

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

УДК 631.364.1

**ФОРМАНЮК ВЛАДИСЛАВ ВІКТОРОВИЧ**

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

МЕХАНІЗАЦІЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ З РОЗРОБКОЮ  
ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕРНА  
(тема роботи)

208 «Агроінженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне  
джерело \_\_\_\_\_

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи  
Сукманюк Олена Миколаївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
к.і.н., доцент  
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2024

## АНОТАЦІЯ

Форманюк В.В. Механізація приготування кормів з розробкою подрібнювача зерна. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В даній кваліфікаційній роботі наведено аналіз технологій, способів, машин та робочих органів для подрібнення зернових кормів, виконано технологічні, енергетичні, міцнісні та економічні розрахунки, а також запропоновано конструкцію малогабаритного подрібнювача зернових кормів.

**Ключові слова:** подрібнювач, робочі органи, зерно, приготування кормів.

## ABSTRACT

Formaniuk V.V. Mechanization of feed preparation with grain separation. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 - Agroengineering. - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

In this qualified work, an analysis of technologies, methods, machines and working bodies for the refinement of grain feeds, various technological, energy, social and economic developments is carried out, as well as g is based on the design of a small-sized grain feed processor.

**Key words:** trimmer, working parts, grain, feed preparation.

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b>	4
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	6
1.1. Вихідні дані	6
1.2. Технології обробки кормів	7
1.3. Способи подрібнення кормів	7
1.4. Машини та робочі органи для подрібнення кормів	10
1.5. Фізико-механічні властивості зернових кормів	11
1.5.1. Фізичні властивості зернових кормів	12
1.5.2 Механічні властивості зернових кормів	14
1.6. Аналіз ступеня подрібнення	16
1.7. Висновки по розділу	18
<b>РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА</b>	19
2.1 Обґрунтування конструкції подрібнювача зернових кормів	19
2.2. Визначення розрахункової продуктивності подрібнювача	20
2.3. Розрахунки на міцність	22
2.3.1 Розрахунок валу на міцність	22
2.3.2 Вибір електродвигуна	25
2.3.3 Вибір підшипників	24
2.3.4 Розрахунок шпоночного з'єднання	27
2.4 Обґрунтування та розрахунок параметрів бункера	27
2.5. Безпека проєктованого подрібнювача зернових кормів	29
2.6. Висновки по розділу 2	30
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ</b>	31
<b>ВИСНОВКИ</b>	35
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	36

## ВСТУП

Основне завдання сільського господарства – це забезпечення зростання потреб населення у продуктах харчування та промисловість сировиною та створення необхідних державних резервів. Зокрема, у тваринництві необхідно збільшити виробництво м'яса, молока, яєць та інших видів продукції на основі підвищення продуктивності тварин та птиці, ефективного використання кормової бази. Для цього необхідно використовувати в кормовиробництві нові ефективніші кормопереробні машини та агрегати.

Основну частину раціонів годівлі тварин та птиці становлять незбалансовані за поживними речовинами корми. У той же час тварини, особливо високопродуктивні, мають бути повністю забезпечені поживними речовинами раціонів. При недотриманні даної умови знижується продуктивність, спостерігається захворювання тварин, підвищення витрат кормів продукції і як наслідок зниження економічної ефективності тваринництва.

У процесі приготування кормів значне місце займає використання зернових кормів, оскільки є обов'язковим компонентом кормових раціонів більшості тварин. Під час підготовки кормів до згодовування однією з основних та трудомістких операцій є подрібнення їх на частинки, що відповідають зоотехнічним вимогам.

У зв'язку з розвитком фермерства виникла гостра потреба у випуску та розробці малогабаритних подрібнювачів кормів. Оскільки фермерські господарства невеликі за розмірами, то кормопереробна техніка може раціонально використовуватися фермерами, маючи невеликі потужності.

У даній кваліфікаційній роботі запропоновано малогабаритний подрібнювач зернових кормів, завдяки якому можна утримувати поголів'я худоби з чисельністю до 50 голів. Цей подрібнювач, маючи невеликі габарити, дозволяє виконувати технологічний процес подрібнення зерна у спеціально непристосованих приміщеннях. Використання даного подрібнювача дозволить підвищити продуктивність праці та значно полегшить працю фермера у процесі приготування кормів.

Кваліфікаційна робота присвячена питанню механізації приготування кормів у фермерському господарстві на 30 голів.

Мета кваліфікаційної роботи – зниження собівартості приготування кормів.

Предмет розробки: конструкція малогабаритного подрібнювача зернових кормів.

Об'єктом розробки - фермерське господарство на 30 голів.

Методи дослідження: теоретичні обґрунтування параметрів і режимів роботи проводилось з використанням законів і методів класичної механіки.

**Публікації:**

**Форманюк В.В.** Способи подрібнення кормів. Наукові читання – 2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 83-85.

**Форманюк В.В.** Технологічний процес подрібнення кормів та робочі органи. Наукові читання – 2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 76-78.

*Обсяг та структура роботи.* Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 36 сторінок машинописного тексту, містить 6 рисунків та 3 таблиці, списку використаних джерел з 10 найменувань.

## РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1. Вихідні дані

Ферма на 30 дійних корів може бути створена на базі фермерського господарства, на основі ферми меншої потужності або будується заново.

Трудовитрати обслуговування ферми становитимуть щонайменше 24 люд/год на добу. Тому на фермі має бути не менше 4 працівників.

Кількість тварин на фермі становитиме, гол.:

- корови – 30;
- телята до 20 днів – 3;
- телята до 6 місяців – 9;
- телички до 12 місяців – 6;
- нетелі від 12 до 24 місяців – 9;
- нетелі за 2-3 місяці від отелення - 3.

Загальне поголів'я становитиме щонайменше 60 голів. Бички зазвичай продаються, але за наявності кормів і можливості обслуговування можуть дорощуватися для здачі на м'ясо.

Потреба у кормах складе:

- сіна – 111 т;
- зеленого корму - 240 т;
- концентратів - 105 т;
- кормових буряків - 120 т;
- картоплі – 51 т.

Для забезпечення господарства кормами власного виробництва необхідно мати щонайменше 51 га землі (зокрема 12 га культурних пасовищ). Річний вихід гною по фермі становитиме 720 т. При надої 5000 кг і прийнятому поголів'ї худоби протягом року можна отримати: товарного молока – 1572 ц; м'яса у живій вазі – 63,9 ц.

Для забезпечення заданих обсягів виробництва продукції та приготування кормів нами пропонується конструкція малогабаритного подрібнювача концентрованих кормів, використання якого дозволить підвищити продуктивність праці та значно полегшить працю фермера.

## **1.2. Технології обробки кормів**

Підготовлений для вигодовування сільськогосподарським тваринам корм повинен відповідати зоотехнічним вимогам, зазначеним у відповідних стандартах чи технічних умовах на корми. Незалежно від виду корму, всі способи їх обробки ділять за родом енергії, що витрачається на технологічний процес і розрізняють на: механічні, теплові, хімічні, біологічні та біохімічні способи.

Потреба розробки найефективніших технологічних процесів призвела до створення різноманітних галузевих технологій. Відповідно до цього всі види обробки різних матеріалів шляхом механічного впливу на них за допомогою інструмента або робочого органу машини належать до механічної технології.

Механічна технологія обробки сільськогосподарських матеріалів включає вивчення фізико-механічних властивостей цих матеріалів та одержуваних продуктів, наукових засад самих способів механічної обробки, а також робочих органів машин та методів їх оптимізації.

У механічній технології приготування кормів найпоширенішим і найважливішим процесом є подрібнення, зумовлене вимогами фізіології годівлі тварин. Справа в тому, що поживні речовини засвоюються організмом тварини тільки в розчиненому вигляді, а швидкість обробки корму шлунковим соком прямопропорційна площі поверхні частинок. В результаті подрібнення кормів утворюється безліч часток з високорозвиненою поверхнею, що сприяє прискоренню процесів травлення та підвищенню засвоюваності поживних речовин.

В інженерному відношенні подрібнення кормів є найбільш енергоємною та дорогою операцією.

Подрібненням називається процес поділу механічним шляхом твердого тіла на частини, тобто. шляхом застосування зовнішніх сил, що перевершують сили молекулярного зчеплення. На практиці як критерій крупності продукту використовують в основному модуль помелу  $M$  - середньозважений діаметр частинок, встановлений для кожного виду тварин: для свиней - 0,2 ... 1 мм (тонкий помел); для ВРХ - 1 ... 1,8 мм (середній помел); для птахів - 1,8 ... 2,6 мм (грубий помел).

При цьому відповідно до вимог ДСТУ 4120-2002 вміст цілих зерен не повинен перевищувати 0,3...0,5 %. Порушення зазначених меж, зазвичай, веде до перевитрати кормів. Надмірне подрібнення зерна до пилу також знижує ефективність його використання.

### 1.3. Способи подрібнення кормів

Найбільшого поширення набули такі основні способи подрібнення кормів як: дроблення ударом (вільний удар); розколювання; стирання (розлом); плющення; різання – лезом, різцем (рис. 1.1).

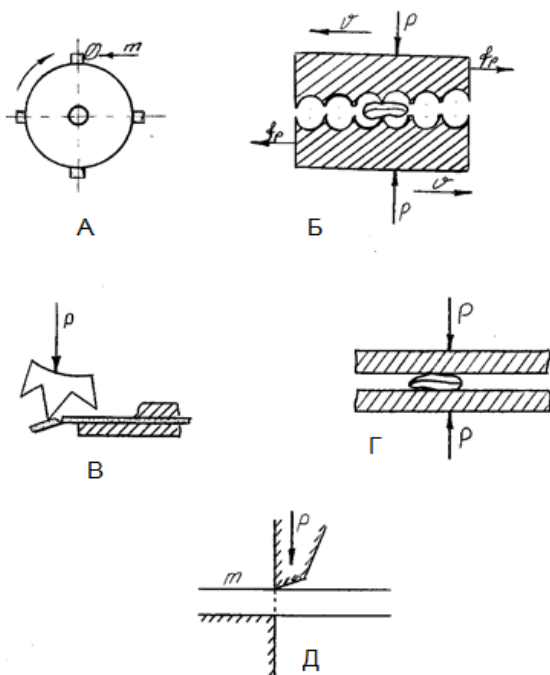


Рисунок 1.1 – Способи подрібнення кормів: а – дроблення ударом; б - стирання; в - розколювання; г - плющення; д - різання



При оцінці способу подрібнення і конструювання робочих органів подрібнювачів насамперед слід враховувати фізико-механічні властивості кормів і вибирати такі способи впливу на матеріал, що переробляється, при яких руйнування його може бути досягнуто при найменших напругах і витраті енергії. У цьому відношенні розколювання, стирання або різання видаються вигіднішими, так як руйнівна напруга сколювання  $\tau_{руйн}$  менше нормальних напруг  $\sigma_{розр}$ .

Різноманітність видів кормів та його властивостей, і навіть вимог до технології приготування, зумовлених фізіологією годівлі, призвело до створення більшої кількості способів подрібнення, кожен із яких має свій механіко-математичний опис чи теорію [1].

В основу теорії молоткової дробарки закладено праці академіка В.П. Горячкіна, розвинені потім у працях професорів М.М. Гернета, В.А. Єлісеєва, С.В. Мельникова та багатьох інших дослідників. Ця теорія, що знову формується, описує робочий процес, що протікає в дробильній камері, кінетику диспергування матеріалу, динаміку молоткового барабана, аеродинаміку дробарки і енергетику процесу. Теорія вальцьових млинів розглядає кінематику вальців та дає обґрунтування для вибору конструктивних параметрів.

Недостатність теорій подрібнювачів різних типів у тому, що вони розглядають лише часткові види впливу робочих органів на матеріал (різання, дроблення, розмелювання) і розкривають загальних закономірностей єдиного технологічного процесу подрібнення. Науковою основою теорії подрібнення мають стати закони фізики твердого тіла та механізм його руйнування.

Теорія подрібнення, або масового руйнування твердих тіл, у її загальному вигляді, розглядає два комплекси основних питань. По-перше, вона вивчає основні закономірності в розподілі частинок за їх розмірами (великістю) з метою віднайдення найпростіших і в той же час досить надійних методів визначення середніх розмірів частинок, площі їхньої

питомої поверхні та чисельних значень ступеня подрібнення. При описі характеристик фізико-механічних властивостей концентрованих кормів було показано, що й відомий статистичний закон розподілу, то по ньому легко знайти всі статистичні характеристики. По-друге, вона вивчає функціональні залежності між витратою енергії або механічної роботи на процес подрібнення матеріалу та результатами цього процесу подрібнення залежно від прийнятої технології кормоприготування, типів машин, що застосовуються, і режимів їх роботи.

#### 1.4. Машини та робочі органи для подрібнення кормів

Для подрібнення різних видів кормів застосовуються конкретні машини та механізми з певними робочими органами (табл. 1.1) залежно від виду матеріалу, що переробляється, та зоотехнічних вимог на приготвлений корм.

Кожен тип подрібнювачів охоплює велику групу машин, що відрізняються конструктивним виконанням.

Таблиця 1.1 – Робочі органи, що застосовуються, для подрібнення кормів

Робочі органи	Технологічна операція			
	Подрібнення сипких матеріалів	Плющення зерна	Подрібнення грубих кормів	Подрібнення коренеплодів
Молоткові	+	-	+	+
Штифтові	+	-	+	-
Ножові	-	-	+	+
Вальцеві	+	+	-	-

У технології виготовлення кормів основними машинами є подрібнювачі ударної дії – молоткові дробарки. Простота пристрою, висока надійність у роботі, компактність установки, динамічність робочих режимів, високі швидкості робочих органів та безпосереднє з'єднання валу машини з

електродвигуном зумовили можливість широкого застосування їх у всіх галузях народного господарства. Поруч із перевагами молотковим дробарок властиві істотні недоліки:

- 1) висока енергоємність;
- 2) нерівномірність гранулометричного складу продукту з підвищеним вмістом переподрібнених частинок;
- 3) підвищений знос робочих органів.

У кормоприготуванні набули найбільшого поширення дробарки закритого типу. Схема якого зображена на рисунку 1.2.

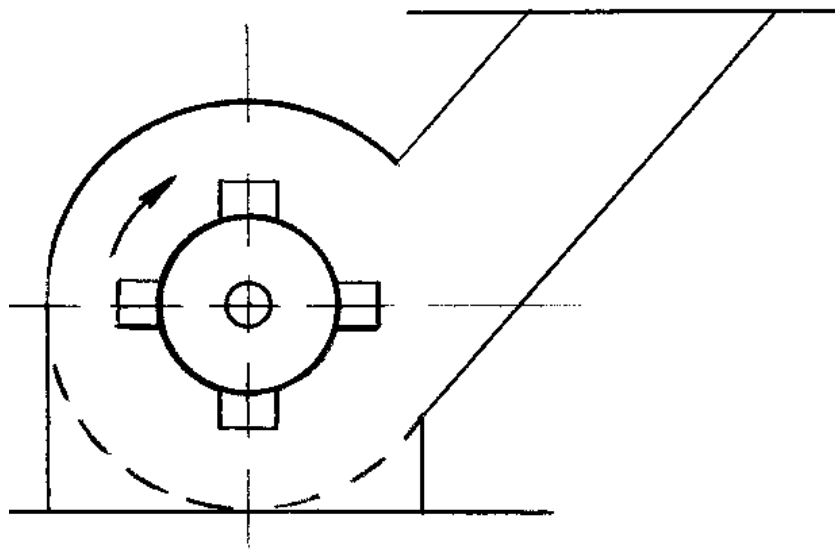


Рисунок 1.2 – Схема молоткової дробарки закритого типу.

### **1.5. Фізико-механічні властивості зернових кормів**

В умовах спеціалізації та інтенсифікації виробництва продукції тваринництва підвищилися вимоги до якості кормів та їх використання під час автоматизації управління технологічними процесами. У цьому особливе місце посідає технологічність кормів. Вона залежить від їх фізичних та механічних властивостей, які взаємопов'язані один з одним. Так здатність до вологонасичення грубого корму або руйнування зерна молотками дробарки відповідно залежать від початкової вологості та розміру частинок.

Фізико-механічні та технологічні властивості кормів та кормових матеріалів істотно впливають на вибір режимів технологічних процесів у кормоприготуванні, визначають тип та параметри робочих органів кормопереробних машин.

У ході підготовки до згодовування корму піддають різним технологічним операціям:

- 1) подрібнення;
- 2) дозування;
- 3) змішування;
- 4) гранулювання;
- 5) брикетування;
- 6) транспортування тощо.

При цьому кормовий матеріал, взаємодіючи з робочими органами різних машин, зазнає удару, стиснення, розпушування, стирання, перемішування та інших впливів, по-різному реагує на якісні показники технологічного процесу. Числові значення даних показників визначають за спеціальними методиками із застосуванням обладнання та приладів відповідно до різновиду кормових матеріалів.

### **1.5.1. Фізичні властивості зернових кормів**

До фізичних властивостей зернових кормів відносяться вологість, гранулометричний склад (розміри частинок та їх співвідношення), об'ємна маса, щільність, пористість, водопоглинання, водовіддача, гігроскопічність, теплоємність, теплопровідність та в'язкість. При необхідності визначають температуру та деякі інші показники.

Вологість – найважливіша характеристика кормових матеріалів, що істотно впливає на інші властивості. У багатьох технологічних операціях вологість є основним критерієм, наприклад, при заготівлі сінажу, консервуванні кормів, брикетуванні, гранулюванні.

Вологість кормів визначають двома способами:

- 1) прямим - виділення вологи шляхом висушування корму;
- 2) непрямим, які використовують залежність вологості матеріалу від його електропровідності.

Найбільш поширений перший спосіб із застосуванням різних сушильних шаф і термостатів або експрес-вологомірів з електричним нагріванням. Зразки корму подрібнюють: зернові - на лабораторному млині, стеблинні січуть на частинки довжиною 1...2 см, коренеклубнеплоди і баштанні розрізають на дрібні кубики. Вологість визначають відношення випареної вологи до маси навішування до сушіння. Загальний час висушування проб у сушильній шафі в залежності від виду корму та його вологості коливається від 3 до 15 годин. При використанні експрес-вологоміра цей час можна скоротити до 5...10 хв, проте точність визначення вологості при цьому знижується. Для швидкого визначення вологості зерна та деяких інших продуктів з невисоким вмістом вологи (до 20...40%) застосовують електровологоміри, принцип роботи яких ґрунтується на зміні електропровідності зерна від його вологості.

Гранулометричний склад подрібненого зерна визначають на вібраційному класифікаторі з набором решіт, що мають круглі отвори діаметром від 0,2 до 5 мм. Середню пробу продукту масою 100 г просіюють на класифікаторі протягом 5...10 хв. Наважку і фракції зважують на технічних терезах з точністю до 0,01 г. При грубому і середньому помелі застосовують сита з діаметром отворів 5, 3, 2 і 1 мм; при тонкому – 4, 3, 2 та 0,2 мм. Сита 4 та 5 мм є контрольними. Визначають фракційний склад подрібненого продукту частинок розміром до 0,25; 0,25 ... 0,5; 0,5 ... 1; 1...2; 2...3; 3 ... 4 і більше 4мм. Показник ступеня подрібнення – модуль помелу М або залишок на решеті класифікатора з діаметром отворів 3 мм або 2 мм. З верхнього сита відбирають цілі зерна та обчислюють їх у готовому продукті у відсотках до загальної маси проби. Таким же чином визначають гранулометричний склад трав'яного та сінного борошна.

Об'ємна маса корму залежить від його фракційного складу, вологості та укладання. Зазвичай користуються об'ємною насипною масою з обов'язковим зазначенням вологості і розмірної характеристики матеріалу. Насипну об'ємну масу зерна, продуктів його переробки, мінеральних та білкових добавок визначають за допомогою літрової ємності, що складається з мірки, накопичувача, циліндра з лійкою, ножа та ваги з різновагами. Мірку з продуктом зважують на терезах приладу з точністю до 0,5 г. Об'ємну масу  $\gamma$  визначають як відношення маси продукту  $G$  до обсягу мірної ємності  $V$  [2]:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \text{ кг/м}^3 \quad (1.1)$$

$\gamma$  - об'ємна маса;

$G$  - вага продукту;

$V$  - об'єм мірної ємності.

Для практичних розрахунків щодо в сховищі середньої об'ємної маси  $\gamma_{\text{ср.}}$ , кг/м<sup>3</sup> продукту користуються залежністю [2]:

$$\gamma_{\text{ср.}} = \gamma_o \cdot (1 + hK_n), \text{ кг/м}^3 \quad (1.2)$$

де  $\gamma_o$  - об'ємна маса при вимірі 0,25 м<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>;

$h$  - висота засипки, м;

$K_n$  - коефіцієнт самоущільнення, 1/м.

Значення  $K_n$  за даними дослідів для дерти зерноsumіші та комбікормів становить 0,0022...0,0025.

### 1.5.2 Механічні властивості зернових кормів

До механічних властивостей кормів відноситься їх опірність переміщенню по різних поверхонь в залежності від тиску і швидкості, взаємне тяжіння частинок та ін. .

Фізичні, механічні та технологічні властивості кормів взаємопов'язані і в кожній конкретній умові проявляються по-різному.

Кут природного укосу характеризує взаємну рухливість частинок корму залежно від гранулометричного складу, вологості та інших властивостей матеріалу.

Для виміру кута природного укосу використовують два способи формування:

- 1) насип;
- 2) обвалення.

Для зерна та продуктів, мінеральних кормів використовують спосіб насипання. Для цього металевий циліндр без дна ємністю 1...2 л ставлять на горизонтальну поверхню та заповнюють досліджуваним матеріалом. Потім циліндр піднімають і заміряють кутоміром кут між горизонтальною площиною і поверхнею укосу матеріалу, що висипається. У процесі приготування вихідні компоненти корму піддаються механічній обробці – подрібненню, плющенню, переробці тощо. Тут необхідно враховувати їх механічні характеристики, такі як модуль деформації, коефіцієнт Пуассона, руйнівна контактна напруга, критичне зусилля різання для лезових робочих органів та ін.

Основні фізико-механічні властивості кормів представлені таблиці 1.2 [2]. Новий шлях у розвитку кормоприготування – ймовірно-статистичний метод вивчення існуючих закономірностей взаємодії робочих органів із матеріалом дуже складні, і опис їх точними математичними рівняннями пов'язані з великими труднощами, а деяких випадках неможливо.

Таблиця 1.2 - Основні фізико-механічні властивості зернових кормів

Корм	Вологість, %	Об'ємна маса т/м <sup>3</sup>	Кут природного укосу, град.
Зерно:			
ячменю	13...15	0,55...0,75	27...35
кукурудзи	14...15	0,70...0,82	28...35
вівса	15...15	0,40...0,56	33...35
пшениці	13...15	0,65...0,76	35...37

гороху	13...15	0,60...0,80	25...36
Дерть:			
ячмінна	14...15	0,46...0,65	32...36
кукурудзяна	14...15	0,68...0,78	33...36
вівсяна	14...15	0,30...0,36	45
Борошняні продукти:			
висівки пшеничні	12...14	0,22...0,43	39...42
борошно пшеничне	12...14	0,45...0,63	40...45
борошно житнє	12...14	0,50...0,60	40...45
борошно вівсяне	12...14	0,30...0,39	50...60
борошно ячмінне	12...14	0,35...0,50	50...60

### 1.6. Аналіз ступеня подрібнення

Критерієм ступеня подрібнення слугує модуль розмелювання, що визначається за середніми даними ситового аналізу. Для свиней він повинен бути в межах 0,2...1мм (тонкий розмелювання), для великої рогатої худоби - 1...1,8мм (середній розмелювання) і для птиці - 1,8...2,6 мм (грубий помел). Оптимальний ступінь подрібнення для тварин різних видів неоднаковий. Найкраще згодувати тваринам корм рівномірно подрібнений з розмірами частинок, що відповідають гранулометричному складу того чи іншого виду тварин.

Ступінь подрібнення для матеріалів сферичної форми оцінюється за формулою [2]:

$$\lambda = \frac{D}{d}, \quad (1.3)$$

де  $\lambda$  – ступінь подрібнення

$D$  – середній діаметр частки вихідного матеріалу, мм (для зерна  $D = D_e$ );

$d$  – середній діаметр частинки кінцевого продукту, мм.



Еквівалентний діаметр зерна  $D_e$  являє собою діаметр кулі, обсяг якої дорівнює дійсному обсягу зерна.

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{6V_3}{\pi}} = 1,24\sqrt[3]{V_3} \quad (1.4)$$

де  $V_3$  – дійсний обсяг зерна,  $\text{мм}^3$ .

Гранулометричний склад подрібненого корму визначають на решітному класифікаторі з набором решіт, що мають великі отвори діаметром від 0,2 до 5 мм. Середню пробу продукту масою 100 г просіюють на вібраційному класифікаторі протягом 5...10 хв. Наважку і фракції зважують на технічних вагах з точністю до 0,01 г. При грубому та середньому дробленні застосовують сита з діаметром отворів 5, 3, 2 та 1 мм, при тонкому - 4, 3, 2 та 0,2 мм. Сита 4 та 5 мм є контрольними. Визначають фракційний склад подрібненого продукту частинок розміром до 0,25; 0,25 ... 0,5; 0,5 ... 1,0; 1,0 ... 2,0; 2,0 ... 3,0; 3,0 ... 4,0 і більше 4 мм. Показник ступеня подрібнення - модуль помелу  $M$  або залишок на решітці класифікатора з діаметром отворів 3 або 2 мм.

Остаточні розміри барабана, висота рифлів на барабані та деці, крок рифлів, їх кут та інші параметри встановлюються нами апріорно на основі вивчення літературних джерел.

Робочий зазор між барабаном і декою, будучи основним регулюванням ступеня подрібнення, повинен бути при тонкому помелі в межах 0,1...0,2 мм, при середньому - 0,2...0,4 мм і при великому - 0,4...0,8 мм. Конструкція механізму регулювання повинна забезпечувати регулювання зазору у межах.

Для визначення об'єму різних культур необхідно взяти пробу, що складається зі ста насіння, і зважити їх на лабораторних вагах з точністю до 0,01 г. Потім цю пробу засипають у мензурку і заливають водою до певного об'єму  $V$ , потім воду з мензурки переливають в іншу мензурку та визначають її обсяг  $V_1$ . Але оскільки деякий об'єм води вбирається в зерна, необхідно до об'єму  $V_1$  додати деяку поправку  $\Delta V$ , яку визначають за такою формулою:

$$\Delta V = (m_s - m_{сх.}) \cdot \rho_s, \quad (1.5)$$

де  $m_3$  - маса змочених зерен, г;

$m_{\text{сух}}$  - маса сухих зерен, г;

$\rho_{\text{в}}$  – щільність води, г/мм<sup>3</sup>.

Звідси випливає, що обсяг води у мензурці дорівнює

$$V_{\text{в}} = V_1 + \Delta V = V_1 + (m_3 - m_{\text{сух}}) \rho_{\text{в}} \quad (1.6)$$

Тоді, об'єм ста зерен дорівнюватиме

$$V_{100} = V_0 - V_{\text{в}}, \quad (1.7)$$

де  $V_{100}$  - об'єм ста зерен, г/мм<sup>3</sup>;

$V_0$  – об'єм води та зерен у пробірці, г/мм<sup>3</sup>;

$V_{\text{в}}$  – об'єм води у пробірці, г/мм<sup>3</sup>.

Об'єм одного зерна перебуває з відношення

$$V = \frac{V_0 - V_{\text{в}}}{100} = \frac{V_{100}}{100}. \quad (1.8)$$

Звідси еквівалентний діаметр дорівнює:

$$D_{\text{е}} = \sqrt[3]{\frac{V_{100}}{100}} = \sqrt[3]{\frac{V_0 - (V_1 + \Delta V)}{100}} = \sqrt[3]{\frac{V_0 - (V_1 + (m_3 - m_{\text{сух}}))}{100}} \cdot \rho_{\text{в}}. \quad (1.9)$$

Значить ступінь подрібнення дорівнюватиме:

$$\lambda = \frac{\sqrt[3]{\frac{V_0 - (V_1 + (m_3 - m_{\text{сух}}))}{100}} \cdot \rho_{\text{в}}}{d}. \quad (1.10)$$

Діаметр  $d$  визначається за допомогою решітчастого класифікатора з набором різних решіт.

## 1.7. Висновки по розділу 1.

В даному розділі кваліфікаційній роботі було обґрунтовано та розглянуто технологію обробки кормів. Наведені способи подрібнення, машини та робочі органи для подрібнення кормів.

Розглянуто фізичні та механічні властивості зернових кормів. Проведений аналіз ступеня подрібнення.

## РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

### 2.1 Обґрунтування конструкції подрібнювача зернових кормів

На підставі аналізу конструкцій малогабаритних подрібнювачів зернових кормів, робочих органів, що застосовуються для подрібнення зерна, а також їх параметрів (форми та розмірів деки, кута обхвату деки, зазору між декою та барабаном та ін.) ми дійшли висновку, що найбільш прийнятною для нашої конструкторської розробки є конструкція малогабаритного подрібнювача зернових кормів, схема якого наведена на рис. 2.1, а загальний вигляд – у графічній частині кваліфікаційної роботи.

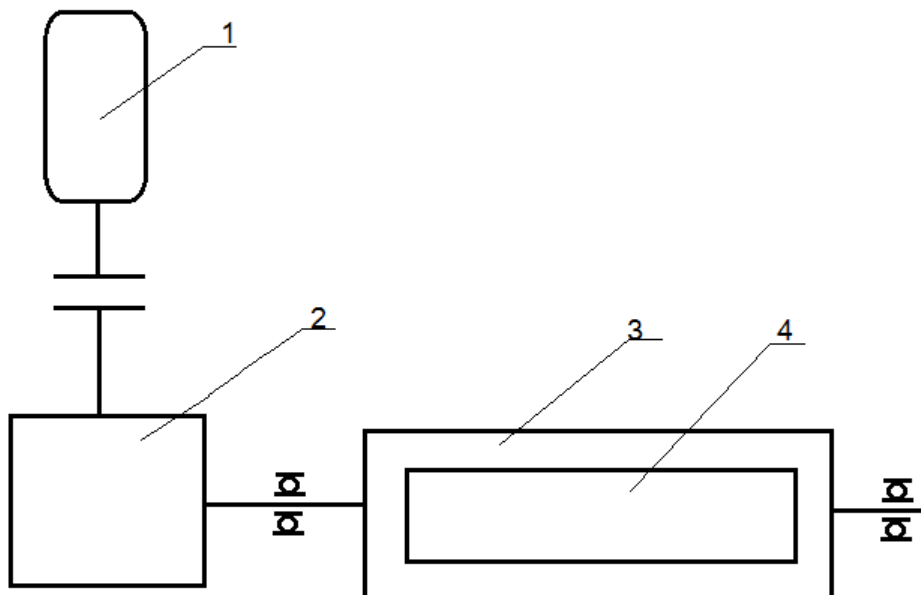


Рисунок 2.1 – Схема малогабаритного подрібнювача: 1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 - барабан подрібнювальний; 4 – дека.

Схема процесу подрібнення зерна представлена (рис. 2.2). Регулювання зазору між декою і барабаном є основним, тому що при зміні зазору змінюється крупність помелу, що дуже важливо при вигодовуванні подрібненого корму різним видам тварин.

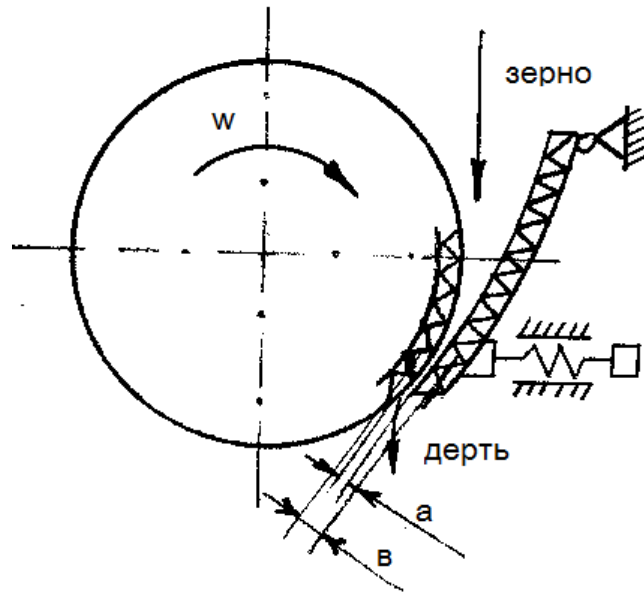


Рисунок 2.2 – Схема процесу дроблення зерна: а – зазор між вершинами рифлів; в - зазор між западинами рифлів.

## 2.2. Визначення розрахункової продуктивності подрібнювача

Робочий процес полягає в розтиранні продукту подрібнюючим барабаном. Продуктивність машини може бути визначена з геометричних та кінематичних міркувань за формулою [4]:

$$Q = a \cdot l \cdot v_3 \cdot \rho \cdot \psi, \quad (2.1)$$

де  $Q$  – розрахункова продуктивність, г/с;

$a$  – робочий зазор, приймається в залежності від помелу (при дрібному помелі – 0,1...0,2 мм, середньому – 0,2...0,4 мм, великому – 0,5...0,8 мм);

$l$  – довжина барабана,  $l = 340$  мм;

$v_3$  – швидкість продукту в зазорі, см/с;

$\rho$  – густина продукту, г/см<sup>3</sup>;

$\psi$  – коефіцієнт заповнення дробильного простору

Швидкість продукту в зазорі приймаємо як лінійну швидкість барабана [5]:

$$V_3 = V_6 = \frac{2\pi R_6}{T}, \quad (2.2)$$

де  $V_3$  – швидкість барабану, см/с;

$R_6$  - радіус барабану, см;

$T$  - час одного обороту, с.

Період обертання знаходимо за формулою [5]:

$$T = \frac{t}{n}, \quad (2.3)$$

де  $n$  – кількість обертів барабана;

$t$  – час, протягом якого зроблено  $n$  кількість оборотів.

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

$$n = \frac{n_3}{i} = \frac{940}{12,5} = 75,2 \text{ об/хв.} \quad (2.4)$$

$$t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с.}$$

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

Отже,

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

Щільність продукту вибирається з таблиці (лист графічної частини).

Коефіцієнт заповнення дробильного простору  $\psi$  для нашої конструкції лежить в межах  $\psi=0,5\dots0,7$  і залежить від властивостей подрібнюваного матеріалу та робочого зазору.

Розрахункова продуктивність для різних культур з різним ступенем подрібнення становитиме, наприклад, для ячменю:

- дрібний помол:

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

- середний помол:

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

- великий помол:

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

Аналогічно розраховується продуктивність кукурудзи, вівса, пшениці, гороху. Розрахункові дані зводимо до таблиці. Виходячи з даних таблиці (аркуш графічної частини) можна зробити висновок, що середня розрахункова продуктивність складе:

- при дрібному помелі:

$$Q = 70 \text{ кг/год} = 19,6 \text{ г/с};$$

- при середньому:

$$Q = 150 \text{ кг/год} = 41,5 \text{ г/с};$$

- при грубому:

$$Q = 317 \text{ кг/год} = 88 \text{ г/с.}$$

## **2.3. Розрахунки на міцність**

### **2.3.1 Розрахунок валу на міцність**

Для зручності розрахунку представимо систему сил, що діють на вал та робочі органи валу (рис. 2.3).

Вихідні дані для розрахунку:

$$D_c = 0,1 \text{ м};$$

$$G_c = 50 \text{ Н};$$

$$N_c = 2000 \text{ Н};$$

$$x_1 = 0,31 \text{ м};$$

$$x_2 = 0,19 \text{ м.}$$

Силу  $N_c$  ми визначали, знаючи зусилля необхідне руйнування однієї зернівки ячменю, оскільки ячмінь є найміцнішою із зернових культур. Для руйнування однієї зернівки необхідне зусилля 145 Н.

Враховуючи довжину барабана та коефіцієнт наповнення дробильного простору, приходимо до висновку, що сила  $N_c$  рівна біля 2000 Н.

На рис. 2.3,б представлена система сил, що діють по довжині валу під час роботи подрібнювача зерна. Для спрощення розрахунків складемо сили  $N_c$  і  $G_c$ , тому що вони прикладені в одній площині та направлені у протилежні сторони.

Тому:

$$N_{\text{ссу\textit{м}}} = N_c - G_c = 2000 - 50 = 1950 \text{ Н.} \quad (2.5)$$

Нам необхідно для початку знайти реакції в опорах  $B_z$  і  $F_z$ , навіщо складемо рівняння:

$$\Sigma M_{\theta} = -F_z \cdot 1,135 + N_{\text{ссу\textit{м}}} \cdot x_1 = 0. \quad (2.6)$$

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

Сила  $F_z$  вийшла позитивною, отже напрямок її вибрано правильно.

$$\Sigma Z = -B_z + N_{\text{ссу\textit{с}}} - F_z = 0. \quad (2.7)$$

$$B_z = N_{\text{ссу\textit{м}}} - F_z;$$

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

Реакція опори  $B_z$  вийшла позитивною, отже напрямок її вибрано вірно щодо осі Z.

Будуємо епюру згинальних моментів (рис. 2.3 в).

$$\begin{array}{lll} M_I = B_y \cdot x_1; & x_1 = 0; & M_I = 0; \\ & x_1 = 0,31; & M_I = 229,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \\ M_{II} = B_z \cdot (x_1 + x_2) - N_{\text{ссу\textit{м}}} \cdot x_2; & x_2 = 0; & M_{II} = 370,5; \\ & x_2 = 0,19; & M_{II} = 0. \end{array}$$

Будуємо епюру моментів, що крутять (рис. 2.3, г). Навіщо силу  $N_{\text{ссу\textit{м}}}$  помножимо на плече  $R_c$  і відкладаємо  $M_{кр}$  в потрібному масштабі:

$$M_{кр} = N_{\text{ссу\textit{м}}} \cdot R_c, \quad (2.8)$$

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

Знаходимо момент еквівалентний:

$$M_{те} = \sqrt{M_{зи\max}^2 + M_{кр\max}^2} = \sqrt{370,5^2 + 37,05^2} = 372,3 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.9)$$

Умова міцності валу при спільній дії вигину та кручення:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{екв}}{W_{уз}^o} \leq [\sigma]. \quad (2.10)$$

$$W_{уз}^o = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,042^3}{32} = 7,27 \cdot 10^{-6} \text{ Па}. \quad (2.11)$$

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

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

Умова міцності не порушується, отже діаметр вибраний правильно.

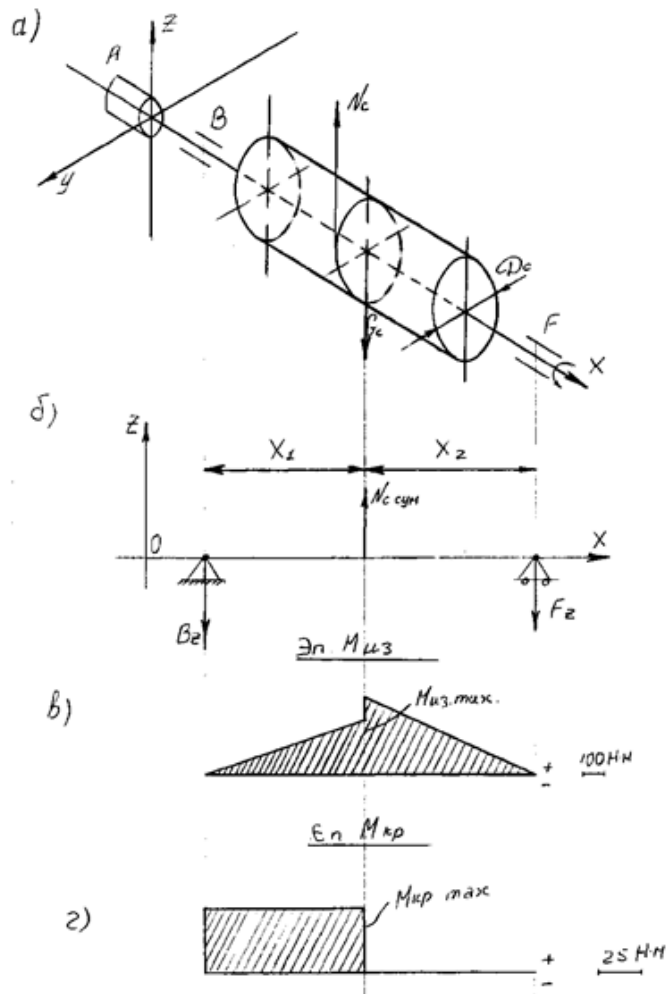


Рисунок 2.3 – Система сил, що діють на вал



### 2.3.2 Вибір електродвигуна

Для вибору електродвигуна нам необхідно знати момент, що крутить, створюваний на барабані подрібнювача:

$$M_{крс} = 37,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знаючи частоту обертання валу, ми можемо підрахувати потужність, необхідну для приводу барабана:

$$N = M_{крс} \cdot \omega = 37,05 \cdot 7,27 = 708,8 \text{ Вт}. \quad (2.12)$$

Але оскільки потужність електродвигуна витратиться до певної міри в черв'ячному редукторі, т.к. крутний момент передається через однозахідний черв'ячний редуктор з  $\eta = 0,81$  [7,8], то необхідно отриману потужність поділити на ККД редуктора:

$$N_1 = \frac{N}{\eta} = \frac{708,8}{0,81} = 875,1 \text{ Вт}. \quad (2.13)$$

Виберемо електродвигун потужністю 1,5 кВт марки 4АМХ90L6У3.

Потужності електродвигуна буде достатньо роботи подрібнювача зерна.

### 2.3.3 Вибір підшипників

Виконаємо ескізне компонування підшипникового вузла (рис. 2.4).

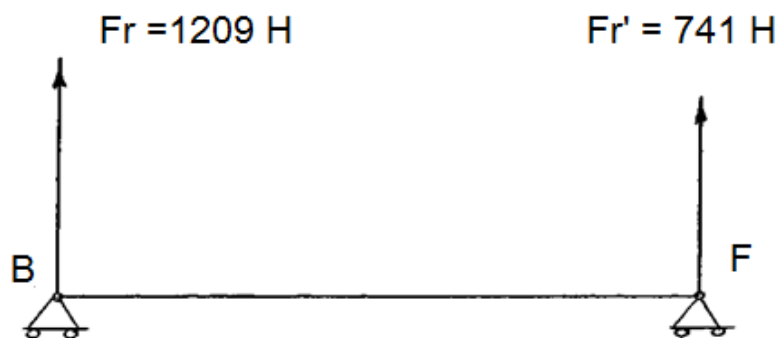


Рисунок 2.4 – Ескізна компоновка підшипникового вузла

Реакції опор було визначено нами раніше, під час розрахунку валу. Найбільш навантаженим є підшипник у точці, тому що  $F_r \succ F_r^I$ ,

$$F_r = 1209 \text{ Н.}$$

Так як у нас осьової сили не буде, але можливі невеликі перекося валу, то нам необхідно буде застосувати радіальні сферичні шарикопідшипники дворядні. Для цих підшипників еквівалентне навантаження дорівнюватиме [8]:

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\delta \cdot K_t \quad (2.14)$$

де  $F_r$  – радіальне навантаження, кН;

$V$  – коефіцієнт обертання (при обертанні внутрішнього кільця  $V=1$  [9]);

$K_\delta$  – коефіцієнт, що враховує характер роботи (при короткочасних навантаженнях до 125%,  $K_\delta = 1,2$  [8]);

$K_t$  – температурний коефіцієнт ( $K_t = 1,05$  [8, 9]).

Тоді:

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

Скориставшись [8, 10], приймаємо довговічність  $L_h = 40000$  год.

При частоті обертання 100 об/хв. та заданої довговічності маємо динамічну вантажопідйомність:

$$\frac{C}{P} = 6,2. \quad (2.15)$$

Тоді:

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

За даною вантажопідйомністю та діаметром посадкового місця  $d = 35$  мм підбираємо підшипник за таблицями каталогу [8] - марки 1206.

Динамічна вантажопідйомність за каталогом складає  $C_{кат} = 15,9$  кН.

Так як

$$C \prec C_{кат},$$

отже, підшипники обрані правильно.

### 2.3.4 Розрахунок шпоночного з'єднання

Вал з'єднується з муфтою за допомогою призматичної шпонки. Використовуючи [4, 5], вибираємо шпонку 6x6x32 DIN 6885. Перевіряємо вибрану шпонку на зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{d(h-t) \cdot l_p} \leq [\sigma_{см}], \quad (2.16)$$

де  $T$  – переданий момент, Н·м;

$d$  – діаметр валу,  $d = 30 \cdot 10^{-3}$  м;

$h$  – висота шпонки,  $h = 6 \cdot 10^{-3}$  м;

$t$  – глибина шпоночного пазу,  $t = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м;

$l_p$  – робоча довжина шпонки при округлених кінцях

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

$[\sigma_{см}]$  – допустима напруга зминання,

$$[\sigma_{см}] = 320 \text{ МПа}.$$

Підставляємо у формулу та отримаємо

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

Умова виконується, отже шпонка обрана правильно.

## 2.4 Обґрунтування та розрахунок параметрів бункера

### 2.4.1 Обґрунтування геометричних розмірів бункера

Першою умовою при виборі параметрів бункера є те, що зерновий матеріал повинен подаватися на всю довжину барабана, тому довжину вивантажувального вікна приймаємо = 260 мм, а довжину бункера, виходячи з конструктивних особливостей, - 390 мм, ширину - 460 мм.

Другою умовою є те, що кут нахилу бічних стінок повинен бути більшим або дорівнює куту природного укосу.  $\varphi = 45^\circ$ . Висоту бункера можемо взяти рівною  $h = 740$  мм. Об'єм такого бункера рівний  $V = 0,4$  м<sup>3</sup>.

Знаючи об'ємну масу корму, можемо обчислити місткість бункера:

$$M = \rho \cdot V \quad (2.17)$$

де  $M$  – місткість бункера, кг;

$\rho$  – насипна щільність для зернових  $\rho = 600$  кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм, м<sup>3</sup>.

Звідки

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

#### 2.4.2 Розрахунок вивантажувального отвору

Для розрахунку вивантажувального отвору бункера необхідно скористатися залежністю [4, 5]:

$$R_{cv} = \frac{\tau_o \cdot (1 + \sin \varphi)}{\gamma \cdot g}, \quad (2.18)$$

де  $R_{cv}$  – гідравлічний радіус найбільшого утворювального отвору, м;

$\tau_o$  – початковий опір зсуву, при відношенні  $h/B < 1,5$   $\tau_o = 22,4$  Н/м<sup>2</sup>;

$\varphi$  – кут природного укосу;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

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

Для зв'язкових матеріалів гідравлічний радіус випускного отвору бункера повинен перевищувати гідравлічний радіус випускного отвору зводу:

$$R > R_{cv}. \quad (2.19)$$

Для прямокутного отвору

$$R = \frac{(A - a') \cdot (B - a')}{2 \cdot (A + B - 2 \cdot a')}, \quad (2.20)$$

де  $a'$  – розмір типових частинок кормового матеріалу,  $a' = 5$  мм;

$A$  – ширина щілини,  $A = 15 \cdot 10^{-3}$  м;

$B$  – довжина щілини, м.

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 (2.20) не порушується:

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

## 2.5. Безпека проєктованого подрібнювача зернових кормів

Виробничі умови господарства характеризуються наявністю небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Тому особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню вимог виробничої санітарії, техніки безпеки, електробезпеки під час виконання різного виду робіт.

Розроблений нами малогабаритний подрібнювач концентрованих кормів відповідає ДСТУ 31 58-95. Засоби малої механізації для сільськогосподарського виробництва. Загальні вимоги безпеки. За прототип подрібнювача кормів прийнято подрібнювач марки: блок-модуль БМКА-1.

Застосування такого подрібнювача за умов фермерського господарства має низку недоліків. Це підвищений рівень звуку на робочому місці, що обумовлено великими обертами, а також застосуванням зубчастих передач, що негативно позначається на працездатності та стані здоров'я людини, яка обслуговує машину. Застосування електричного приводу спричиняє небезпеку ураження електричним струмом. Наявність кількох передач, як і збільшує ймовірність травматизму.

Під час розробки малогабаритного подрібнювача концентрованих кормів дані чинники було враховано. Було знижено частоту обертання робочих органів, що знизило шумовий ефект робочому місці.

Привід робочих органів здійснено від двигуна 4AMx90L6УЗ потужністю 1,5 кВт із частотою обертання  $940 \text{ хв}^{-1}$  ДСТУ 2582:2017, через запобіжну муфту та редуктор типу 4с-80 масою 17 кг із передатним числом  $i = 12,5$ .

Небезпечними факторами в даному подрібнювачі є механічний та електричний. Робочі органи, що обертаються, і деталі відносяться до механічного фактора. Надійність робочих органів та деталей підтверджується розрахунками міцності в даній записці. Запобіжна муфта пофарбована в червоне світло і огорожена захисним кожухом. Передбачено затушення кромки та гострих задирок з метою попередження травматизму при ремонті та технічному обслуговуванні машини. Всі робочі органи прикриті зверху бункерами, а знизу – скосами так, що забезпечують безпеку під час роботи на подрібнювачі. Металеві частини подрібнювача, корпус електродвигуна та рама, занулюються шляхом приєднання корпусу електродвигуна до нульового дроту, а також заземлюються шляхом приєднання до загального контуру заземлення ферми. Заземлення виконується відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016 (Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом). Пульт керування подрібнювача розташований зручно. Електродвигун з'єднується з електромережею через кабель з гумовою ізоляцією та гумовою оболонкою марки АНРГ-2 та вимикач ПМЕ-211 відповідно до ДСТУ 7237:2011 (Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту).

## **2.6. Висновки по розділу 2**

В даному розділі нами було обґрунтовано конструкцію подрібнювача зернових кормів та визначено розрахункову продуктивності подрібнювача.

Проведено розрахунок валу на міцність та шпоночного з'єднання. Вибрано електродвигун та підшипник. Обґрунтовано та розраховано параметри бункера та вивантажувального отвору. Наведена безпека проєктованого подрібнювача зернових кормів.

### РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Перетворення кормовиробництва на спеціалізовану самостійну галузь, передбачає використання різних машин і агрегатів на усіх стадіях виробництва кормових ресурсів, зокрема і стадії їх приготування. На даній стадії для виконання тієї самої операції можуть бути використані технічні засоби, що відрізняються за своїми техніко-економічними параметрами. У зв'язку з цим необхідно визначити ефективність їх застосування і потім впровадити у виробництво найбільш продуктивні машини, забезпечити максимальний економічний ефект, який можливий у цих умовах.

Для оцінки економічної ефективності застосування нової техніки в кормовиробництві розраховують такі техніко-економічні показники:

- 1) балансову вартість нової машини;
- 2) річну економію експлуатаційних витрат;
- 3) термін окупності додаткових капітальних вкладень;
- 4) річний економічний ефект.

Визначимо балансову вартість нової машини [11]:

$$C_{mn} = C_b \cdot \frac{G_{mn}}{G_{mb}}, \quad (3.1)$$

де  $C_b$  – балансова вартість старої машини, грн;

$G_{mn}$  – маса нової машини, кг;

$G_{mb}$  – маса старої машини, кг.

$$C_{mn} = 111270 \cdot \frac{204}{620} = 36611 \text{ грн.}$$

Визначимо експлуатаційні витрати за формулою:

$$C_e = A + P + Z + G, \quad (3.2)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$P$  – витрати на поточний та капітальний ремонт, техобслуговування, грн;

$Z$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;

$\Gamma$  – вартість електроенергії, грн.

Амортизаційні відрахування становитимуть:

$$A = \frac{C_m \cdot a_1}{100}, \quad (3.3)$$

де  $C_m$  – вартість машини, грн.;

$a_1$  – норма амортизаційних відрахувань,  $a_1 = 12,5\%$ .

Визначимо амортизаційні відрахування для нової та старої машини, відповідно:

$$A_n = \frac{36611 \cdot 12,5}{100} = 4576,375 \text{ грн.}$$

$$A_c = \frac{111270 \cdot 12,5}{100} = 13908,75 \text{ грн.}$$

Витрати на капітальний та поточний ремонт, технологічне обслуговування машини визначаємо за формулою:

$$P = \frac{C_m \cdot a_2}{100}, \quad (3.4)$$

де  $a_2$  – норма відрахувань на капітальний та поточний ремонт, технологічне обслуговування машини для подрібнювачів  $a_2 = 14\%$ .

Підставивши відповідно  $C_m$  для нової та старої машини у формулу (3.4), отримаємо:

$$P_n = \frac{36611 \cdot 14}{100} = 5125,54 \text{ грн.}$$

$$P_c = \frac{111270 \cdot 14}{100} = 15577,80 \text{ грн.}$$

Заробітна плата обслуговуючого персоналу складе:

$$Z = N \cdot T \cdot Z_{год} \cdot K_{дон} \cdot K_{соц}, \quad (3.5)$$

де  $N$  – число робітників, які обслуговують машину;

$T$  – річний час роботи машини, година;



$Z_{год}$  – годинна тарифна ставка, грн;

$K_{дон}$  – коефіцієнт, що враховує доплати та премії,  $K_{дон} = 1,15 \dots 1,20$ ;

$K_{соц}$  – єдиний соціальний внесок,  $K_{соц} = 22\% = 0,22$ .

Так як продуктивність базового та проектного подрібнювачів становить 300 кг/годину, а річний обсяг робіт – 50 т, то обидва подрібнювачі працюватимуть за рік по 167 годин. Підставивши у формулу (3.5), отримаємо:

$$Z_c = Z_n = 1 \cdot 167 \cdot 1,44 \cdot 1,2 \cdot 2,2 = 634,86 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії визначаємо за формулою:

$$G = N \cdot t \cdot u, \quad (3.6)$$

де  $N$  – номінальна потужність електричного двигуна, кВт;

$t$  – час роботи, год;

$u$  – вартість одного кВт електроенергії, грн.

Підставляємо у формулу (3.6) дані та отримаємо:

$$G_n = 1,5 \cdot 167 \cdot 4,806 = 1204,12 \text{ грн.}$$

$$G_c = 3 \cdot 167 \cdot 4,806 = 2407,806 \text{ грн.}$$

Усі знайдені значення підставляємо у формулу (3.2) та отримаємо:

$$C_n = 4576,375 + 5125,54 + 634,86 + 1204,12 = 11540,895 \text{ грн.}$$

$$C_c = 13908,75 + 15577,80 + 634,86 + 2407,806 = 32529,218 \text{ грн.}$$

Річна економія витрат складе:

$$E_z = C_c - C_n = 32529,218 - 11540,895 = 20988,323 \text{ грн.} \quad (3.8)$$

Річний економічний ефект визначимо за формулою

$$E_p = (C_c + E_n \cdot C_{\sigma}) - (C_n + E_n \cdot C_{mn}), \quad (3.9)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $E_n = 1,8 \dots 0,2$ .

Тоді

$$E_p = (32529,218 + 0,2 \cdot 111270) - (11540,895 + 0,2 \cdot 36611) = 35920,1231 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень становитиме:

$$T_{ок} = \frac{C_{мн}}{E_p} = \frac{36611}{35920,1231} = 1,09 \quad (3.10)$$

Результати економічного розрахунку зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Економічна ефективність застосування подрібнювача

Показники	Варіанти	
	існуючий	проектуючий
1. Додаткові капітальні вкладення, грн.		36611
2. Річний обсяг робіт, т	50	50
3. Річна економія експлуатаційних витрат, грн.		20988,232
4. Річний економічний ефект, грн.		35920,1231
5. Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років		1,09

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було обґрунтовано та розглянуто технологію обробки кормів. Наведені способи подрібнення, машини та робочі органи для подрібнення кормів.

Розглянуто фізичні та механічні властивості зернових кормів. Проведений аналіз ступеня подрібнення.

Використання запропонованого нами малогабаритного подрібнювача концентрованих кормів є доцільним як з технічної, так і з економічної точки зору. Застосування подрібнювача на невеликих фермах дозволить замінити кілька переробних машин, що полегшить процес кормовиробництва.

З економічної точки зору його застосування необхідне, оскільки він швидко окупить витрати, що будуть в нього вкладені, а також значно зекономить електроенергію. Річний економічний ефект від застосування розробленого подрібнювача становитиме 35920,1231 грн., а термін окупності додаткових капітальних вкладень – 1,09 роки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічна механіка : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г. М. Калетнік [та ін.]. - К. : Хай-Тек Прес, 2011. - 340 с.
2. Омельченко О.О., Ткач В.Д. Довідник з механізації тваринницьких і птахівничих ферм та комплексів. К.: Урожай, 1982. 270 с.
3. Механізація виробництва продукції тваринництва. Ревенко І.І., Кукта Г.М., Манько В.М., Роговий В.Д., Шабельник Б.І., Сиротюк В.М., Дацишин О.В. /За ред. Ревенка І.І. К.: Урожай, 1994. 264 с.
4. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /І.Г. Бойко, В.Г. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. І.Г. Бойко. Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2002. 216с
5. Шабельник Б.П., Троянов М.М., Бойко І.Г. та ін. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /За ред. Бойка І.Г. Харків, 2002. 216 с
6. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /Науменко О.А., Бойко І.Г., Нанка О.В., Полупанов В.М. та ін.; за ред. І.Г. Бойко. Том 1. Харків: Видавництво ЧП Червяк, 2006. 225 с.
7. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /Науменко О.А., Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба А.І. та ін.; за ред. І.Г. Бойко. Том 2. Харків: Видавництво ЧП Червяк, 2006. 279 с.
8. [https://pidshypnyk.com/kataloh-podshypnykov/?srsltid=AfmBOopvFLn\\_Yf9UpYG1ncvNVd0hyjoemvkiCNLbWwsBC6vnuIYZJEK5](https://pidshypnyk.com/kataloh-podshypnykov/?srsltid=AfmBOopvFLn_Yf9UpYG1ncvNVd0hyjoemvkiCNLbWwsBC6vnuIYZJEK5)
9. Хомик Н.І., Ткаченко І.Г., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник до курсового проектування / Н. І. Хомик, І.Г. Ткаченко, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 100 с.
10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.