - з 59017,31 грн до 44218,85 грн. Найбільший економічний ефект досягається за рахунок зменшення витрат на електроенергію (понад у 2,9 раза), а також скорочення витрат на оплату праці, що стало можливим завдяки зниженню трудомісткості обслуговування нової конструкції. Невелике збільшення витрат на ремонт та технічне обслуговування, як і підвищення амортизаційних відрахувань, є несуттєвими порівняно з досягнутою економією. Загальна річна економія становить 14798,46 грн, що дозволяє повністю окупити додаткові капітальні вкладення у розмірі 6780 грн протягом 1,41 року. Таким чином, модернізація подрібнювача зерна забезпечує помітне зниження експлуатаційних витрат та дозволяє підвищити загальну ефективність технологічного процесу приготування кормів.

5.3 Висновки

Порівняння економічних показників обох варіантів свідчить про те, що використання у складі технологічної лінії проектної конструкції подрібнювача забезпечує помітне зниження експлуатаційних витрат у порівнянні з базовим об-

ладнанням. За результатами розрахунків, строк окупності додаткових капітальних вкладень становить 1,41 року, що підтверджує економічну ефективність впровадження удосконаленого подрібнювача в виробничий процес.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У процесі виконання дипломного проєкту було досліджено стан технологічного процесу приготування кормів на свинотоварній фермі ПСП «Агрофірма «Перше Травня» та встановлено необхідність його модернізації з метою підвищення економічної ефективності та зниження енергоспоживання. На основі зоотехнічних вимог до якості корму та особливостей фізіології свиней обґрунтовано вибір технологічної схеми приготування вологих кормосумішей із використанням концентратів, коренеплодів, макухи та комбісилосу.

У межах проєкту розроблено технологічну лінію приготування кормів, визначено продуктивність окремих етапів процесу та підібрано відповідне обладнання. Особливу увагу приділено вдосконаленню зерноподрібнювача, як одного з ключових вузлів, що значно впливає на якість корму, енергоефективність процесу та рівень зносу робочих органів. Розроблена конструкція базується на принципі подрібнення зерна сколюванням, що дозволяє зменшити питомі витрати енергії, покращити гранулометричний склад подрібненого продукту та знизити зношування елементів дробарки.

У проєкті проведено порівняльний техніко-економічний аналіз базового та проектного варіантів, який показав зниження річних експлуатаційних витрат на 14798,46 грн. За рахунок цього строк окупності додаткових капіталовкладень становить 1,41 року, що підтверджує економічну доцільність впровадження нової конструкції.

Також розглянуто питання охорони праці, визначено потенційні виробничі ризики при роботі з подрібнювальним обладнанням та запропоновано комплекс заходів щодо забезпечення безпечних умов праці.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Єгоров, Б.В. Технологія виробництва комбікормів [Текст]: підруч. для вищ. навч. закладів/Б.В. Єгоров.–Одеса.: Друкарський дім, 2011.– 448 с.
2. Дудін В.Ю. Технологія виробництва і переробки продукції свинарства: навчальний посібник / М. Повод, О. Бондарська, В. Лихач, С. Жижка, В. Нечмілов та ін. – Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. – 360 с.
3. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] /І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
4. Повод М.Г, Дудін, В.Ю., Шпетний М.Б. Розробка основних засад щодо обґрунтованого визначення розмірів санітарно-захисних зон свиноферм: монографія, Суми, «Сумський національний аграрний університет» 2019. – 96 с., ISBN 978-617-593-059-5
5. Дудін В.Ю. Експериментальні дослідження малогабаритного подрібнювача соковитих кормів/ В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, П.С. Височин // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Science and civilization – 2018, Volume 12, January 30 - February 7, 2018.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p
6. Дудін В.Ю. Формування якості годівлі повнораціонними комбікормами / В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, Ю.І. Мудрак, П.І. Черниш //Materiály XIV Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy - 2018», Volume 8 : Praha. Publishing House «Education and Science» - S. 48-53.
7. Дудін В.Ю. Дослідження енергетичних характеристик процесу змішування сипких кормів/ В.Ю. Дудін, Я.О. Муха, О.Ю. Лук'яненко // Materials of the XIII International scientific and practical ConferenceConduct of modern science - 2018 , November 30 - December 7, 2018. Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p.
8. Дудін В.Ю. Дослідження процесу різання коренеплодів / В.Ю. Дудін, І.А. Бородавка//Materialy XV Miedzynarodowej naukowipraktycznej konferencji,

«Strategiczne pytania światowej nauki - 2019», Volume 10 Przemysł: Nauka i studia– 36-39 s.

9. Дудін В.Ю. Дослідження подрібнювача фуражного зерна сколюючої дії / В.Ю. Дудін, О.М. Антіпов // *Materialy XV Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019»*, Volume 10 Przemysł: Nauka i studia -33-35 s.

10. Дудін В. Ю. Експериментальні дослідження дискового подрібнювача зерна / В. Ю. Дудін, І. М. Білоус // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. – 2023. – № 4 (123). – С. 71–77. – DOI: 10.37128/2520-6168-2023-4-8.

11. Дудін В. Ю. Дослідження процесу руйнування зерна кукурудзи з використанням цифрових моделей / В. Ю. Дудін, І. М. Білоус // *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. – 2024. – Вип. 10(41), ч. 2. – С. 123–130.– DOI: 10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.123-130.

12. Дудін В. Ю. Дослідження ефективності роботи дискового подрібнювача зерна/ Дудін В. Ю., Білоус І.М. // *Вібрації в техніці та технологіях*. – 2025. – № 1. – С. 56–63.– DOI: 10.37128/2306-8744-2025-1-7.

13. Suhadi, W. Die Schecke als Arbeitsorgan in verarbeitungs - maschinen. / W.Suhadi. // *-Maschinenbautemechanik* –№5, 1967, – P. 41-56. (англ)

14. Oyama J., Ayaki K. Kagaki Kikai, 1956, №20, – P. 6.

15. Lacey. P.M. Development in the Thery of Particfl mixing. J. Appl. Chem. 1954, №4, – P. 257

16. Duschek K. Optimierung der Produktion in einem bolivianischen Ziegelwerk / *Ziegelindustrie International*. Wiesbaden: Dauerlag

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

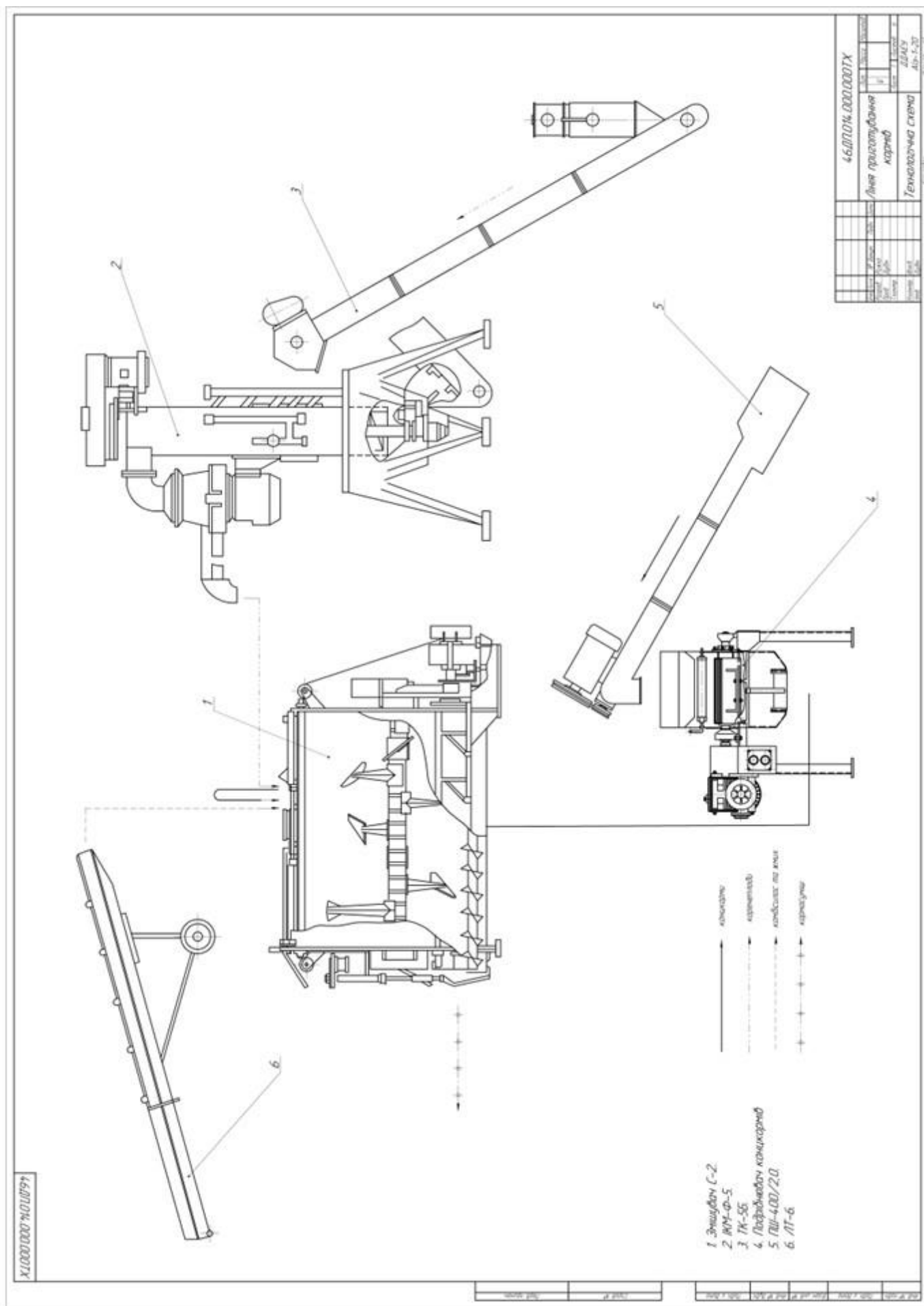
Модернізація технологічного процесу роздавання кормів на бройлерній птахофермі з удосконаленням стаціонарного кормороздавача

демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

Виконав: студент 5 курсу, групи АІз-1-20
Різченко Іван Олександрович

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

Дніпро-2025

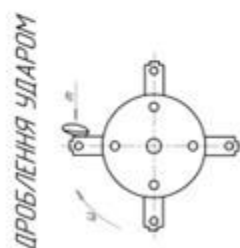


фізико-механічні властивості зернових кормів

Вид корму	Вологість, %	Насипна щільність, г/см ³	Щільність, г/см ³	Коефіцієнт бокового тиску	Кут природного скошу, град
Зерно: ячменя	13...15	0,55...0,75	1,36	0,34...0,41	27...35
кукурудзи	14...15	0,70...0,82	1,58	0,29...0,33	28...35
вівса	13...15	0,40...0,56	1,25	0,30...0,34	33...35
пшениці	13...15	0,65...0,76	1,43	0,31...0,39	35...37
гороху	13...15	0,60...0,80	1,61	0,35...0,42	25...36
Дерть: ячмінна	14...15	0,46...0,65	1,31	0,26...0,32	32...36
кукурудзяна	14...15	0,68...0,78	1,50	0,24...0,32	33...36
вівсяна	14...15	0,30...0,36	1,24	0,25...0,30	45

[illegible]

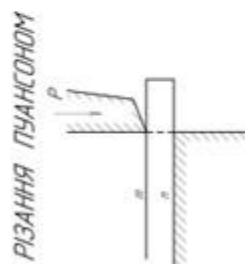
XΦ000'00040U89?

[illegible]

ПРОБЛЕННЯ УДАРОМ



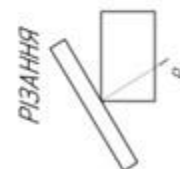
ПЛОЩЕДИ



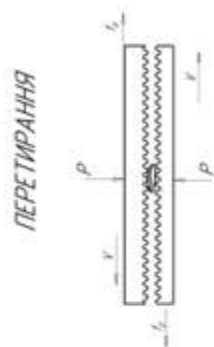
РІЗАННЯ ПУАНСОНОМ



СКОЛЮВАННЯ



ВНЕШНЯЯ



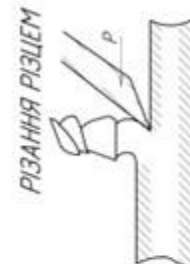
ПЕРЕТИРАЊА



РОЗПЛИВАННЯ



РІЗАННЯ ЛЕЗОМ

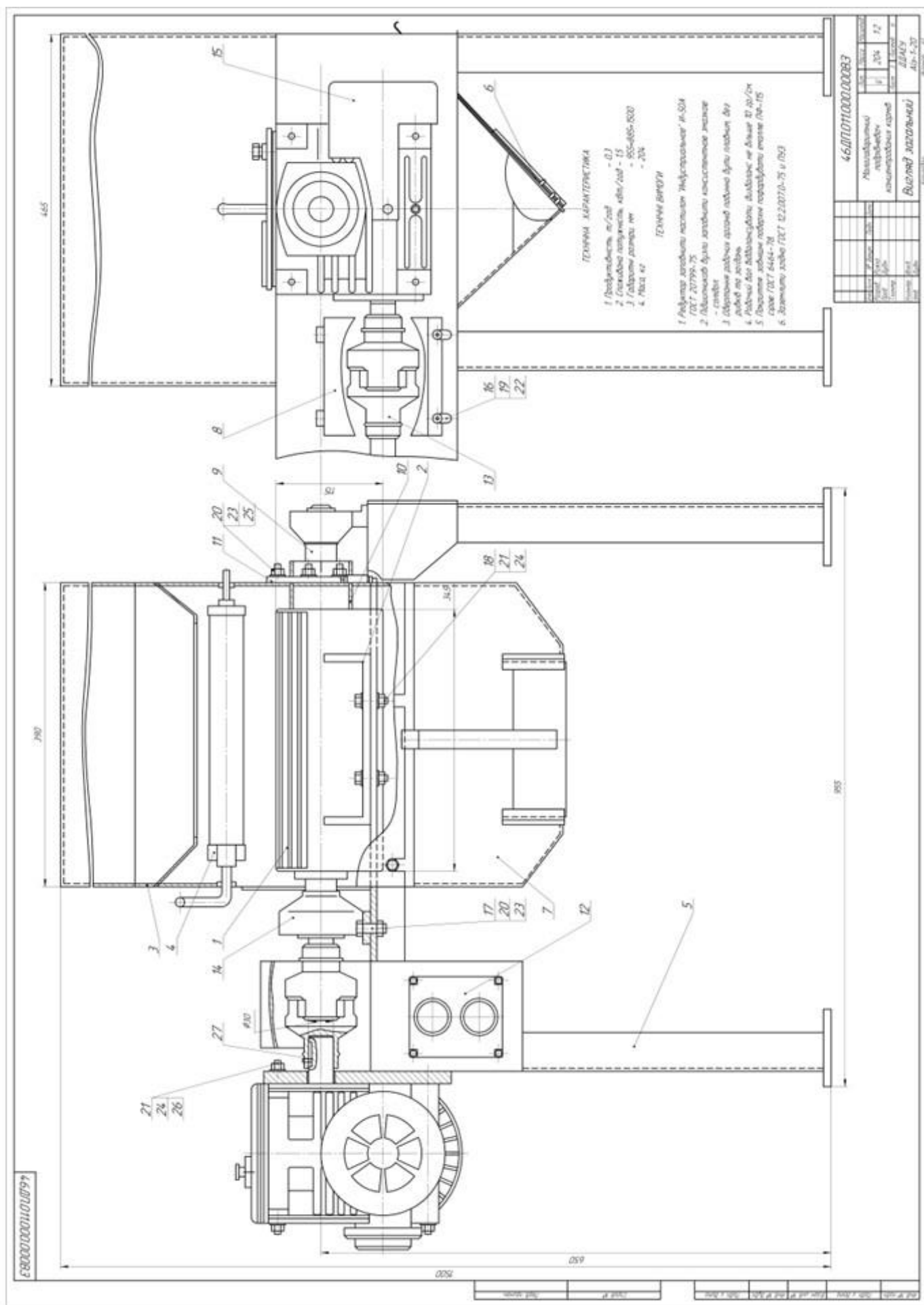


РІЗАННЯ РІЗЦЕМ

[illegible]

UJ000'000U0U09?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



Формат	Зона	Позиц.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка	
				Документація			
A1			46ДП014.000.000ВЗ	Вид загальний			
				Складальні одиниці			
A3		1	46ДП014.100.000СК	Барабан	1		
A3		2	46ДП014.200.000СК	Дека	1		
A1		3	46ДП014.300.000СК	Бункер-Дозатор	1		
		4	46ДП014.400.000СК	Заслінка	1		
		5	46ДП014.500.000СК	Рама	1		
A4		6	46ДП014.600.000СК	Заслінка	1		
A2		7	46ДП014.700.000СК	Бункер-накопичувач	1		
				Деталі			
A4		8	46ДП014.700.001	Кожух	1		
		9	46ДП014.700.002	Вал	1		
		10	46ДП014.700.003	Втулка	3		
		11	46ДП014.700.004	Кришка	2		
				Стандартні вироби			
		12		Автомат пусковий ТУ 16-522 184-80	1		
				46ДП014.000.000ВЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Рижко						
Керівник	Дудін						
Консульт.							
Н. контр.	Івлєв						
Зав. каф.	Дудін						
Малогабаритний подрібнювач кормів					Літера	Аркуш	Аркушів
					У	1	2
					ДДАЕУ, АІз-1-20		

[illegible]

