

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

**Кафедра механічної та електричної інженерії**

## **Пояснювальна записка**

*до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти  
бакалавр*

на тему: «Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів»

КРБ.133ГМбд\_31[2].09.00.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_31[2]  
ЗАБІЯКА Владислав

Керівник: доктор техн. наук, професор  
ВЛАСОВЕЦЬ Віталій

**Полтава – 2026 року**

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

Освітньо-професійна програма «*Машини та обладнання*  
*сільськогосподарського виробництва*»

Спеціальність 133 «*Галузеве машинобудування*»  
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**механічної та електричної**  
**інженерії,**  
канд. техн. наук, доцент,  
\_\_\_\_\_ Станіслав ПОПОВ  
03 грудня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

***Владиславу ЗАБІЯКІ***

1 Тема роботи: «*Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів*»

керівник роботи ***доктор техн. наук, професор ВЛАСОВЕЦЬ Віталій,***  
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *продуктивність технологічної лінії – 20 т/год, продуктивність гвинтового конвеєра – 20 т/год, довжина гвинтового конвеєра – 5 м.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *технологічна схема виробництва комбікормів. Дробарка молоткова. Загальний вигляд. Основа. Складальне креслення. Ротор. Складальне креслення*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Ірина ЗАГРЕБЕЛЬНА, доцент кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Владислав ЗАБІЯКА  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Віталій ВЛАСОВЕЦЬ  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 3 таблиці, 22 використаних джерела, 77 сторінок.

Об'єкт розробки – технологічний процес подрібнення зернопродуктів у складі зернопереробного та комбікормового виробництва.

Предмет розробки – конструктивні параметри, технологічні показники та режими роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів.

Постановка актуальної технічної задачі – провести аналіз існуючих конструкцій обладнання для подрібнення зернопродуктів, дослідити особливості технологічного процесу руйнування зернової сировини, обґрунтувати раціональні режими роботи подрібнювальної машини, а також забезпечити відповідність обладнання вимогам продуктивності, надійності, енергоефективності та безпечної експлуатації.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – обґрунтувати конструктивні параметри та режими роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів, визначити особливості його проектування, експлуатації, ремонту та технічного обслуговування, а також виконати необхідні інженерні розрахунки для забезпечення стабільної та ефективної роботи технологічної лінії.

У загальному розділі розглянуто значення процесу подрібнення зернової сировини у зернопереробному та комбікормовому виробництві. Також наведено характеристику основних факторів, які впливають на процес подрібнення: вологість зерна, фізико-механічні властивості сировини, частота обертання ротора, конструкція молотків, розмір отворів решета, рівномірність подачі та технічний стан обладнання.

У технологічному розділі розглянуто технологічну схему виробництва комбікормів, яка включає транспортування, очищення, дозування, подрібнення, змішування та подавання готової продукції на зберігання або гранулювання. Проаналізовано існуючі конструкції машин для подрібнення зернопродуктів: вальцьові верстати, дискові подрібнювачі, жорнові машини та молоткові дробарки. Обґрунтовано доцільність використання молоткової дробарки як основного обладнання для подрібнення зернової сировини в умовах комбікормового виробництва.

У конструкторському розділі виконано необхідні інженерні розрахунки обладнання, яке забезпечує роботу технологічної лінії подрібнення зернопродуктів. Розраховано швидкохідний стрічковий елеватор з відцентровим розвантаженням для транспортування зерна, а також гвинтовий конвеєр продуктивністю 20 т/год. Отримані розрахункові дані дозволяють забезпечити надійну роботу транспортуючого й допоміжного обладнання у складі виробничої лінії.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища розглянуто питання безпечної експлуатації обладнання для подрібнення зернопродуктів, проаналізовано можливі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникають під час роботи молоткової дробарки, норій, гвинтових конвеєрів, бункерів, дозаторів і змішувачів. Також розглянуто заходи щодо охорони навколишнього середовища, раціонального використання сировини й електроенергії та визначено економічну доцільність використання обґрунтованих технічних рішень.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати розрахунків і запропоновані технічні рішення можуть бути використані під час проектування, модернізації, налаштування, ремонту та експлуатації обладнання для подрібнення зернопродуктів на зернопереробних і комбікормових підприємствах.

Сфера застосування результатів роботи – комбікормові підприємства, зернопереробні комплекси, елеватори, сільськогосподарські підприємства, а також організації, що займаються проектуванням, виготовленням, монтажем, ремонтом і технічним обслуговуванням обладнання для подрібнення та транспортування зернопродуктів.

Графічна частина проєкту становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу Strike Plagiarism: унікальність тексту – 95,01 %.

#### АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена обґрунтуванню параметрів та режимів роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів. У роботі проведено аналіз сучасного стану подрібнювального обладнання, розглянуто існуючі конструкції машин для подрібнення зернової сировини, досліджено особливості технологічного процесу подрібнення та виконано необхідні інженерні розрахунки.

У процесі виконання роботи визначено основні технологічні та конструктивні параметри обладнання для подрібнення зернопродуктів, зокрема параметри молоткової дробарки, транспортуючого обладнання, стрічкового елеватора та гвинтового конвеєра. Обґрунтовано режими роботи, які забезпечують отримання продукту необхідної крупності, підвищення продуктивності технологічної лінії, зменшення енерговитрат і зниження зношування робочих органів. Розглянуто питання монтажу, ремонту, технічного обслуговування та безпечної експлуатації обладнання.

ЗЕРНО, ЗЕРНОПРОДУКТИ, ПОДРІБНЕННЯ, МОЛОТКОВА ДРОБАРКА, РЕШЕТО, РОТОР, МОЛОТКИ, ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР, НОРІЯ, КОМБІКОРМ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

#### ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the substantiation of parameters and operating modes of equipment for grinding grain products. The work analyzes the current state of grinding equipment, considers existing designs of machines for grain raw material grinding, investigates the technological process of grain size reduction and performs the necessary engineering calculations.

During the work, the main technological and design parameters of equipment for grinding grain products were determined, including the parameters of a hammer mill, conveying equipment, a high-speed belt elevator and a screw conveyor. Rational operating modes were substantiated to ensure the required particle size of the finished product, increase the productivity of the technological line, reduce energy consumption and decrease wear of working parts. The issues of installation, repair, maintenance and safe operation of the equipment were also considered.

GRAIN, GRAIN PRODUCTS, GRINDING, HAMMER MILL, SIEVE, ROTOR, HAMMERS, SCREW CONVEYOR, BUCKET ELEVATOR, FEED PRODUCTION, ENERGY EFFICIENCY, OCCUPATIONAL SAFETY.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1.ЗАГАЛЬНИЙ.....	8
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	12
2.1 Технологічна схема виробництва комбікормів.....	12
2.2 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації.....	14
2.3 Ремонт і монтаж обладнання.....	22
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	28
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	42
4.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання.....	42
4.2. Охорона навколишнього середовища.....	50
4.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності.....	54
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	64

КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Виконав		Забіяка В. І.		
Перевірів		Власовець В.М.		
Консульт.		Власовець В.М.		
Н.контр.		Власовець В.М.		
Зате		Попов С.В.		
ЗМІСТ				
			Літера	Аркуш
			5	76
ПДАУ 2026 р.				

## ВСТУП

Зернопереробна галузь є однією з важливих складових агропромислового комплексу, оскільки забезпечує підготовку зернової сировини для виробництва борошна, круп, комбікормів та інших харчових і кормових продуктів. Якість готової продукції значною мірою залежить від правильного вибору технологічного обладнання, дотримання режимів його роботи та раціонального використання енергії під час переробки зерна.

Однією з основних технологічних операцій у процесі переробки зернопродуктів є подрібнення. Воно забезпечує зменшення розмірів частинок сировини до необхідної крупності, покращує умови подальшої обробки, змішування, дозування та засвоєння поживних речовин у разі виробництва комбікормів. Від ефективності процесу подрібнення залежить рівномірність фракційного складу продукту, продуктивність технологічної лінії, витрати електроенергії та загальна економічність виробництва.

На сучасних підприємствах для подрібнення зернової сировини застосовують різні типи машин, зокрема молоткові дробарки, вальцеві верстати, дискові та інші подрібнювальні машини. Найбільш поширеними є молоткові дробарки, оскільки вони мають порівняно просту конструкцію, високу продуктивність, універсальність у використанні та можливість подрібнення різних видів зернової сировини. Водночас їх робота супроводжується значними енерговитратами, зношуванням робочих органів, нерівномірністю помелу та утворенням пилу, що потребує додаткового обґрунтування параметрів і режимів експлуатації.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності процесу подрібнення зернопродуктів шляхом правильного вибору конструктивних параметрів обладнання та оптимальних режимів його роботи. Раціональне налаштування подачі сировини, частоти обертання ротора, зазору між робочими органами, розмірів отворів решета та інших параметрів дозволяє підвищити продуктивність машини, зменшити

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енерговитрати, покращити якість подрібненого продукту та продовжити строк служби обладнання.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів з метою підвищення ефективності технологічного процесу, забезпечення необхідної якості готового продукту та зниження експлуатаційних витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

проаналізувати сучасний стан процесів подрібнення зернопродуктів та обладнання, що використовується для їх виконання;

розглянути конструктивні особливості машин для подрібнення зернової сировини;

визначити основні фактори, які впливають на якість подрібнення, продуктивність та енерговитрати;

обґрунтувати раціональні параметри і режими роботи подрібнювального обладнання;

виконати необхідні технологічні та конструктивні розрахунки;

розглянути питання безпечної експлуатації обладнання та охорони праці під час роботи з подрібнювальними машинами;

оцінити ефективність запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є технологічний процес подрібнення зернопродуктів у складі зернопереробного виробництва.

Предметом дослідження є параметри та режими роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів, які впливають на продуктивність, якість подрібнення та енергоефективність процесу.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання обґрунтованих параметрів і режимів роботи подрібнювального обладнання для підвищення ефективності виробничого процесу, зменшення витрат електроенергії, покращення якості готової продукції та забезпечення більш стабільної роботи технологічної лінії.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

Переробка зернової сировини займає важливе місце в агропромисловому виробництві, оскільки саме від неї залежить забезпечення харчової промисловості, комбікормового виробництва та інших галузей якісною сировиною. Після надходження на підприємство зерно проходить кілька послідовних операцій підготовки й обробки, серед яких подрібнення має особливе значення. Цей процес дає змогу змінити розмір частинок зерна до потрібних технологічних вимог, що надалі впливає на якість готового продукту, стабільність роботи обладнання та ефективність усього виробничого процесу.

Тема кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки на сучасних зернопереробних і комбікормових підприємствах важливо не лише забезпечити необхідний ступінь подрібнення сировини, а й зменшити енерговитрати, підвищити продуктивність машин та знизити зношування робочих органів. Правильно підібрані параметри і режими роботи подрібнювального обладнання дають змогу отримати продукт потрібної крупності, забезпечити стабільну роботу технологічної лінії та покращити економічні показники підприємства.

Для подрібнення зернопродуктів використовують різні типи обладнання: молоткові дробарки, вальцьові верстати, дискові подрібнювачі та інші машини. Вибір конкретного обладнання залежить від виду сировини, необхідної крупності помелу, продуктивності лінії та умов подальшої переробки. Найбільш поширеними у комбікормовому та зернопереробному виробництві є молоткові дробарки, оскільки вони мають просту конструкцію, достатню продуктивність і можуть використовуватися для подрібнення різних видів зернової сировини.

Ефективність роботи подрібнювального обладнання значною мірою залежить від його конструктивних параметрів та встановлених режимів роботи. До основних факторів, які впливають на процес подрібнення, належать частота обертання ротора, кількість і форма молотків, зазор між робочими органами, розмір отворів решета, рівномірність подачі зерна, вологість сировини та навантаження на машину. Якщо ці параметри підібрані неправильно, можливе

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

збільшення витрат електроенергії, нерівномірний помел, перегрівання продукту, підвищене пилоутворення та швидке спрацювання деталей.

Сучасні подрібнювальні машини постійно вдосконалюються. Виробники покращують конструкцію робочих органів, систем подачі сировини, решіт, аспіраційних каналів та захисних елементів. Це дозволяє підвищити якість подрібнення, зменшити втрати продукту, знизити рівень запиленості у виробничому приміщенні та збільшити ресурс роботи обладнання. Особлива увага приділяється енергоефективності, оскільки процес подрібнення є одним із найбільш енерговитратних у технологічній лінії переробки зерна.

На підприємствах дедалі ширше застосовують автоматизовані системи контролю та регулювання роботи обладнання. Вони дають змогу відстежувати продуктивність, навантаження електродвигуна, рівномірність подачі зерна та інші показники в режимі реального часу. Завдяки цьому оператор може своєчасно коригувати роботу машини, уникати перевантаження та підтримувати процес подрібнення у заданих межах.

У цій роботі розглянуто технологічний процес подрібнення зернопродуктів, проаналізовано конструкцію подрібнювального обладнання та визначено основні параметри його роботи. Окрему увагу приділено вибору раціональних режимів, які забезпечують необхідну якість готового продукту, стабільну продуктивність і зменшення експлуатаційних витрат.

До складу технологічного комплексу переробки зерна можуть входити транспортуючі механізми, обладнання для очищення, подрібнювальні машини, накопичувальні бункери, системи аспірації та обладнання для зберігання готового продукту. Для переміщення зернової маси використовують стрічкові та скребкові конвеєри, а також норії. Для очищення сировини від домішок застосовують повітряно-ситові, магнітні та інші сепаратори. Після підготовки зерно надходить на подрібнення, де відбувається зменшення розмірів частинок до заданих технологічних вимог.

Особливістю подрібнення зерна є те, що цей процес залежить не лише від конструкції машини, а й від властивостей самої сировини. Різні види зерна мають неоднакову міцність, вологість, форму, розмір і структуру оболонки, тому під

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

час подрібнення вони руйнуються по-різному. Наприклад, сухе зерно подрібнюється легше, але при цьому може утворювати більше пилоподібної фракції, а надмірно вологе зерно гірше руйнується, може налипати на робочі органи та знижувати продуктивність обладнання.

Під час подрібнення важливо отримати не просто дрібний продукт, а продукт із потрібним і відносно рівномірним фракційним складом. Надмірне подрібнення призводить до збільшення кількості пилу, підвищення енерговитрат і втрат сировини. Недостатнє подрібнення, навпаки, погіршує якість подальшого змішування, дозування або технологічної обробки. Тому для кожного виду зернопродуктів необхідно підбирати такі режими роботи обладнання, які забезпечують оптимальне співвідношення між продуктивністю, якістю помелу та витратами енергії.

Важливу роль у процесі подрібнення відіграє вологість зерна. Якщо вологість знаходиться в оптимальних межах, зернівка краще руйнується, а готовий продукт має більш стабільний гранулометричний склад. За підвищеної вологості зростає опір руйнуванню, збільшується навантаження на електродвигун, знижується пропускна здатність машини та може погіршуватися проходження продукту крізь решето. Це особливо важливо для молоткових дробарок, де ефективність роботи значною мірою залежить від вільного проходження подрібненого матеріалу через отвори решета.

Ще однією особливістю подрібнення є вплив швидкості дії робочих органів. У молоткових дробарках зерно руйнується переважно внаслідок удару молотків, зіткнення з внутрішніми поверхнями робочої камери та часткового стирання між частинками. Чим вища швидкість обертання ротора, тим інтенсивніше відбувається руйнування зерна, однак надмірне збільшення швидкості може спричинити перегрівання продукту, підвищене спрацювання молотків і збільшення витрат електроенергії.

На якість подрібнення також впливає розмір отворів решета. Решето виконує роль сортувального елемента: частинки, які досягли потрібного розміру, проходять крізь отвори, а більші залишаються в робочій камері до повторного подрібнення. Чим менший діаметр отворів решета, тим дрібніший продукт

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримують на виході, але при цьому зростає опір проходженню матеріалу і знижується продуктивність дробарки. Тому вибір решета повинен відповідати призначенню подрібненого продукту та вимогам технологічного процесу.

У процесі роботи подрібнювального обладнання важливо забезпечити рівномірну подачу зерна. Нерівномірне завантаження призводить до коливання навантаження на електродвигун, нестабільної крупності помелу, підвищення вібрації та можливого перевантаження окремих вузлів. Для стабільної роботи машини подача сировини має відповідати її продуктивності, а робоча камера не повинна бути ні перевантаженою, ні недовантаженою.

Отже, подрібнення зерна є складним технологічним процесом, на який впливає цілий комплекс факторів: фізико-механічні властивості сировини, вологість, швидкість обертання ротора, конструкція молотків, розмір отворів решета, рівномірність подачі та технічний стан обладнання. Саме тому обґрунтування параметрів і режимів роботи подрібнювальних машин має важливе значення для забезпечення якісного помелу, зменшення енерговитрат і підвищення ефективності зернопереробного виробництва.

Найпоширенішим способом подрібнення зерна є ударно-стирання, яке реалізується у молоткових дробарках. Під час роботи машини зерно потрапляє в робочу камеру, де під дією швидкообертючих молотків руйнується на частинки меншого розміру. Далі подрібнений продукт проходить крізь отвори решета, розмір яких визначає кінцеву крупність помелу. Саме тому правильний вибір решета, швидкості обертання ротора та режиму подачі сировини має важливе значення для ефективної роботи обладнання.

Окремо в роботі розглянуто вибір конструктивних параметрів і режимів роботи подрібнювальної машини. Правильно підібрані параметри дозволяють досягти потрібної продуктивності, зменшити витрати електроенергії, забезпечити рівномірний помел і продовжити строк служби основних вузлів обладнання.

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Технологічна схема виробництва комбікормів

На підприємстві з виробництва комбікормів застосовується технологічна схема, яка передбачає послідовну підготовку, дозування, подрібнення та змішування основних груп сировини. У виробничий процес залучаються зернові компоненти, шрот, білково-вітамінні добавки, премікси, важкосипкі компоненти та мікродобавки. Кожна група сировини проходить відповідну стадію підготовки, після чого компоненти надходять до змішувального обладнання для формування готової кормової суміші відповідно до рецептури.

Технологічний процес розпочинається з подавання окремих видів зернової сировини норією Н-20 поз. 1.1 у наддозаторні бункери поз. 5. Розподілення зерна між бункерами здійснюється за допомогою перекидного клапана КП-200 поз. 2, що дає змогу спрямовувати потік сировини у потрібний напрям залежно від виду зерна та виробничого завдання.

Перед надходженням зернової сировини до подальших операцій передбачено її очищення від металоманітних домішок. Для цього у технологічній лінії встановлено магнітні сепаратори КП-50 поз. 3.1, 3.2. Після вилучення металевих включень зерно гвинтовими конвеєрами Д200 поз. 4.1, 4.2 подається у наддробарні бункери ВДК-1-8 поз. 5. Дані бункери входять до складу відділення дозування зернових компонентів і забезпечують накопичення сировини перед її зважуванням. Вони обладнані завантажувальними шнеками довжиною L1 – 6,5 м, L2 – 6,2 м, а також шнеками вагового дозатора L3 = 5,5–7,5 м, за допомогою яких зернова маса подається у ваговий дозатор АД-3200М поз. 6.

Після виконання операції дозування зернова сировина шнеком дозатора направляється до норії Н-20 поз. 1.2, а далі транспортується у наддробарний бункер БД 5.00.200 СБ поз. 7. Із цього бункера шнеком Д160 поз. 8.1 потік

									КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

сировини розподіляється на два напрями, що забезпечує подачу зерна до дробарок. Безпосередньо перед подрібненням зерно додатково проходить очищення від металоманітних домішок у магнітних сепараторах БМП-01 поз. 9.1, 9.2. Це необхідно для захисту робочих органів дробарок від пошкодження та забезпечення стабільної роботи обладнання.

Згідно з технологічною схемою, подрібнення віддозованої зернової сировини здійснюється дробарками А1-ДМ2Р-55В поз. 10.1, 10.2. У цих машинах зерно руйнується до необхідної крупності, що забезпечує подальше якісне змішування з іншими компонентами комбікорму. До цих самих дробарок за потреби подаються шрот і компоненти КВХП, які також потребують попереднього подрібнення для вирівнювання фракційного складу.

Шрот і КВХП доставляються на підприємство автомобільним транспортом та подаються до напільних дозуючих шнеків Д160 поз. 22.1, 22.2. Далі зазначені компоненти транспортуються у наддозаторні бункери поз. 5, звідки надходять у ваговий дозатор АД-3200М. Після дозування вони норією Н-20 поз. 1.2 подаються у наддробарний бункер поз. 7, проходять додаткове очищення у магнітних сепараторах БМП-01 поз. 9.1, 9.2 і направляються на подрібнення у дробарки А1-ДМ2Р-55В поз. 10.1, 10.2.

Подрібнені зернові компоненти, шрот і КВХП після дробарок транспортуються шнековим конвеєром Д200 поз. 4.3 та норією Н-20 поз. 1.3 у бункер, розташований над змішувачем поз. 11. Звідти підготовлені компоненти надходять у змішувач ДСГ-2,0 поз. 12, де відбувається їх попереднє або основне змішування залежно від рецептури комбікорму.

Висівки після попереднього очищення та просіювання у допоміжному відділенні подаються до бункера ВОК-1-8 поз. 14. Із цього бункера вони шнеком Д160 поз. 8.2 направляються як наповнювач у змішувач-дозатор ДСО-0,1 поз. 15. Використання висівок як наповнювача дає змогу рівномірніше розподілити мікродобавки у загальній масі комбікорму.

У змішувач-дозатор ДСО-0,1 поз. 15 також подаються віддозовані мікроелементи. Їх завантаження здійснюється через приймальний пристрій

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

модуля мікродозування ПР-250 поз. 17. Після приймання мікроелементи надходять у бункери модуля МДК 12-240 поз. 18, де їх дозування виконується дозувальним модулем МДК 12-240 поз. 19. Така схема дозволяє забезпечити точне введення малих кількостей добавок, що є важливим для дотримання рецептури та якості готового комбікорму.

Після дозування мікроелементи гвинтовим конвеєром Д160 поз. 8.3 та норією Н-10 поз. 20 транспортуються до основного змішувача ДСГ-2,0 поз. 12. У ньому всі підготовлені складові об'єднуються в єдину кормову суміш. Якість змішування на цьому етапі має велике значення, оскільки від рівномірного розподілу поживних речовин, мінеральних добавок і мікрокомпонентів залежить поживна цінність готової продукції.

Після завершення процесу змішування готовий комбікорм гвинтовим конвеєром Д200 поз. 4.4, норією Н-20 поз. 1.4 та гвинтовим конвеєром Д160 поз. 8.4 подається у бункери готової продукції поз. 21. Із цих бункерів комбікорм може відпускатися споживачам у розсипному вигляді. За потреби готова суміш гвинтовим конвеєром Д160 поз. 8.5 направляється у цех гранулювання, де після гранулювання фасується у мішки або готується до подальшого зберігання та реалізації.

Отже, технологічна схема підприємства забезпечує повний цикл підготовки сировини для виробництва комбікормів: транспортування, очищення, дозування, подрібнення, змішування та подавання готової продукції на зберігання або гранулювання. Збереження послідовності операцій і правильне налаштування обладнання дозволяють забезпечити стабільну якість комбікорму, зменшити втрати сировини та підвищити ефективність роботи виробничої лінії.

## 2.2 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації

Подрібнення зернопродуктів є однією з основних операцій у технологічному процесі виробництва комбікормів. Його призначення полягає у

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшенні розмірів частинок зернової сировини до заданої крупності, що забезпечує краще змішування компонентів, підвищує однорідність готової суміші та покращує засвоюваність корму тваринами. Якість подрібнення значною мірою залежить від конструкції подрібнювальної машини, режимів її роботи, фізико-механічних властивостей зерна, вологості сировини та технічного стану робочих органів.

На зернопереробних і комбикормових підприємствах застосовують різні типи обладнання для подрібнення зерна. Найбільш поширеними є молоткові дробарки, вальцові верстати, дискові подрібнювачі та жорнові машини. Кожен тип обладнання має свої конструктивні особливості, переваги та сферу використання.



Рисунок 1.1 – Вальцовий верстат для подрібнення зерна

Вальцові верстати працюють за принципом роздавлювання і стирання зерна між двома обертовими вальцями. Вони забезпечують порівняно рівномірний помел і широко використовуються у борошномельному виробництві. Основними робочими органами таких машин є вальці з гладкою або рифленою поверхнею. Ступінь подрібнення залежить від зазору між

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вальцями, швидкості їх обертання та стану робочої поверхні. Перевагою вальцьових верстатів є можливість регулювання крупності помелу, а недоліком — складніша конструкція та вища вимогливість до рівномірності подачі сировини.

Дискові подрібнювачі (рис 1.2) здійснюють руйнування зерна між двома дисками, один із яких може бути нерухомим, а інший обертається. Подрібнення відбувається внаслідок стирання, зсуву та часткового роздавлювання. Таке обладнання може використовуватися для подрібнення зернових і деяких інших сипких матеріалів. Його перевагою є відносно проста конструкція, однак за значної продуктивності дискові подрібнювачі можуть поступатися молотковим дробаркам за універсальністю та інтенсивністю подрібнення.

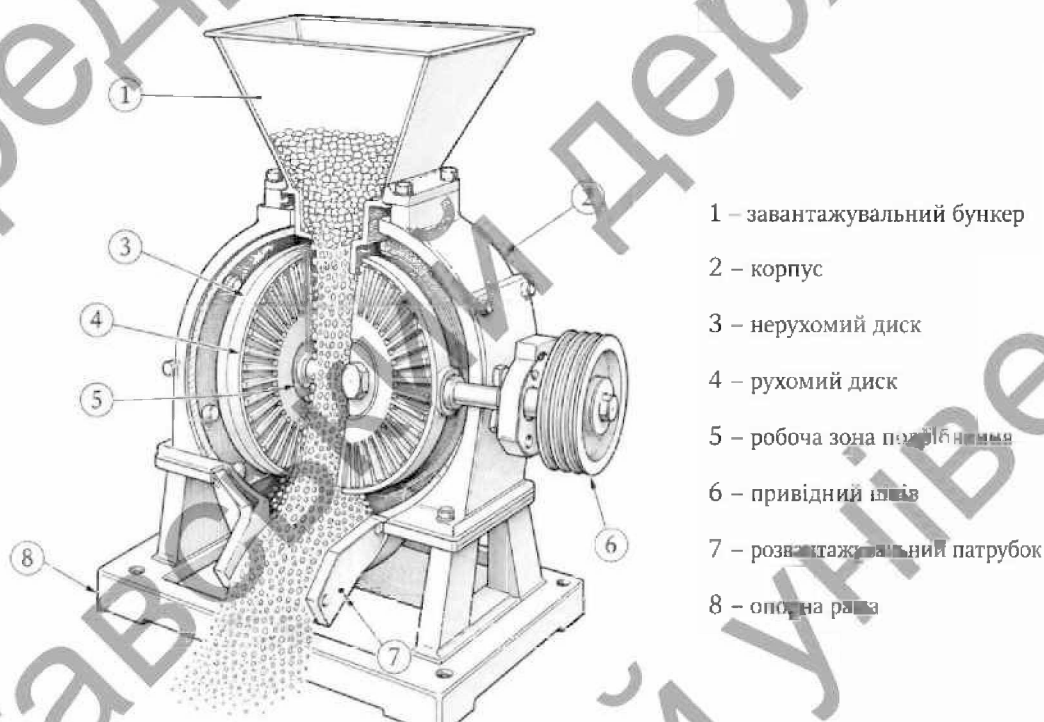


Рисунок 1.2 – Дисковий подрібнювач зернової сировини

Жорнові машини належать до більш простих за конструкцією подрібнювальних машин. Вони працюють за принципом стирання матеріалу між двома робочими поверхнями. Таке обладнання може застосовуватися для отримання продукту певної крупності, але у промисловому комбікормовому

виробництві використовується рідше через обмежену продуктивність і складність підтримання стабільного режиму роботи при значному навантаженні.

Найбільш поширеними в комбікормовому виробництві є молоткові дробарки. Вони мають просту конструкцію, достатню продуктивність, універсальність і можуть використовуватися для подрібнення різних видів зернової сировини, шротів та інших компонентів. У молоткових дробарках матеріал руйнується переважно під дією удару швидкообертових молотків, а також унаслідок зіткнення частинок із поверхнями робочої камери та решетом.

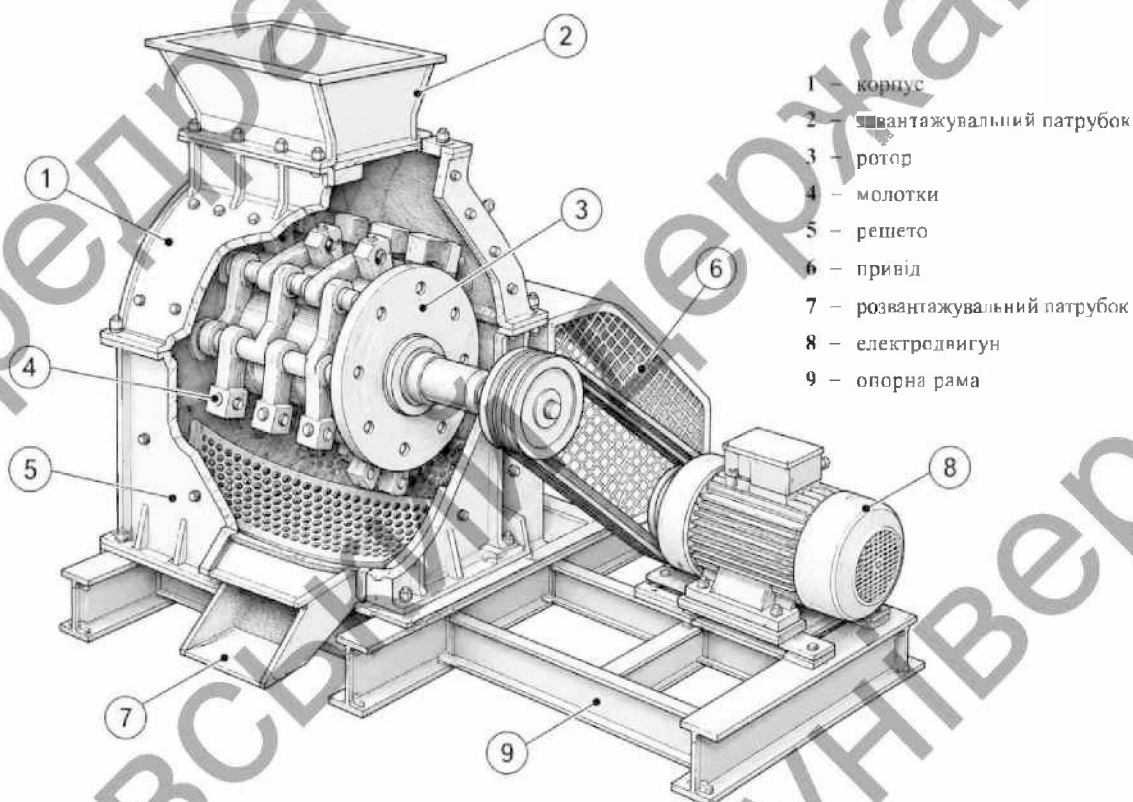


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд молоткової дробарки

Основними вузлами молоткової дробарки є корпус, ротор, молотки, осі або пальці кріплення молотків, робоча камера, решето, завантажувальний і розвантажувальний пристрої, привід, електродвигун та захисні кожухи. Корпус машини забезпечує розміщення основних вузлів і захищає робочу зону. Ротор із закріпленими на ньому молотками є головним робочим органом дробарки. Під

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

час обертання ротора молотки набувають значної швидкості та руйнують зерно, що надходить у робочу камеру.

Решето в молотковій дробарці виконує функцію сортувального елемента. Частинки, які досягли потрібного розміру, проходять крізь отвори решета і виводяться з робочої камери. Більші частинки залишаються в зоні подрібнення до повторного ударного впливу. Розмір отворів решета є одним із основних параметрів, що визначає крупність готового продукту. Зменшення діаметра отворів решета дозволяє отримати дрібніший помел, але при цьому зростають енерговитрати та може знижуватися продуктивність машини.

Запроектване обладнання призначене для подрібнення зернопродуктів у складі технологічної лінії виробництва комбікормів. Як основне обладнання доцільно використовувати молоткову дробарку, оскільки вона забезпечує інтенсивне подрібнення зернової сировини, має просту будову, зручна в обслуговуванні та може працювати з різними видами компонентів. Така машина добре підходить для умов комбікормового виробництва, де важливо забезпечити стабільну продуктивність і задану крупність подрібненого продукту.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

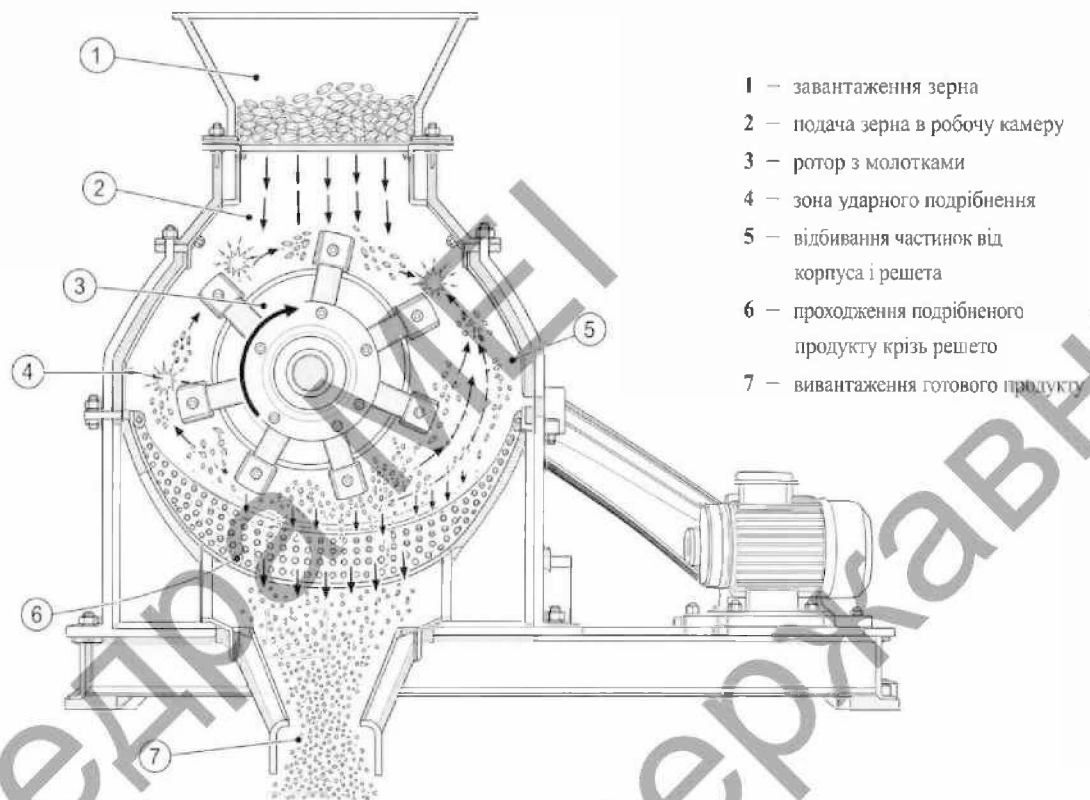


Рисунок 1.5 – Схема робочого процесу молоткової дробарки

Принцип роботи запроєктованої дробарки полягає в тому, що зернова сировина після попереднього очищення від металоманітних домішок надходить у завантажувальний патрубок і потрапляє в робочу камеру. У камері матеріал захоплюється потоком повітря та піддається ударам молотків, які обертаються разом із ротором. Унаслідок багаторазових ударів, стирання та зіткнення з поверхнями камери зерно руйнується на частинки меншого розміру. Після досягнення необхідної крупності подрібнений продукт проходить крізь отвори решета та виводиться з машини для подальшого транспортування у змішувач або проміжний бункер.

До основних параметрів, які впливають на роботу дробарки, належать частота обертання ротора, кількість і розміри молотків, діаметр отворів решета, подача сировини, вологість зерна та стан робочих органів. Рациональний вибір цих параметрів дозволяє забезпечити необхідну якість подрібнення, знизити витрати електроенергії та зменшити зношування деталей.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу увагу під час експлуатації дробарки необхідно приділяти вологості зерна. Надмірно волога сировина погіршує процес подрібнення, може налипати на робочі органи, забивати отвори решета та знижувати продуктивність машини. Занадто сухе зерно подрібнюється легше, однак при цьому може утворюватися значна кількість пиллоподібної фракції. Тому перед подрібненням зернова сировина повинна відповідати встановленим технологічним вимогам за вологістю та засміченістю.

Перед пуском дробарки необхідно перевірити справність електродвигуна, приводу, кріплення захисних кожухів, стан молотків, решета та завантажувального пристрою. Також потрібно переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочій камері та справності магнітних сепараторів, які встановлюються перед дробаркою. Пуск обладнання дозволяється виконувати лише після повної перевірки його технічного стану.

Пуск дробарки здійснюють без навантаження. Спочатку вмикають електродвигун і дають ротору вийти на робочу частоту обертання. Лише після цього відкривають подачу зернової сировини. Такий порядок запуску дозволяє уникнути перевантаження електродвигуна, заклинювання ротора та нерівномірного подрібнення матеріалу на початку роботи.

Під час роботи дробарки необхідно стежити за рівномірністю подачі зерна, навантаженням електродвигуна, рівнем шуму, вібрацією, температурою підшипників та якістю подрібненого продукту. Різке збільшення шуму або вібрації може свідчити про нерівномірне зношування молотків, потрапляння сторонніх предметів, послаблення кріплень або порушення балансування ротора. У такому разі машину потрібно негайно зупинити та провести огляд.

Не допускається робота дробарки з відкритими захисними кожухами, несправним приводом, пошкодженим решетом, надмірно зношеними молотками або відсутністю магнітного захисту перед машиною. Також забороняється очищати робочу камеру, відтягувати кріплення або виконувати ремонтні операції під час роботи обладнання. Усі роботи з технічного обслуговування

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

проводять тільки після повної зупинки машини та відключення її від електромережі.

Для забезпечення стабільної роботи дробарки необхідно регулярно перевіряти стан молотків. У процесі експлуатації вони зношуються, що призводить до зниження ефективності подрібнення, збільшення енерговитрат і погіршення якості помелу. За потреби молотки перевертають на інший робочий бік або замінюють новими. При заміні молотків важливо дотримуватися їх симетричного розміщення, щоб не порушити балансування ротора.

Решето також потребує регулярного огляду. Його отвори можуть забиватися залишками сировини або деформуватися внаслідок зношування. Забите або пошкоджене решето знижує продуктивність дробарки, погіршує проходження продукту та може спричинити перегрівання робочої камери. У разі значного зношування або пошкодження решето необхідно замінити.

Після завершення роботи подачу зерна припиняють, але дробарку залишають працювати деякий час без навантаження для повного виведення залишків продукту з робочої камери. Після цього електродвигун вимикають, обладнання очищають від лили та залишків сировини, перевіряють стан основних вузлів і готують машину до наступного пуску.

Технічне обслуговування дробарки повинно виконуватися відповідно до встановленого графіка. Воно включає щоденний огляд обладнання, очищення робочої зони, перевірку кріплень, контроль стану молотків і решета, змащування підшипників, перевірку електрообладнання та контроль роботи аспіраційної системи. Своєчасне обслуговування дозволяє запобігти аварійним зупинкам, зменшити витрати на ремонт і продовжити строк служби машини.

Отже, серед існуючих конструкцій обладнання для подрібнення зернопродуктів найбільш доцільним для комбікормового виробництва є використання молоткової дробарки. Вона забезпечує необхідну інтенсивність подрібнення, має просту конструкцію та може працювати з різними видами зернової сировини. Дотримання правил експлуатації, своєчасне технічне

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

обслуговування та правильний вибір режимів роботи дозволяють забезпечити стабільну продуктивність, якісний помел і безпечну роботу обладнання.

### 2.3 Ремонт і монтаж обладнання

У процесі роботи дробарки найбільшому зношуванню піддаються живильник, сита, дека, ротор із молотками та підшипникові вузли. Саме ці елементи потребують найбільшої уваги під час технічного обслуговування, ремонту та підготовки обладнання до подальшої експлуатації.

Розбирання дробарки. Перед розбиранням від верхньої кришки корпусу живильника дробарки від'єднують самопливні труби, через які подається сировина. Після цього знімають електродвигун і виконавчий механізм повороту заслінки живильника. У середині корпусу живильного механізму демонтують ексцентриковий привід лотка, приймальний патрубок, заслінку та сам лоток.

Далі відкривають бокові кришки дробарки та розбирають корпуси підшипників ротора. Стрічки послаблюють, натяжні гвинти вигвинчують, а з протилежного боку знімають квадратні стержні. Після цього їх опускають по напрямних, розміщених на внутрішніх поверхнях торцевих стінок основи корпусу. Упор, який перекриває стик сит, відводять у нижнє положення, після чого сита знімають. Деку демонтують після розбирання кріпильних елементів і виймають через крипку з боку подачі продукту.

Ремонт живильника. Під час роботи живильника потік зерна поступово зношує приймальний патрубок, заслінку та робочу поверхню віброблока. Якщо наявні дефекти цих деталей неможливо усунути ремонтом, їх замінюють новими. Виготовлення таких елементів може виконуватися без-посередньо в умовах підприємства. Валик і підвіску лотка, вал, заслінки, ексцентриковий привід із підшипниками, а також корпус живильника ре-монтують за загальними правилами технології ремонту. Якщо зношування охоплює більшість збірних одиниць, живильник доцільно повністю заміни-ти.

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Ремонт ротора. Основними робочими елементами дробарки є молотки, які виготовляють із високоякісної легованої сталі. Їх зношування негативно впливає на роботу машини: знижується продуктивність, погіршується якість комбікорму, зростає енергоємність процесу і збільшується рівень вібрації. Середня тривалість міжремонтного періоду дробарок залежить від виду продукту, що подрібнюється, продуктивності машини, форми, розмірів і властивостей матеріалу молотків.

На інтенсивність спрацювання молотків впливають їх форма, розміри та матеріал виготовлення. Зі збільшенням товщини молотка підвищується його зносостійкість. З урахуванням цього була розроблена конструкція молотка у вигляді циліндра діаметром 18 мм. Попередні випробування таких молотків, виготовлених зі сталі марки 25, показали, що лише за рахунок зміни форми та розмірів робочої частини їх стійкість зростає у 1,5–1,8 раза.

Практика експлуатації показує, що ступінь зношування молотків значною мірою залежить від їх розміщення вздовж осі ротора. Найінтенсивніше спрацьовуються крайні молотки. Щоб забезпечити більш рівномірне зношування всіх молотків, їх потрібно розташовувати вздовж осі ротора так, щоб щільність молотків у ряду збільшувалася від центра до периферії. У крайніх рядах кількість молотків має бути майже вдвічі більшою, ніж у середніх.

Після спрацювання всіх кутів молотки замінюють новими. Під час заміни зношених молотків обов'язково виконують балансування ротора. Для цього набори молотків, які розміщені на одному стержні, зважують на вагах. Два найближчі за масою набори встановлюють на діагонально протилежних несучих валиках ротора дробарки в одній площині. Диски та несучі валики за значного зношування не ремонтують, а замінюють новими. Зношені шийки вала ротора дробарки відновлюють наплавленням електрозварюванням із подальшою обробкою на токарному верстаті.

Ремонт сит і деки. Сита під час роботи зношуються досить швидко, тому при ремонті їх зазвичай демонтують і замінюють. Поверхню деки відновлюють

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наплавленням, після чого рифлі піддають механічній обробці. Якщо дека має значне спрацювання, її замінюють.

Збирання дробарки. Перед початком збирання необхідно виконати балансування ротора на двох строго горизонтальних і паралельних но-жах. Після балансування ротора та підготовки всіх деталей і збірних одиниць дробарку складають у послідовності, зворотній до розбирання. Вільний простір усередині корпусів підшипників вала ротора заповнюють консистентним мастилом УС не більше ніж наполовину, оскільки надлишкова кількість мастила може спричинити перегрів підшипникового вузла.

Приймання дробарки після ремонту. Після складання дробарки перевіряють напрям обертання ротора. На холостому ходу машина повинна працювати без підвищеної вібрації та стороннього шуму. Під час запуску дробарки під навантаженням продукт подають поступово. Безперервна і рівномірна подача сировини сприяє збільшенню міжремонтного періоду роботи обладнання.

Молоткові дробарки постачаються заводом-виготовлювачем у зібраному стані, тому під час монтажу не потребують виконання додаткових складальних операцій. Монтаж технологічного обладнання переважно включас транспортування машини зі складу до монтажної зони, виконання такелажних робіт у межах цієї зони, розпакування, розконсервацію, установлення на фундамент або опорну металеву конструкцію, закріплення фундаментними, тобто анкерними, болтами та випробування на холостому ході.

Після вивіряння і попереднього або остаточного закріплення обладнання виконують підливання. Для цього зазор між опірною частиною машини та фундаментом заповнюють бетонною сумішшю.

Через високу динамічність роботи дробарки встановлюють на віброізоляційні опори ОВ-31. Перед монтажем дробарок на фундаментах, якщо вони працюють у системах пневмотранспорту, до вихідного отвору машини приєднують пневмоприймач із дроселем-регулятором.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час експлуатації дробарок інтенсивно спрацьовуються ротор із молотками, підшипники, сита і деки. Для проведення ремонту або заміни окремих деталей дробарку необхідно розібрати.

Досвід роботи з дробарками свідчить, що найчастіше проблеми виникають із подрібнювальним ротором та молотками, оскільки вони зношуються швидше за інші елементи. Якщо грані молотків спрацьовуються до осі, молотки повертають на 180°. Таку операцію допускається виконувати тричі, послідовно використовуючи всі чотири грані молотка без порушення зрівноваженості ротора. На цю властивість необхідно звертати особливу увагу. Під час заміни або перестановки спрацьованих молотків ротор обов'язково балансується. Для цього пакети молотків, що встановлені на одному стержні, зважують. Два найближчі за масою набори монтують на протилежних несучих осях ротора дробарки в одній площині. Різниця мас пакетів, розміщених на протилежних осях, не повинна перевищувати 10 г.

Диски та несучі осі при значному спрацюванні, яке становить 0,8–1,2 мм, підлягають заміні. В окремих випадках зношені осі можна відновлювати наплавленням у середовищі захисних газів із подальшою механічною та термічною обробкою. Твердість зовнішньої поверхні осі після відновлення повинна становити 40–45 HRC.

До важливих елементів подрібнювальної камери належать також решета і дека. Якщо діаметр отворів решета збільшується на 0,3 мм, його необхідно замінити. У разі пробивання решіт їх можна відновити шляхом приклепування або приварювання латок.

Деки виготовляють із чавуну СЧ-18. Їх працездатність оцінюють за висотою рифлів. Заміну дек виконують тоді, коли рифлі спрацьовуються до 1,8–3,0 мм залежно від вимог до модуля помелу подрібненого продукту. Якщо рифлі мають бічне спрацювання, деку переставляють боком у напрямку обертання ротора. Пробиті деки допускається відновлювати шляхом приварювання окремо виготовлених і підігнаних вставок із подальшою слюсарною обробкою.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними дефектами вала ротора є спрацювання посадочних місць під підшипники і напівмуфту, а також зношування шпонкової канавки. Спрацьовану частину вала відновлюють електроконтактним приварюванням металеві стрічки з подальшим шліфуванням.

Після ремонту дробарок виконують регулювання механізмів і змащування машини. Випробування дробарки проводять на холостому ходу за номінальної частоти обертання протягом 30 хвилин, а під навантаженням — протягом 2 годин. Під час випробувань машина повинна працювати без вібрацій і сторонніх шумів.

Під час щоденного технічного обслуговування дробарки необхідно перевіряти її комплектність, технічний стан електрообладнання, надійність гвинтових з'єднань і стан манжет.

Після 50 годин роботи машини перевіряють стан молотків і осей, стан сита та манжет.

Після 500 годин роботи контролюють стан робочих деталей дробарки, зокрема вентиляторного ротора, вентилятора, молотків, осей, сита, а також стан електродвигуна.

Після 1500 годин роботи необхідно виконувати заміну мастила в підшипниках.

У процесі експлуатації дробарки можуть виникати такі несправності: зниження продуктивності, поява неподрібнених зерен у помелі, надмірна вібрація, підвищене нагрівання електродвигуна не більше 90, переміщення дробарки по підлозі, а також невідповідність подрібненого матеріалу вимогам крупного помелу.

Зниження продуктивності може бути спричинене засміченням сита, слабкою «тягою» матеріалу для дроблення, підвищеною вологістю матеріалу, яка не повинна перевищувати 18 %, а також підвищеним тиском під час подачі матеріалу у змішувач. Для усунення таких несправностей необхідно відповідно очистити сито, закрити куточок-регулятор, відкрити кільце-заслінку та очистити вузол аспірації змішувача.

									КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Поява неподрібнених зерен у помелі можлива у разі пошкодження сита, занадто великого діаметра вікна сита або нещільного прилягання сита до корпусу дробарки. Для усунення цих причин потрібно замінити сито, встановити сито з меншим діаметром вікна або поставити сито без за-зорів.

Надмірну вібрацію можуть викликати поломка молотка, потрапляння стороннього предмета, зношування молотків, невідповідність маси комплекту молотків по осях, а також установа молотків, які не відповідають конструкторській документації. Для ліквідації несправності необхідно замінити комплект фірмовими молотками та видалити сторонній предмет.

Підвищене нагрівання електродвигуна може виникати через підвищений тиск під час подачі матеріалу у змішувач кормів, неправильно підібране сито, перекид фаз за струмом і напругою, відсутність однієї фази, не-правильне налаштування теплового реле та струму відсічки, а також у разі вологості матеріалу понад 18 %. Для усунення таких неполадок необхідно очистити вузол аспірації на змішувачі кормів, зменшити забір матеріалу, прикрити кільце-заслінку, звернутися до головного енергетика або встановити блок захисту БЗ-06 як додаткову функцію.

Якщо на виході з дробарки подрібнений матеріал не відповідає вимогам крупного помелу, можливими причинами є неправильно підібране сито, помилково визначена кількість молотків під час замовлення або вологість матеріалу понад 18 %. Для усунення цих недоліків необхідно звернутися на підприємство-виробник, а також забезпечити вологість матеріалу не більше 18 %.

										КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

РОЗДІЛ 3  
КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

З формули продуктивності молоткової дробарки визначаємо частоту обертання ротора  $n_p$  (в об/с) [2, с.168]

$$n_p = \sqrt{\frac{G \times (i-1)}{K \cdot D_p^2 \cdot L_p}}, \quad (3.1)$$

де  $G= 10$ т/год – продуктивність дробарки;

$i$  – ступінь подрібнення матеріалу  $i=4$ ;

$K$  – умовний коефіцієнт, величина якого залежить від типу та розмірів отворів ситової поверхні і властивостей матеріалу  $K=6$ ;

$D_p$  - діаметр ротора дробарки, м;

$L_p$  - довжина робочої частини ротора, м;

Діаметр ротора дробарки  $D_p$  визначаємо за формулою [2, с.168]

$$D_p = 2 \cdot R_d, \quad (3.2)$$

де  $R_d$  - радіус диска, м;

$$D_p = 2 \times 0,185 = 0,37\text{м}$$

Довжину ротора  $L_p$  знаходимо за формулою [2, с.168]

$$L_p = (0,32 \div 0,64) \cdot D_p = 0,4 \cdot 0,37 = 0,148\text{м} \quad (3.3)$$

Тоді,

$$n_p = \sqrt{\frac{10 \cdot (4-1)}{6 \cdot (0,37)^2 \cdot 0,148}} = 15,7 \text{ об/с} = 942 \text{ об/хв}$$

З іншої сторони колову швидкість руху молотків визначаємо по закону кількості руху. Закон кількості руху має вигляд [2, с.169]

$$m \cdot (v_2 - v_1) = P \cdot \tau \quad (3.4)$$

де  $m = 4 \times 10^{-5}$ кг – маса подрібнюваної частини (зерна пшениці);  $v_2$  - швидкість руху частини після удару її молотком, м/с;  $v_1$  - швидкість руху частини до удару її молотком.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо  $v_1 = 0$ ;  $P = 118$  Н – середня миттєва сила опору руйнування частини;  $\tau = 1,0$  с- тривалість удару.

Звідси,

$$v_2 = \frac{P \cdot \tau}{m} = \frac{118 \cdot 1 \cdot 10^{-5}}{4,5 \cdot 10^{-5}} = 26,2 \text{ м/с}$$

Колова швидкість ротора із закріпленими на ньому молотками, при якій досягається ефект подрібнення зерна, визначається по формулі [2, с.169]

$$v_p = \frac{v_2}{k_y} = \frac{26,2}{0,8} = 32,8 \text{ м/с} \quad (3.5)$$

де  $k_y = 0,8$ -коефіцієнт відновлення при несучому ударі;

Частота обертання складе [2, с.169]

$$n = \frac{v_p}{\pi \times D} = \frac{32,8}{3,14 \times 0,37} = 28,2 \text{ с}^{-1} = 1693 \text{ об/хв} \quad (4.6)$$

де  $D = 370$  мм-діаметр ротора (згідно технічної характеристики дробарки)

Приймаємо робочу частоту обертання ротора рівну частоті обертання двигуна  $n=1500$  об/хв

Виконуємо розрахунок швидкохідного стрічкового елеватора з відцентровим розвантаженням, призначеного для транспортування зерна. Вихідними даними для розрахунку є: насипна вага зерна ( $\rho = 0,6$ ) т/м<sup>3</sup> [9, с. 152], висота підйому ( $H = 12$ ) м, паспортна продуктивність обладнання — 20 т/год.

Для вертикального переміщення зернової сировини, згідно з рекомендаціями, доцільно застосовувати стрічковий елеватор із розставленими глибокими ковшами та швидкохідним типом розвантаження. Така конструкція забезпечує стабільне захоплення зерна ковшами, його піднімання на задану висоту та вивантаження за рахунок дії відцентрових сил.

Для норії заданої продуктивності приймаємо швидкість руху стрічки ( $V = 3,0$ ) м/с [9, с. 394]. При звантаженні зерна проти напрямку руху стрічки коефіцієнт заповнення ковша приймаємо ( $\psi = 0,7$ ).

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім цього, виконуємо розрахунок гвинтового конвеєра, призначеного для транспортування пшениці. Вихідні параметри конвеєра такі: продуктивність — 20 т/год, довжина транспортування ( $l = 5$ ) м, кут нахилу конвеєра ( $\beta = 0^\circ$ ). Транспортований матеріал — пшениця з насипною масою  $700 \text{ кг/м}^3$  та густиною матеріалу  $1350 \text{ кг/м}^3$ .

Для переміщення зерна пшениці приймаємо однозахідний гвинт із суцільною гвинтовою поверхнею. Такий тип робочого органу є найбільш поширеним для транспортування сипких зернових матеріалів і забезпечує рівномірне переміщення вантажу вздовж кожуха конвеєра.

Далі визначаємо лінійні навантаження, які діють на стрічку норії. Лінійна маса стрічки типу 2 за ГОСТ 20-76, виготовленої з тканини БКНЛ-65, приймається відповідно до довідкових даних:

$$m_c = 2,55 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

Тоді, 
$$q_c = 9,81 \cdot 2,55 = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (3.6)$$

За даними довідників маса глибокого ковша при ширині стрічки  $B = 450$  мм, становить  $m_k = 13 \text{ кг}$ , тоді н/м [9, с.393]

$$q_0 = q_c + \frac{g \cdot m_k}{a} = 25 + \frac{9,81 \cdot 13}{0,5} = 280 \quad (3.7)$$

Навантаження від вантажу складає, н/м [9, с.396]

$$q_B = \frac{g \cdot \Pi}{3,6 \cdot v} = \frac{9,81 \cdot 60}{3,6 \cdot 3} = 54,5 \quad (3.8)$$

Лінійне навантаження на завантаженій ділянці складає [9, с.396]

$$q = q_0 + q_B = 280 + 54,5 = 334,5 \quad (3.9)$$

Відповідно до прийнятої розрахункової схеми мінімальне значення натягу стрічки очікується в точці 1. Розрахунок виконуємо у загальному вигляді, оскільки натяг ( $S_4$ ) збігаючої гілки стрічки з приводного барабана на даному етапі невідомий. Саме цей натяг необхідний для створення потрібного тягового зусилля та забезпечення нормальної роботи приводу.

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Приймаємо, що натяг у точці 1 дорівнює початковому натягу стрічки:  $S_1 = S_0$ . Натяг стрічки в точці 2 визначаємо з урахуванням опору, що виникає на зворотному барабані, а також додаткового опору під час зачерпування вантажу:

$$S_2 = 1,08(S_1 + K_{зач} q_6) = 1,08(S_0 + 3 \cdot 54,5) = 1,08S_0 + 176 \quad (3.10)$$

$$S_3 = S_2 + qH = 1,08S_0 + 176 + 334,5 \cdot 12 = 1,08S_0 + 4090 \quad (3.11)$$

При підрахунку натягу проти руху стрічки маємо, Н

$$S_4 = S_{зб} = S_1 + q_0 \cdot H = S_0 + 280 \cdot 12 = S_0 + 3360 \quad (3.12)$$

З теорії фрикційного приводу відомо, що: [9, с.396]

$$S_{нб} \leq S_{зб} \cdot e^{\mu\alpha},$$

Або, для випадку, що розглядається  $S_3 \leq S_4 \cdot e^{\mu\alpha}$

При заданих умовах роботи приводу  $e^{\mu\alpha} = 1,37$ . Звідки  $S_3 \leq 1,37S_4$ ,

або, для випадку, що розглядається  $1,08S_0 + 4190 \leq 1,37(S_0 + 3360)$

З цього рівняння отримаємо  $S_0 \geq 1482$

Для забезпечення запасу по зчепленню приймаємо  $S_0 = 1500$  Н

$$\text{Тоді } S_3 = 1,08S_0 + 4190 = 1,08 \cdot 1500 + 4190 = 5810 \quad (3.13)$$

$$S_4 = S_0 + 3360 = 1500 + 3360 = 4860 \text{ Н} \quad (3.14)$$

Потрібну кількість прокладок у стрічці при запасі міцності стрічки  $K=10$ , визначаємо за формулою: [10, с.106]

$$i = \frac{K \cdot S_{max}}{B \cdot K_p} = \frac{10 \cdot 5810}{450 \cdot 75} = 3,67 \quad (3.15)$$

Залишаємо раніш прийняту стрічку типу 2 з чотирма прокладками за ГОСТ 20-76 з тканини БКНЛ-65

Визначаємо тягове зусилля на приводному барабані з урахуванням втрат на ньому, Н:

$$F_T = S_{нб} - S_{зб} + K(S_{нб} + S_{зб}) = 5810 - 4860 + 1,08 \cdot (5810 + 4860) = 1804 \quad (3.16)$$

Розрахункова потужність двигуна, Вт

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{ов.розр.}} = \frac{F_T \cdot v}{\eta_{\text{прив}}} = \frac{1804 \cdot 3}{0.82} = 6600 \quad (3.17)$$

Кутова швидкість становить,

$$\omega_{\text{сараб}} = \frac{2 \cdot v}{D} = \frac{2 \cdot 3}{1.6} = 3,7 \quad (3.18)$$

Продуктивність гвинтового конвеєра ( $\frac{m}{год}$ ) за формулою [17, с. 353]

$$\Pi = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t \cdot n_B \cdot \rho_p \cdot \varphi \cdot c_\beta \quad (3.19)$$

де  $D$  – діаметр гвинта,  $D=100 \dots 800$  мм;

$t$ - крок гвинта, мм;

$n_B$ - частота обертання гвинта, об/хв.;

$\varphi$ - коефіцієнт наповнення поперечного перерізу жолоба;

$c_\beta$ - коефіцієнт, який залежить від кута нахилу конвеєра.

Крок гвинта вибирають в залежності від властивостей транспортуемого вантажу:  $t=(0,5 \dots 1,0)D$  для легких матеріалів.

Для транспортування зерна як легкого вантажу приймаємо  $t=0,8D$  [17, с. 354]

Для попереднього розрахунку приймаємо гвинт діаметром 200мм. Значення розрахункових коефіцієнтів  $\varphi = 0,4$ ,  $A=65$ ,  $\omega_0 = 1,2$  із [17, табл.82]. Частота обертання гвинта повинна відповідати умові  $n_B \leq n_{B \text{ макс}}$ . Найбільшу частоту обертання гвинта ( $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ) визначаємо по емпіричній формулі [17, с.353]

$$n_{B \text{ макс}} = \frac{A}{\sqrt{D}} = \frac{65}{\sqrt{0.2}} = 145,3 \quad (3.20)$$

Отриманий результат по формулі (3.23) співпадає з рекомендаціями [16, таблиця 82]. Для кута нахилу конвеєра  $0^\circ$  значення коефіцієнтів  $\beta=0^\circ$ ,  $c_\beta = 1,0$ , [16, таблиця 83].

З формули продуктивності конвеєра (3.22) знаходимо частоту обертання гвинта ( $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$ )

$$n_B = \frac{4 \cdot \Pi}{60 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \cdot \rho_p \cdot \varphi \cdot c_\beta} = \frac{4 \cdot 20}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 0,16 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot 1} = 237$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:  $D=0,2$  м – діаметр гвинта;

$t=0,16$  м – крок гвинта.

Умова  $n_B \leq n_{B \max}$  задовольняється.

Знаходимо потужність (кВт) на валу гвинта [17, с.353]

$$N_0 = \frac{P_y \cdot \Pi}{367} \cdot (L \cdot \omega_0) = \frac{1,2 \cdot 20}{367} \cdot (15 \cdot 1,2) = 1,18 \quad (3.21)$$

де  $P_y = 1,2$  – коефіцієнт запасу [17, с.355];

$\omega_0 = 1,2$  – коефіцієнт опору руху [17, таблиця 82].

Розраховуємо потужність двигуна (кВт):

$$N_{дв} = \frac{N_0}{\eta_{гв}} = \frac{1,18}{0,85} = 1,39 \quad (3.22)$$

де  $N_0 = 1,18$  кВт – потужність на валу гвинта;

$\eta_{гв} = 0,85$  – ККД гвинта [17, с.352]

По каталогу підбираємо двигун типу АИР80В4, потужністю  $N = 1,5$  кВт, частотою обертання  $n=1500$  об/хв., ККД 0,78.

При вибраних розрахункових параметрах гвинтовий конвеєр забезпечує продуктивність

$$P = 60 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \cdot 0,16 \cdot 237 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot 1 = 20,0 \quad (3.23)$$

Виходячи з розрахунку, робимо висновок про вірний підбір даних для розрахунку, так як  $P_{роз} \cong P$

Розраховуємо діаметр барабана норії, мм [9, с.393]

$$D_б \leq 0,204v^2 = 0,204 \cdot 3^2 = 1800 \quad (3.24)$$

Приймаємо діаметр приводного барабану  $D_б = 1600$  мм. Натяжний барабан приймаємо такого ж діаметру.

Розраховуємо частоту обертання барабана, об/хв. [9, с.393]

$$n_б = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_б} = \frac{60 \cdot 3}{3,14 \cdot 1,6} = 36 \quad (3.25)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо полюсну відстань, мм [9, с.393]

$$l = \frac{895}{n_0^2} = \frac{895}{36^2} = 0,6 \quad (3.26)$$

Оскільки  $l < r_0$ , то має місце відцентрове розвантаження, що відповідає раніш заданій умові.

Розраховуємо погонну місткість ковшів, л/м [9, с.393]

$$\frac{i_0}{a} = \frac{\Pi}{3,6 \cdot v \cdot \rho_2 \cdot \psi} = \frac{20}{3,6 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 0,7} = 4,4 \quad (3.27)$$

де  $a$  — крок ковшів, мм,

$\rho_2$  — насипна густина вантажу,  $\rho_2 = 0,07 \text{ т/м}^3$ .

$\psi$  — коефіцієнт заповнення ковшів,  $\psi = 0,7$  [9, табл.77 с.394]

Обираємо ковші глибокі за ГОСТ 2036-66 з ємністю 6,3 л, тоді крок розташування ковшів  $a = 0,5 \text{ м}$ , ширина стрічки  $B = 400 \text{ мм}$ . [9, табл.79 с.396]

При прийнятих параметрах ковшів і швидкості  $v = 3,0 \text{ м/с}$  задана продуктивність забезпечується при коефіцієнті заповнення ковшів.

$$\psi = \frac{a \cdot Q}{3,6 \cdot v \cdot \rho \cdot i_0} = \frac{24 \cdot 20}{3,6 \cdot 3 \cdot 600 \cdot 0,0063} = 11,76 \quad (3.28)$$

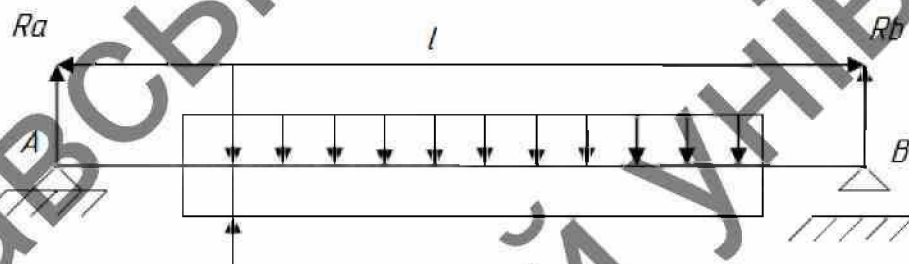


Рисунок 3.1 Схема навантаження на вал

Знайдемо число проміжних опор

$$z = \frac{L}{l} - 2 = \frac{5}{1} - 2 = 3 \quad (3.29)$$

Визначаємо епюри згинаючого і крутного моментів: Реакції і  $R_b$ , (Н)

$$R_a = \frac{\frac{P_{\text{попер}} \cdot l^2}{24} + P_{\text{ос}} \cdot r}{1} = \frac{\frac{128,3 \cdot 1^2}{24} + 827 \cdot 0,084}{1} = 133,6 \quad (3.30)$$

де:  $P_{\text{попер}} = 128,3 \text{ Н}$  - поперечне навантаження;

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{oc} = 827 \text{ Н}$  – осьова сила;

$r = 0,084 \text{ м}$  - радіус прикладання осової сили.

$$R_b = \frac{\frac{P_{\text{попер}} \cdot l^2}{2 \cdot l} + P_{oc} \cdot r}{l} = \frac{\frac{128,3 \cdot 1^2}{2 \cdot 1} - 827 \cdot 0,084}{1} = -5,3 \quad (3.31)$$

Будуємо епюри згинаючого і крутного моментів (Н х м)

$$M_{зг1} = R_a \cdot \frac{l}{2} - \frac{P_{\text{попер}} \cdot l^2}{8 \cdot l} = 133,6 \cdot \frac{1}{2} - \frac{128,3 \cdot 1^2}{8 \cdot 1} = 50,8 \quad (3.32)$$

$$M_{зг2} = R_b \cdot \frac{l}{2} - \frac{P_{\text{попер}} \cdot l^2}{8 \cdot l} = -5,3 \cdot \frac{1}{2} - \frac{128,3 \cdot 1^2}{8 \cdot 1} = -18,7 \quad (3.33)$$

Знаходимо полярний момент опору поперечного перерізу вала із формули [11, с.194]

$$W_p = \frac{M_{кр}}{[\tau_k]} = \frac{51,3}{20 \cdot 10^6} = 2,56 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $M_{кр} = 51,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – крутний момент перерізу вала;

$[\tau_k] = 20 \text{ МПа}$  – допустиме напруження на кручення, [11, с.194];

Розраховуємо діаметр вала, (мм) із формули [11, с.194]

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16};$$

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 2,56 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 23 \quad (3.34)$$

По стандартному ряду [11, с.196] вибираємо діаметр вала гвинта 34 мм.

Діаметр вала під підшипник знаходимо із рівняння міцності по гіпотезі найбільших дотичних напружень (ІІІ теорія міцності), [11, с.194]

$$\sigma_{екв} = \frac{\sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}}{W_x} \leq [\sigma_{зг}]_{-1}; \quad (3.35)$$

де  $M_{зг1}$  - сумарний згинаючий момент в небезпечному перерізі вала, Н х м;

$M_{кр} = 51,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – крутний момент перерізу вала;

$[\sigma_{зг}]_{-1}$  - допустиме напруження згину,  $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ ;

$W_x$  - осевий момент опору круглого перерізу вала, Н·м.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо сумарний згинаючий момент в небезпечному перерізі вала [11, с.195]

$$M_{зг} = \sqrt{M_{зг1}^2 + M_{зг2}^2} = \sqrt{50,8^2 + (-18,7)^2} = 54,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знаходимо допустиме напруження згину, [11,с.195]

$$[\sigma_{зг}]_{-1} = \{\sigma_{-1} / ([n] K_{\sigma})\} k_{ру} = [301 / (2 \cdot 2)] \cdot 1,5 = 112,8 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \quad (3.36)$$

де  $[n]=2$  - коефіцієнт запасу міцності [11,с.195]

$K_{\sigma}=2$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, [11, с.195];

$k_{ру}=1,5$  – коефіцієнт режиму навантаження при розрахунку на згин;

$\sigma_{-1}$  - границя витривалості при симетричному циклі напружень, [11, с.195]

$$\sigma_{-1} = 0,43\sigma_{\sigma} = 0,43 \times 700 = 301 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $\sigma_{\sigma} = 700 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$  - границя міцності вала гвинта;

Із формули (3.65) знаходимо  $W_x$ , підставивши всі знайдені величини

$$W_x = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2} / [\sigma_{зг}]_{-1} = \sqrt{51,3^2 + 84^2} / 112,8 = 850 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.37)$$

Звідси знаходимо діаметр вала, (мм) під підшипник із формули [11, с.195]

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32};$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \times 850}{3,14}} = 20 \text{ мм} \quad (3.38)$$

По стандартному ряду [3, с.196] приймаємо діаметр вала під підшипник 30мм.

Знаходимо діаметр вала під напівмуфту. Використовуємо формулу (3.35) без урахування згинаючого моменту, так як в даній ділянці вала він відсутній.

Формула матиме такий вигляд  $\sigma_{екв} = \frac{\sqrt{M_{кр}^2}}{W_x} \leq [\sigma_{зг}]_{-1}$ ;

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Звідси:

$$W_x = \frac{\sqrt{M_{кр}^2}}{\sigma_{зг-1}} = \frac{\sqrt{51,3^2}}{112,8} = 450 \text{ мм} \quad (3.39)$$

За формулою (3.26) знаходимо діаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \times 450}{3,14}} = 17 \text{ мм} \quad (3.40)$$

По стандартному ряду [11, с.196] приймаємо діаметр вала під напівмуфту 25 мм.

Розрахунок підшипників

Вал гвинтового конвеєра спирається на дві кінцеві опори, а також додатково підтримується проміжними підвісними підшипниковими вузлами. Для забезпечення надійної роботи вала як опори приймаються підшипники кочення, які здатні сприймати діючі радіальні та осьові навантаження під час роботи конвеєра.

Придатність вибраних підшипників перевіряється шляхом порівняння розрахункової вантажопідйомності  $C_{\text{вант}}$ , Н, з базовою динамічною вантажопідйомністю  $C_{\text{в}}$ , або шляхом порівняння розрахункової базової довговічності  $L_{10h}$  з необхідною довговічністю  $L_h$ . Для правильного вибору підшипника повинна виконуватися одна з таких умов:  $C_{\text{вант}} \leq C_{\text{в}}$  або  $L_{10h} \geq L_h$

Для гвинтового конвеєра приймаємо необхідну довговічність підшипників ( $L_h = 50 \cdot 10^3$  год відповідно до [18, таблиця 9.4]).

За діаметром вала з каталогу підбираємо роликовий підшипник 7606. Основні параметри вибраного підшипника становлять: внутрішній діаметр ( $d = 30$ ) мм, зовнішній діаметр ( $D = 72$ ) мм, монтажна ширина ( $T = 29,0$ ) мм, ширина кільця ( $b = 29,0$ ) мм, параметр ( $c = 23,0$ ), коефіцієнт ( $Y = 1,882$ ), коефіцієнт ( $e = 0,319$ ), базова динамічна вантажопідйомність ( $C = 50,0$ ) кН, коефіцієнт навантаження — 1,035.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для подальшої перевірки підшипникових опор будується схема навантаження на підшипники, за якою визначаються реакції в опорах та розрахункове навантаження, що діє на вибраний підшипник.

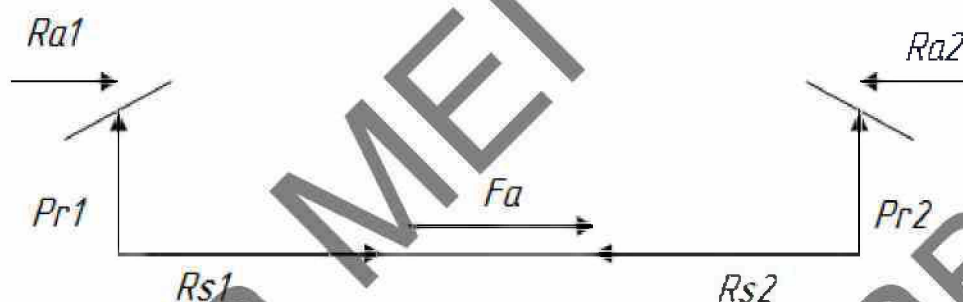


Рис. 3.3 Схема навантаження на підшипники

Для роликпідшипників характерні співвідношення [18, с.140]

$$R_{s1} = 0,83e P_{r1} \quad , \quad R_{s2} = 0,83e P_{r2} \quad , \quad (3.41)$$

де  $e$ - корегуючий коефіцієнт.

$$R_{r1} = R_a = 87,2H \quad ; \quad R_{r2} = R_b = 41H.$$

$F_a = P_{oc}$ -осьова сила в зачепленні, Н.

$$R_{s1} = 0,83 \times 0,32 \times 87,2 = 23,1H$$

$$R_{s2} = 0,83 \times 0,32 \times 41 = 10,8H$$

$$R_{a1} = R_{s1}; \quad R_{a2} = R_{s1} + F_a; \quad R_{a1} = 23,1H;$$

$$R_{a2} = 23,1 + 827 = 850,1H$$

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження підшипників

$$R_e = (X \times V \times R_r + \gamma \times R_a) K_b \times K_T,$$

$$\text{при } \frac{R_a}{V \times R_r} > e; \quad (3.42)$$

$$R_e = V \times R_r \times K_b \times K_T,$$

$$\text{при } \frac{R_a}{V \times R_r} < e, \quad (3.43)$$

де  $K_6 = 1,0$  – коефіцієнт небезпеки, [18, таблиця 9.4];

$K_T = 1,0$  – температурний коефіцієнт при робочій температурі до  $100^\circ\text{C}$ , [18, таблиця 9.5];

$X = 0,4$  – коефіцієнт радіального навантаження, [18, таблиця 9.1];

$V = 1,0$  – коефіцієнт обертання, [18, таблиця 9.1];

Знайдемо для кожного підшипника відношення  $\frac{R_a}{V \times R_r}$ , та порівняємо його з допустимим

$$\frac{23,1}{1 \times 87,2} = 0,26 < 0,32; \quad \frac{850,1}{1 \times 41} = 20,7 > 0,32.$$

Знаходимо еквівалентне динамічне навантаження для кожного підшипника по формулам:

$$R_{e1} = 1 \times 87,2 \times 1,0 \times 1,0 = 87,2\text{H};$$

$$R_{e2} = (0,4 \times 1 \times 41 + 1,88 \times 850,1) \times 1,0 \times 1,0 = 1614,6\text{H}$$

Визначаємо розрахункову динамічну вантажопідйомність (кН), [18, с.140]

$$C_B = R_e \sqrt{60 \times n \frac{L_h}{a_1 \times a_{23} \times 10^6}} = \sqrt{60 \times 108 \frac{50 \times 10^3}{1 \times 0,6 \times 10^6}} = 37,5 \quad (3.44)$$

де  $n = 108$  об/хв. – частота обертання внутрішнього кільця підшипника;

$m = 3,33$  – показник ступені, [18, с.140];

$a_1 = 1$  – коефіцієнт надійності підшипників, [18, с.140];

$a_{23} = 0,6$  – коефіцієнт, який враховує вплив якості підшипника і якості його експлуатації, [18, с.140].

Знаходимо базову довговічність підшипників (год), [18, с.140]

$$L_{10h} = a_1 \times a_{23} \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C_B}{R_e}\right)^m = 1 \times 0,6 \frac{10^6}{60} \left(\frac{3750}{1620}\right)^{3,33} = 49365 \quad (3.45)$$

Умови  $C_{\text{вант}} \leq C_B$ , і  $L_{10h} \geq L_h$  задовільняються. Підшипники підібрані вірно.

Підбір муфт

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Муфта для з'єднання вала двигуна та вала редуктора шнекового транспортера.

Визначаємо крутний момент, який передає муфта (Н х м) за формулою [18, с.295]

$$T = 9,55 \cdot \frac{N}{n} = 9,55 \cdot \frac{1,5 \times 10^3}{1500} = 9,55 \quad (3.46)$$

де  $N = 1,5 \cdot 10^3$  Вт - потужність двигуна;

$n = 1500$  об/хв. – частота обертання двигуна.

Визначаємо розрахунковий момент (Н\*м) за формулою [11, с.295], приймаючи по [11, таблиця П58] коефіцієнт режиму роботи  $k_p = 2,0$

$$T_p = k_p \cdot T = 2,0 \cdot 9,55 = 19,1 \quad (3.47)$$

Згідно з даними [11, табл. П59] та вимогами ГОСТ 21424-75 для з'єднання валів приймаємо пружну втулково-пальцеву муфту. Обрана муфта має допустимий розрахунковий крутний момент 32 Н·м та внутрішній діаметр 18 мм.

Для встановлення муфти на вихідний вал електродвигуна передбачаємо її розточування до діаметра 19 мм. Основні конструктивні розміри муфти становлять: довжина  $L = 84$  мм, ширина  $B = 2$  мм, кількість пальців — 3.

Далі виконуємо перевірку гумових втулок на зминання в зоні їх контакту з пальцями муфти відповідно до методики, наведеної у джерелі [11, с. 295].

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{(d_n \times l_b)} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.48)$$

де  $F_t$  - колова сила, яка передається одним пальцем, Н [11, с.295]

$$F_t = \frac{T_p}{0,5 \times D_1 \times z} = \frac{19,1}{0,5 \times 90 \times 10^{-3} \times 4} = 106,1 \quad (3.49)$$

Знайдене значення  $F_t$  підставляємо у формулу, і маємо:

$$\sigma_{зм} = \frac{106,1}{(10 \times 15) \times 10^{-6}} = 0,71 \times 10^6 \text{ Па} \leq [\sigma_{зм}];$$

$[\sigma_{зм}] = 2,0$  МПа, [11, с. 295].

Муфта для з'єднання вала редуктора з валом гвинта.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крутний момент муфти

$$M_{кр} = T = 51,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунковий момент визначаємо за формулою:

$$T_p = 2,0 \cdot 51,3 = 102,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

По [11, таблиця П 59] (ГОСТ 21424-75) вибираємо пружну втулково-пальцеву муфту, для якої допустимий розрахунковий момент  $130 \text{ Н} \cdot \text{м}$  з внутрішнім діаметром  $25 \text{ мм}$ . Для з'єднання з вихідним валом двигуна використовуємо розточування муфти до  $19 \text{ мм}$ . Розміри муфти:  $D = 120 \text{ мм}$ ;  $L=125$ ;  $B=4$ , число пальців – 3.

Напівмуфта під вихідний вал редуктора підлягає розточуванню до діаметра  $30 \text{ мм}$ .

Перевіряємо резинові втулки на зминання поверхні їх дотикання з пальцями за формулою.

Колова сила, яка передається одним пальцем

$$F_t = \frac{102,6}{0,5 \times 120 \times 10^{-3} \times 4} = 427,5 \text{ Н} \quad (3.50)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{427,5}{(14 \times 28) \times 10^{-6}} = 1,09 \times 10^6 \text{ Па} \leq [\sigma_{зм}]$$

Умова  $\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}]$  задовільняється, а отже муфти підібрані вірно.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4  
ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА

4.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання

Під час експлуатації обладнання для подрібнення зернопродуктів необхідно дотримуватися вимог охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки. Подрібнення зерна є технологічним процесом, який супроводжується роботою рухомих механізмів, утворенням пилу, шумом, вібрацією та можливим нагріванням окремих вузлів машини. Тому правильна організація роботи обладнання має важливе значення для безпеки працівників і стабільної роботи виробничої лінії.

Основним обладнанням, яке використовується для подрібнення зернової сировини, є молоткові дробарки, гвинтові та стрічкові конвеєри, норії, бункери, дозатори, магнітні сепаратори та змішувачі. Найбільшу небезпеку становлять дробарки, оскільки їх робочі органи обертаються з високою швидкістю. У разі порушення правил експлуатації можливі травмування працівників, пошкодження обладнання, виникнення підвищеної вібрації, перегрівання підшипникових вузлів або займання пилоповітряної суміші.

До роботи з подрібнювальним обладнанням допускаються лише працівники, які пройшли вступний і первинний інструктаж з охорони праці, ознайомлені з будовою обладнання, правилами його запуску, зупинки та обслуговування. Працівник повинен знати призначення основних вузлів машини, порядок дій у разі аварійної ситуації, правила користування засобами індивідуального захисту та вимоги пожежної безпеки.

Перед пуском дробарки необхідно перевірити справність електродвигуна, приводу, захисних кожухів, завантажувального і розвантажувального патрубків, стан решета, молотків та кріпильних елементів. Особливу увагу потрібно звертати на відсутність сторонніх предметів у робочій камері, оскільки

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потрапляння металевих включень може призвести до пошкодження молотків, решета або ротора. Для запобігання таким випадкам перед дробаркою повинні бути встановлені справні магнітні сепаратори.

Пуск подрібнювального обладнання дозволяється виконувати тільки після повної перевірки його технічного стану. Дробарку запускають без навантаження, після чого поступово відкривають подачу зернової сировини. Забороняється подавати зерно в робочу камеру до виходу ротора на робочу частоту обертання, оскільки це може спричинити перевантаження електродвигуна, забивання робочої камери та нерівномірне подрібнення продукту.

Під час роботи обладнання необхідно стежити за рівномірністю подачі зерна, навантаженням електродвигуна, рівнем шуму, вібрацією, температурою підшипників і якістю подрібненого продукту. Поява стороннього стуку, різке збільшення вібрації, перегрівання корпусу або запах горілої ізоляції є ознаками несправності. У такому разі обладнання необхідно негайно зупинити, відключити від електромережі та провести огляд.

Забороняється працювати на дробарці зі знятими або несправними захисними кожухами. Не допускається відкривати люки, очищати робочу камеру, підтягувати болтові з'єднання, замінювати решето або молотки під час роботи машини. Усі ремонтні та регульовальні операції виконують тільки після повної зупинки ротора, відключення електроживлення та вивішування попереджувальної таблички про заборону вмикання обладнання.

Важливим заходом безпеки є контроль за станом молотків і решета. Зношені або пошкоджені молотки можуть спричинити порушення балансування ротора, підвищену вібрацію та руйнування окремих деталей. У разі заміни молотків їх необхідно встановлювати симетрично, щоб зберегти рівномірність обертання ротора. Пошкоджене або забите решето потрібно своєчасно очищати або замінювати, оскільки його несправність знижує продуктивність і може призвести до перевантаження дробарки.

Під час експлуатації транспортуючого обладнання — норій, стрічкових і гвинтових конвеєрів — необхідно стежити за справністю приводів, натягом

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

стрічки, станом ковшів, підшипників, кожухів і огорожень. Забороняється торкатися рухомих частин, очищати конвеєр або усувати зависання матеріалу під час його роботи. У разі забивання транспортера або норії обладнання слід зупинити, відключити від електромережі й лише після цього виконувати очищення.

Окрему небезпеку у відділенні подрібнення становить зерновий пил. Він погіршує умови праці, може викликати подразнення органів дихання та створювати пожежо- і вибухонебезпечне середовище. Для зменшення запиленості робочої зони необхідно забезпечити справну роботу аспіраційної системи, герметичність кожухів обладнання, своєчасне очищення приміщення та недопущення накопичення пилу на конструкціях, електродвигунах і освітлювальних приладах.

Працівники, які обслуговують обладнання для подрібнення зернопродуктів, повинні користуватися засобами індивідуального захисту. До них належать спецодяг, захисне взуття, рукавиці, захисні окуляри, респіратор або протипилова маска, а за підвищеного рівня шуму — засоби захисту органів слуху. Спецодяг має бути застебнутим і не повинен мати звисаючих частин, які можуть потрапити в рухомі механізми.

Для запобігання пожежам у виробничому приміщенні необхідно підтримувати справний стан електрообладнання, не допускати іскріння контактів, перегрівання електродвигунів, накопичення пилу та потрапляння сторонніх металевих предметів у дробарку. У приміщенні повинні бути справні первинні засоби пожежогасіння, а проходи до них мають залишатися вільними. Куріння та використання відкритого вогню у зоні подрібнення зерна забороняються.

Після завершення роботи подачу зерна до дробарки припиняють, але машину залишають працювати без навантаження протягом короткого часу для повного виведення залишків продукту з робочої камери. Після цього обладнання вимикають, очищають від пилу і залишків сировини, перевіряють стан основних вузлів та готують його до наступного запуску. Регулярне очищення обладнання

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

і робочої зони знижує ризик аварійних ситуацій та покращує санітарний стан виробництва.

Технічне обслуговування обладнання повинно проводитися згідно з установленим графіком. До основних робіт належать огляд і підтягування кріплень, перевірка стану приводних пасів, підшипників, молотків, решіт, електрообладнання, магнітного захисту та аспіраційної системи. Своєчасне технічне обслуговування дозволяє запобігти аварійному виходу обладнання з ладу, знизити рівень небезпек для працівників і забезпечити стабільну роботу технологічної лінії.

Отже, безпечна експлуатація обладнання для подрібнення зернопродуктів можлива лише за умови дотримання правил запуску, роботи, зупинки та технічного обслуговування машин. Особливу увагу необхідно приділяти захисту рухомих частин, справності магнітних сепараторів, контролю запиленості, стану робочих органів дробарки та використанню працівниками засобів індивідуального захисту. Виконання цих заходів забезпечує безпечні умови праці, зменшує ризик аварій і сприяє надійній роботі обладнання.

Перелік основних шкідливих і небезпечних чинників, що виникають під час обслуговування обладнання потокової лінії приймання, сушіння і зберігання зерна, наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні шкідливі і небезпечні виробничі чинники під час експлуатації обладнання потокової лінії

Обладнання потокової лінії	Шкідливі та небезпечні виробничі чинники
Норія Н-20	Рухомі частини приводу, обертання барабанів, можливе защемлення стрічкою, падіння ковшів або зерна, підвищений рівень шуму, запиленість, небезпека ураження електричним струмом
Перекидний клапан КП-200	Можливе защемлення рук під час перемикання потоку, рухомі елементи механізму, запиленість робочої зони, падіння частинок зерна або домішок
Магнітний сепаратор КП-50	Наявність металевих домішок, ризик порізів під час очищення магнітного блока, запиленість, необхідність

Обладнання потокової лінії	Шкідливі та небезпечні виробничі чинники
	ручного обслуговування, можливе травмування при порушенні правил очищення
Гвинтовий конвеєр Д200	Обертний гвинт, можливість затягування одягу або рук у роботу зону, підвищений рівень шуму, вібрація, запиленість, небезпека ураження електричним струмом
Наддозаторні та наддробарні бункери	Зависання зернової маси, можливість обвалення матеріалу, запиленість, робота на висоті під час огляду, небезпека падіння працівника, утворення пилоповітряної суміші
Ваговий дозатор АЦ-3200М	Рухомі частини дозувального механізму, можливість защемлення, електричний струм, запиленість, порушення точності дозування при забиванні матеріалом
Гвинтовий конвеєр Д160	Обертний шнек, можливість затягування одягу або кінцівок, травмування під час очищення, шум, вібрація, запиленість, небезпека ураження електричним струмом
Миттєвий сепаратор БМГ-01	Металоманітні демішки у зерновій масі, ризик травмування під час очищення магнітів, запиленість, можливість потрапляння сторонніх предметів у дробарку при несправності сепаратора
Молоткова дробарка А1-ДМ2Р-55В	Висока швидкість обертання ротора, рухомі молотки, підвищений рівень шуму та вібрації, утворення зернового пилу, можливе перегрівання підшипників, небезпека руйнування робочих органів, ризик ураження електричним струмом
Шнековий конвеєр Д200 після дробарки	Обертні елементи, транспортування подрібненого продукту, запиленість, можливе забивання матеріалом, шум, вібрація, небезпека травмування під час очищення
Змішувач ДСГ-2,0	Рухомі робочі органи, можливість защемлення при обслуговуванні, запиленість, шум, вібрація, небезпека ураження електричним струмом, утворення пилоповітряного середовища
Бункер ВОК-1-8	Зависання вивіток або сипких компонентів, запиленість, можливість обвалення матеріалу, робота біля вантажувальних люків, небезпека падіння з висоти під час огляду
Змішувач-дозатор ДСО-0,1	Рухомі частини змішувального механізму, можливість защемлення, контакт із мікродобавками, запиленість, небезпека ураження електричним струмом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_31[2].09.00.00.000.ПЗ

Арк.

46

Обладнання потокової лінії	Шкідливі та небезпечні виробничі чинники
Модуль мікродозування ПР-250 та МДК 12-240	Контакт із мікроелементами і преміксами, дрібнодисперсний пил, можливе подразнення органів дихання та шкіри, електричний струм, необхідність точного ручного завантаження
Норія Н-10	Рухомі ковші та стрічка, обертання барабанів, можливе защемлення, падіння продукту, шум, запиленість, небезпека ураження електричним струмом
Бункери готової продукції	Запиленість, зависання готового комбікорму, можливість обвалення матеріалу, робота біля люків, небезпека падіння працівника під час огляду або очищення
Цех гранулювання	Рухомі частини гранулятора, висока температура окремих вузлів, шум, вібрація, запиленість, можливе защемлення, небезпека опіків і ураження електричним струмом
Електроприводи та приводи обладнання	Електричний струм, обертові муфти, пасові та ланцюгові передачі, можливість затягування одягу, перегрівання, іскріння при несправності електрообладнання
Аспіраційна система	Запилене повітря, можливе забивання повітропроводів, шум вентилятора, вібрація, небезпека утворення вибухонебезпечної пилоповітряної суміші при несправній роботі системи

Отже, під час експлуатації потокової лінії найбільшу небезпеку становлять рухомі та обертові частини обладнання, електричний струм, підвищена запиленість, шум, вібрація, а також можливість утворення пожежо- і вибухонебезпечного пилоповітряного середовища. Для зменшення впливу цих чинників необхідно забезпечити справність захисних огорожень, аспіраційної системи, електрообладнання, магнітного захисту та регулярно проводити технічне обслуговування машин.

Заходи безпеки під час експлуатації молоткової дробарки

Молоткова дробарка є одним із найбільш небезпечних видів обладнання у лінії подрібнення зернопродуктів, оскільки її робочі органи обертаються з великою швидкістю. Під час роботи дробарки виникають такі небезпечні

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

чинники, як рухомі молотки та ротор, підвищений рівень шуму і вібрації, утворення зернового пилу, можливе перегрівання підшипників, небезпека ураження електричним струмом, а також ризик потрапляння сторонніх предметів у робочу камеру.

До обслуговування молоткової дробарки допускаються лише працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з будовою машини, правилами її запуску, зупинки, очищення та технічного обслуговування. Працівник повинен знати порядок дій у разі аварійної ситуації, вміти користуватися засобами індивідуального захисту та дотримуватися вимог пожежної безпеки.

Перед пуском дробарки необхідно перевірити справність електродвигуна, приводу, захисних кожухів, завантажувального та розвантажувального патрубків. Особливу увагу слід звернути на стан ротора, молотків, решета, кріпильних елементів і підшипникових вузлів. Усі болтові з'єднання повинні бути надійно затягнуті, а захисні огороження встановлені на своїх місцях.

Перед подачею зерна в дробарку потрібно переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочій камері та справності магнітного сепаратора, встановленого перед машиною. Потрапляння металевих домішок у дробарку може спричинити пошкодження молотків, решета, ротора, появу іскор, підвищену вібрацію або аварійну зупинку обладнання.

Запуск дробарки необхідно виконувати без навантаження. Спочатку вмикають електродвигун і дають ротору вийти на робочу частоту обертання. Лише після цього поступово відкривають подачу зернової сировини. Забороняється подавати матеріал у робочу камеру до повного розгону ротора, оскільки це може призвести до перевантаження електродвигуна, забивання дробарки та нерівномірного подрібнення продукту.

Під час роботи дробарки необхідно постійно контролювати рівномірність подачі зерна, навантаження електродвигуна, рівень шуму, вібрацію, температуру підшипників і якість подрібненого продукту. Поява стороннього стуку, різкого збільшення вібрації, запаху горілої ізоляції, перегрівання корпусу або зниження

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивності свідчить про можливу несправність. У такому випадку дробарку потрібно негайно зупинити та провести огляд.

Не допускається експлуатація молоткової дробарки зі знятими або несправними захисними кожухами, пошкодженим решетом, надмірно зношеними молотками, послабленими кріпленнями або несправним електроприводом. Забороняється відкривати люки, очищати робочу камеру, підтягувати болти, замінювати решето чи молотки під час роботи машини.

Усі роботи з очищення, регулювання та ремонту дробарки виконують тільки після повної зупинки ротора, відключення обладнання від електромережі та вивішування попереджувальної таблички про заборону вмикання. Перед відкриванням робочої камери необхідно переконатися, що ротор повністю зупинився, оскільки його обертання за інерцією може тривати певний час після вимкнення двигуна.

Важливим заходом безпечної експлуатації є регулярний контроль стану молотків. У процесі роботи вони поступово зношуються, що може призвести до порушення балансування ротора, підвищеної вібрації та погіршення якості помелу. За потреби молотки перевертають на інший робочий бік або замінюють новими. При цьому їх необхідно встановлювати симетрично, щоб не порушити рівновагу ротора.

Решето також потребує систематичного огляду. Забите, деформоване або пошкоджене решето погіршує проходження подрібненого продукту, знижує продуктивність дробарки та збільшує навантаження на електродвигун. Очищення або заміну решета виконують лише після повної зупинки обладнання і відключення його від джерела живлення.

Під час експлуатації молоткової дробарки необхідно забезпечити справну роботу аспіраційної системи. У процесі подрібнення утворюється значна кількість зернового пилу, який погіршує умови праці, негативно впливає на органи дихання працівників і може створювати пожежо- та вибухонебезпечне середовище. Для зменшення запиленості потрібно підтримувати герметичність

									КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

кожухів, своєчасно очищати повітропроводи та не допускати накопичення пилу на обладнанні, підлозі й конструкціях приміщення.

Працівники, які обслуговують дробарку, повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці, захисні окуляри, респіратор або протипилову маску. За підвищеного рівня шуму необхідно застосовувати засоби захисту органів слуху. Спецодяг має бути застебнутим і не повинен мати вільних або звисаючих частин, які можуть потрапити в рухомі механізми.

Для запобігання пожежам необхідно стежити за справністю електрообладнання, не допускати перегрівання електродвигуна і підшипників, іскріння контактів, накопичення пилу та потрапляння металевих предметів у робочу камеру. У приміщенні повинні бути наявні справні первинні засоби пожежогасіння, а проходи до них мають залишатися вільними. Використання відкритого вогню та куріння у зоні подрібнення зерна забороняється.

Після завершення роботи спочатку припиняють подачу зерна, а дробарку залишають працювати без навантаження протягом короткого часу для повного видалення залишків продукту з робочої камери. Після цього електродвигун вимикають, обладнання очищають від пилу та залишків сировини, перевіряють стан основних вузлів і готують машину до наступного пуску.

Отже, безпечна експлуатація молоткової дробарки забезпечується справністю захисних огорожень, правильним порядком запуску і зупинки, регулярним контролем стану молотків, решета, підшипників, електроприводу та аспіраційної системи. Дотримання цих заходів дозволяє зменшити ризик травмування працівників, запобігти аварійним ситуаціям і забезпечити стабільну роботу обладнання для подрібнення зернопродуктів.

### 3.2. Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є важливою складовою роботи будь-якого зернопереробного або комбікормового підприємства. Під час переробки

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

зернової сировини, її транспортування, очищення, дозування, подрібнення та змішування можуть утворюватися виробничі викиди, пил, шум, відходи сировини та інші фактори, які за неправильного поводження негативно впливають на стан довкілля. Тому при експлуатації обладнання для подрібнення зернопродуктів необхідно передбачати заходи, спрямовані на зменшення забруднення повітря, раціональне використання сировини та енергоресурсів, а також безпечне поводження з виробничими відходами.

Основним джерелом забруднення повітря у відділенні подрібнення є зерновий пил. Він утворюється під час переміщення зерна норіями і гвинтовими конвеєрами, завантаження його у бункери, очищення від домішок, дозування та безпосередньо під час роботи молоткової дробарки. Найбільша кількість пилу виділяється в місцях пересипання продукту, у зоні завантажувальних і розвантажувальних патрубків, а також при проходженні подрібненого матеріалу через решето дробарки. Якщо пил не видаляти своєчасно, він погіршує санітарний стан виробничого приміщення, може потрапляти в атмосферне повітря та створювати пожежо- і вибухонебезпечні умови.

Для зменшення запиленості у виробничому приміщенні необхідно забезпечити справну роботу аспіраційної системи. Вона повинна відсмоктувати запилене повітря з місць утворення пилу та направляти його на очищення. До таких місць належать завантажувальні патрубки дробарки, бункери, транспортуючі механізми, пересипні вузли та змішувачі. Очищення повітря може здійснюватися за допомогою циклонів, фільтрів або інших пилловловлювальних пристроїв. Після очищення повітря повинно відповідати встановленим санітарним і екологічним вимогам.

Важливе значення має герметизація обладнання та транспортних комунікацій. Кожухи гвинтових конвеєрів, норій, дробарок, бункерів і змішувачів повинні бути щільно закритими, без несанкціонованих отворів і пошкоджень. У місцях пересипання матеріалу слід передбачати ущільнення та аспіраційні відводи. Це дозволяє зменшити потрапляння пилу в робочу зону та навколишнє середовище, а також знизити втрати сировини.

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Під час подрібнення зерна необхідно контролювати режими роботи дробарки. Надмірне подрібнення призводить до збільшення кількості пилоподібної фракції, що погіршує умови праці та підвищує навантаження на аспіраційну систему. Тому вибір діаметра отворів решета, частоти обертання ротора, подачі сировини та інших параметрів повинен забезпечувати отримання продукту потрібної крупності без зайвого утворення пилу. Рациональний режим роботи обладнання дає змогу не лише підвищити якість готового продукту, а й зменшити екологічне навантаження на виробництво.

Ще одним фактором впливу на довкілля є шум і вібрація, які виникають під час роботи дробарок, норій, конвеєрів, вентиляторів та електродвигунів. Підвищений рівень шуму негативно впливає на працівників і може поширюватися за межі виробничого приміщення. Для його зменшення необхідно підтримувати обладнання у справному технічному стані, своєчасно виконувати балансування ротора дробарки, замінювати зношені молотки, контролювати стан підшипників і кріплень. Також доцільно застосовувати звукоізоляційні кожухи, амортизуючі опори та розміщувати шумне обладнання в окремих виробничих зонах.

У процесі роботи потокової лінії можуть утворюватися виробничі відходи: зернові домішки, пил, залишки подрібненого продукту, металомагнітні домішки, зношені решета, молотки та інші деталі. Органічні відходи зернового походження за можливості слід збирати окремо та використовувати повторно, якщо це допускається технологічними і санітарними вимогами. Непридатні відходи повинні передаватися на утилізацію або видалятися згідно з установленними правилами. Металеві відходи після очищення магнітних сепараторів необхідно збирати у спеціально відведені ємності та передавати як металобрухт.

Особливу увагу потрібно приділяти запобіганню втратам зернової сировини. Втрати можуть виникати через негерметичність обладнання, просипання під час транспортування, забивання конвеєрів або неправильне налаштування дозаторів. Своєчасне технічне обслуговування машин, контроль

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за станом ущільнень, очищення робочих органів та правильне регулювання подачі сировини дозволяють зменшити кількість відходів і підвищити ефективність використання сировинних ресурсів.

Раціональне використання електроенергії також належить до важливих природоохоронних заходів. Подрібнення зерна є енерговитратним процесом, тому неправильний вибір режимів роботи дробарки може призводити до перевитрати електроенергії. Для зменшення енергоспоживання необхідно забезпечувати рівномірну подачу сировини, не допускати роботи обладнання вхолосту протягом тривалого часу, своєчасно замінювати зношені молотки та решета, контролювати стан електродвигунів і приводів. Енергоощадна робота обладнання сприяє зменшенню загального впливу підприємства на довкілля.

Під час експлуатації обладнання необхідно дотримуватися вимог щодо очищення виробничих приміщень. Накопичення пилу на підлозі, стінах, металоконструкціях, електродвигунах і освітлювальних приладах не допускається. Прибирання слід проводити регулярно, бажано із застосуванням промислових пилососів або систем централізованого пиловидалення. Використання стисненого повітря для здування пилу небажане, оскільки це сприяє його повторному потраплянню у повітря робочої зони.

Для зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище на підприємстві необхідно організувати контроль за станом аспіраційної системи, пиловловлювальних пристроїв, герметичністю обладнання та рівнем запиленості. Персонал повинен своєчасно повідомляти про несправності, які можуть призвести до збільшення викидів пилу або просипання сировини. Планово-попереджувальні ремонти та технічне обслуговування повинні виконуватися відповідно до затвердженого графіка.

Отже, основними заходами з охорони навколишнього середовища під час експлуатації обладнання для подрібнення зернопродуктів є зменшення утворення зернового пилу, ефективна робота аспіраційної системи, герметизація обладнання, раціональне використання сировини та електроенергії, правильне поводження з виробничими відходами і регулярне очищення виробничих

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

приміщень. Виконання цих заходів дозволяє знизити шкідливий вплив виробництва на довкілля, покращити умови праці та забезпечити стабільну роботу технологічної лінії.

#### 4.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності

Таблиця 4.1 Вихідні дані

Показники	Кількість
1. Вартість придбання зерносушарки CIMBRIA AMG-40 POS10, грн.	500300
2. Кількість вивільнених робітників	3
3. Годинна тарифна ставка, грн.	13,35
4. Кількість робочих змін	2
5. Корисний фонд робочого часу одного оператора зерносушарки, год.	1200
6. Доплати, %	60
7. Тривалість зміни, год.	12
8. Відрахування на соціальне страхування і інше, %	
9. Витрати на охорону праці, %	37,26
10. Потужність двигунів на обладнанні, кВт*год:	5
- Базовий варіант	100
- Розрахунковий варіант	300
11. Тривалість роботи електродвигунів за добу, год.	24
12. Коефіцієнт використання потужності електродвигунів	0,9
13. Тариф за 1 кВт*год електроенергії, грн.	1,03
14. Норма амортизаційних відрахувань, %	15
15. Норма витрат на ремонт та утримування обладнання, % від амортизаційних відрах.	50
16. Плановий фонд робочого часу підприємства, діб	
17. Витрати на транспортування обладнання, %	180
14. Витрати на складсько-заготівельні роботи, %	4
19. Витрати на проектні роботи, %	1,25
20. Витрати на монтаж обладнання, %	4
21. Вартість замінюваних зерносушарок А1-ДСП-32, грн.	25
22. Кількість замінюваних зерносушарок	41620
23. Вага 1 замінюваної зерносушарки, кг.	4
24. Ціна 1 т металобрутку	39800
25. Коефіцієнт використання обладнання	2100
26. Витрати умовного палива на 1 пл.т, кг:	0,8

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Показники	Кількість
-Базовий варіант	10,9
- Розрахунковий варіант	28,9
27. Продуктивність обладнання, т/год.:	
-Базовий варіант	32
-Розрахунковий варіант	120

Проведемо розрахунок капітальних витрат на автоматизацію та механізацію виробництва.

Розрахуємо додаткові капітальні витрати (в грн.) по формулі

$$K_{\text{дод}} = K + Д - Л \quad (4.1)$$

де,  $K$  – повна початкова вартість впровадженого обладнання, грн;

$Д$  – втрати на демонтаж замінюваного обладнання, грн.;

$Л$  – виручка від реалізації замінюваного обладнання або вартість металобрухту, грн.

Визначаємо вартість витрат на демонтаж замінюваного обладнання (в грн.) по формулі

$$Д = (Ф_{\text{ст}} \cdot п) \cdot 0,05 \quad (4.2)$$

де,  $Ф_{\text{ст}}$  – вартість замінюваного обладнання, грн.

$п$  – кількість замінюваного обладнання, шт.

Підставляємо дані в формулу 4.2 і отримуємо

$$Д = 41620 \cdot 4 \cdot 0,05 = 8324 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість металобрухту (в грн.) по формулі

$$Л = (m \cdot n) \cdot ц_{\text{м}} \quad (4.3)$$

де,  $m$  – вага однієї замінюваного обладнання, тонн.

Підставляємо дані в формулу 4.3 і отримуємо

$$Л = (45 \cdot) \cdot 2100 = 334320 \text{ грн.}$$

Визначаємо величину капітальних витрат (в грн.) по формулі

$$K = K_0 + K_T + K_C + K_{\text{ІПР}} + K_M \quad (4.4)$$

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк.
							55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

де  $K_0 = 300500$  грн - вартість придбання обладнання;

$K_T$ - вартість транспортних витрат (5% від вартості обладнання);

$K_C$  – вартість заготівельно-складські роботи(1,25% від вартості обладнання);

$K_{ПР}$  - вартість проектних робіт (5% від вартості обладнання);

$K_M$  – вартість монтажних робіт (20% від вартості обладнання).

Визначаємо вартість транспортних витрат (в грн.) по формулі

$$K_T = K_0 \cdot 0,05 \quad (4.5)$$

Підставляємо дані в формулу 4.5 і отримуємо

$$K_T = 500300 \cdot 0,05 = 25015 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість заготівельно-складських робіт (в грн.) по формулі

$$K_C = K_0 \cdot 0,0125 \quad (4.6)$$

Підставляємо дані в формулу 4.6 і отримуємо

$$K_C = 500300 \cdot 0,0125 = 6253,75 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість проектних робіт (в грн.) по формулі

$$K_{ПР} = K_0 \cdot 0,05 \quad (4.7)$$

Підставляємо дані в формулу 4.7 і отримуємо

$$K_{ПР} = 500300 \cdot 0,05 = 25015 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість монтажних робіт (в грн.) по формулі

$$K_M = K_0 \cdot 0,25 \quad (4.8)$$

Підставляємо дані в формулу 4.8 і отримуємо

$$K_M = 500300 \cdot 0,25 = 125075 \text{ грн.}$$

Підставляємо дані у формулу 4.4 і отримуємо

$$K = 500300 + 25015 + 6253,75 + 25015 + 125075 = 681658,75 \text{ грн.}$$

Підставляємо дані у формулу 4.1 і отримуємо

$$K_{\text{дод}} = 681658,75 + 8324 - 378000 = 311982,75 \text{ грн.}$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо розрахунок зміни поточних витрат

Визначаємо економію заробітної плати робітників (в грн.) по формулі

$$Зп = Т_{сп} \cdot Кф.р.ч. \cdot Кд \cdot n \quad (4.9)$$

де  $T_{сп} = 13,35$  – годинна тарифна ставка робітника II розряду, грн.;

$Кф.р.ч. = 12 \cdot 2 \cdot 180 = 4320$  год. - корисний фонд робочого часу робітника;

$Кд = 1,5$  – коефіцієнт що враховує доплати;

$n = 3$  – кількість вивільнених робітників.

Підставляємо дані в формулу 4.9 і отримуємо

$$Зп = 13,35 \cdot 4320 \cdot 1,5 \cdot 3 = 259524 \text{ грн}$$

Визначаємо відрахування в фонд соціального страхування та ін. (в грн.) по формулі

$$Ес.ст = Зп \cdot Вс \quad (4.10)$$

де  $Вс.п. = 0,3726$  грн. – відрахування за соціальне страхування, %;

Підставляємо дані в формулу 4.10 і отримуємо

$$Ес.ст = 259524 \cdot 0,3726 = 96698,6 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на охорону праці (в грн.) по формулі

$$Во.п. = Зп \cdot Вох.пр \quad (4.11)$$

де  $Вох.пр = 0,05$  – витрати на охорону праці, %.

Підставляємо дані в формулу 4.11 і отримуємо

$$Во.п. = 259524 \cdot 0,05 = 12976,2 \text{ грн.}$$

Визначаємо економію на електроенергію (в грн.) по формулі

$$Е_{ЕЛ} = \frac{N_{ДВ} \cdot T \cdot К_{ЕЕ} \cdot К_{ІНТ}}{К_{ВЛ}} \quad (4.12)$$

де  $N_{ДВ}$  – сумарна споживча потужність електродвигунів машини:

Базовий варіант:  $100 \cdot 4 = 400$  кВт.

Розрахунковий варіант: 300 кВт.

Економія:  $N_{ДВ} = 400 - 100 = 100$  кВт.

$T$  - час роботи електродвигунів

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{ЕВ}=1,06$  - коефіцієнт , що враховує втрати електричної енергії в мережі заводу;

$K_{ПТ}= 0,8$  - коефіцієнт використання потужності устаткування;

$K_{вд}=0,9$  - коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Підставляємо дані в формулу 4.12 і отримуємо

$$E_{ЕЛ} = \frac{100 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 1,06 \cdot 0,8}{0,9} = 407040 \text{ грн.}$$

Розраховуємо величину загальної суми економії (в грн.) по формулі

$$E = Z_{п} + E_{с. ст.} + E_{о. п.} + E_{ел. ен.} \quad (4.13)$$

Підставляємо дані в формулу 4.13 і отримуємо

$$E = 259524 + 96698,6 + 12976,2 + 407040 = 776238,8 \text{ грн.}$$

Визначимо подорожчання експлуатаційних витрат, що збільшуються: (розрахунковий варіант).

Розраховуємо витрати на амортизацію обладнання (в грн.) по формулі

$$A = \frac{\Phi \cdot N_{д}}{100} \quad (4.14)$$

де  $\Phi$  - вартість обладнання;  $\Phi = K_{дод}$

$N_{д} = 15\%$  - річна норма амортизаційних відрахувань.

Підставляємо дані в формулу 4.14 і отримуємо

$$A = \frac{355662,75 \cdot 15}{100} = 53349,4 \text{ грн.}$$

Розраховуємо витрати на ремонт та утримання (в грн.) по формулі

$$B_{П.Р.} = A \cdot 0,5 \quad (4.15)$$

Підставляємо дані в формулу 4.15 і отримуємо

$$B_{П.Р.} = 53349,4 \cdot 0,5 = 26674,7 \text{ грн.}$$

Визначаємо загальне збільшення додаткових витрат (в грн.) по формулі

$$B_{\Sigma В} = A + B_{П.Р.} \quad (4.16)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставляємо дані в формулу 4.16 і отримуємо

$$V_{\Sigma B} = 53349,4 + 26674,7 = 80024,1 \text{ грн.}$$

Проведемо розрахунок показників економічної ефективності.

Визначаємо додатковий прибуток (в грн.) по формулі

$$P_{\text{дод}} = E - V_{\Sigma B} \quad (4.17)$$

Підставляємо дані в формулу 4.17 і отримуємо

$$P_{\text{дод}} = 776238,8 - 80024,1 = 696214,7 \text{ грн.}$$

Визначаємо податок на прибуток (в грн.) по формулі

$$p = P_{\text{дод}} \cdot K_{п.п} \quad (4.18)$$

де  $K_{п.п} = 18\%$  – податок на прибуток.

Підставляємо дані в формулу 4.18 і отримуємо

$$p = 696214,7 \cdot 0,18 = 125318,6 \text{ грн.}$$

Визначаємо чистий прибуток (в грн.) по формулі

$$P_{\text{ч}} = P_{\text{дод}} - p \quad (4.19)$$

Підставляємо дані в формулу 4.19 і отримуємо

$$P_{\text{ч}} = 696214,7 - 125318,6 = 570896,1 \text{ грн.}$$

Визначаємо строк окупності (в роках) по формулі

$$T_o = \frac{K_{\text{дод}}}{P_{\text{ч}}} \quad (4.20)$$

Підставляємо дані в формулу 4.20 і отримуємо

$$T_o = \frac{355662,72}{570896,1} = 0,6 \text{ років.}$$

Визначаємо коефіцієнт економічної ефективності по формулі

$$K_{\text{эф}} = \frac{P_{\text{дод}}}{K_{\text{дод}}} \quad (4.21)$$

Підставляємо дані в формулу 4.21 і отримуємо

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{еф}} = \frac{696214,7}{355662,75} = 1,96$$

Визначаємо річний економічний ефект (в грн.) по формулі

$$E_p = \Pi_{\text{ч}} - E_n \cdot K_{\text{вход}} \quad (4.22)$$

де  $E_n=0,15$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності

Підставляємо дані в формулу 4.22 і отримуємо

$$E_p = 570896,1 - 0,15 \cdot 355662,75 = 517546,7 \text{ грн.}$$

Показники економічної ефективності проведених заходів приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Показник	Кількість
Додатковий прибуток, грн.	696214,7
Строк окупності, роки	0,6
Коефіцієнт економічної ефективності	1,96
Додаткові капітальні вкладення, грн.	355662,75
Річний економічний ефект, грн.	517546,7

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів. У процесі виконання роботи встановлено, що подрібнення є однією з основних технологічних операцій у зернопереробному та комбікормовому виробництві, оскільки від нього залежить якість підготовки сировини, рівномірність фракційного складу, ефективність змішування компонентів і стабільність роботи всієї технологічної лінії.

У загальному розділі проаналізовано значення процесу подрібнення зернової сировини та визначено основні фактори, які впливають на його ефективність. До таких факторів належать фізико-механічні властивості зерна, його вологість, рівномірність подачі, частота обертання ротора, стан молотків, розмір отворів решета та технічний стан обладнання. Показано, що неправильний вибір режимів роботи може призвести до збільшення енерговитрат, нерівномірного помелу, підвищеного пилоутворення та швидшого зношування робочих органів.

У технологічному розділі розглянуто схему виробництва комбікормів, яка передбачає послідовне транспортування, очищення, дозування, подрібнення, змішування та подавання готової продукції на зберігання або гранулювання. Особливу увагу приділено ділянці подрібнення зернових компонентів, шротів та інших складових комбікорму. Встановлено, що для забезпечення надійної роботи дробарок важливим є попереднє очищення сировини від металоманітних домішок за допомогою магнітних сепараторів, а також рівномірне надходження матеріалу до робочої камери.

Проведено аналіз існуючих конструкцій обладнання для подрібнення зернопродуктів. Розглянуто вальцові верстати, дискові подрібнювачі, жорнові машини та молоткові дробарки. На основі порівняння конструкцій встановлено, що для умов комбікормового виробництва найбільш доцільним є використання молоткової дробарки, оскільки вона має просту будову, достатню

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивність, зручна в обслуговуванні та може застосовуватися для подрібнення різних видів зернової сировини.

У роботі описано будову та принцип дії молоткової дробарки. Основними її вузлами є корпус, ротор, молотки, решето, робоча камера, завантажувальний і розвантажувальний патрубки, привід та електродвигун. Встановлено, що якість подрібнення значною мірою залежить від справності робочих органів, правильного вибору решета та стабільного режиму подачі зерна. Розглянуто особливості експлуатації дробарки, порядок її запуску, зупинки, очищення та технічного обслуговування.

У розділі з ремонту та монтажу обладнання визначено основні вузли дробарки, які найбільше піддаються зношуванню. До них належать молотки, решета, дека, ротор, підшипникові вузли та живильник. Встановлено, що своєчасна заміна або перестановка молотків, контроль стану решіт, балансування ротора та дотримання графіка технічного обслуговування дозволяють зменшити ризик аварійних зупинок і продовжити строк служби обладнання.

У конструкторському розділі виконано необхідні розрахунки елементів транспортуючого та подрібнювального обладнання. Розглянуто параметри стрічкового елеватора і гвинтового конвеєра, що забезпечують транспортування зернової сировини в межах технологічної лінії. Вибрано основні конструктивні елементи, зокрема підшипники, муфту та інші вузли, а також виконано перевірки, необхідні для забезпечення надійної роботи обладнання під час експлуатації.

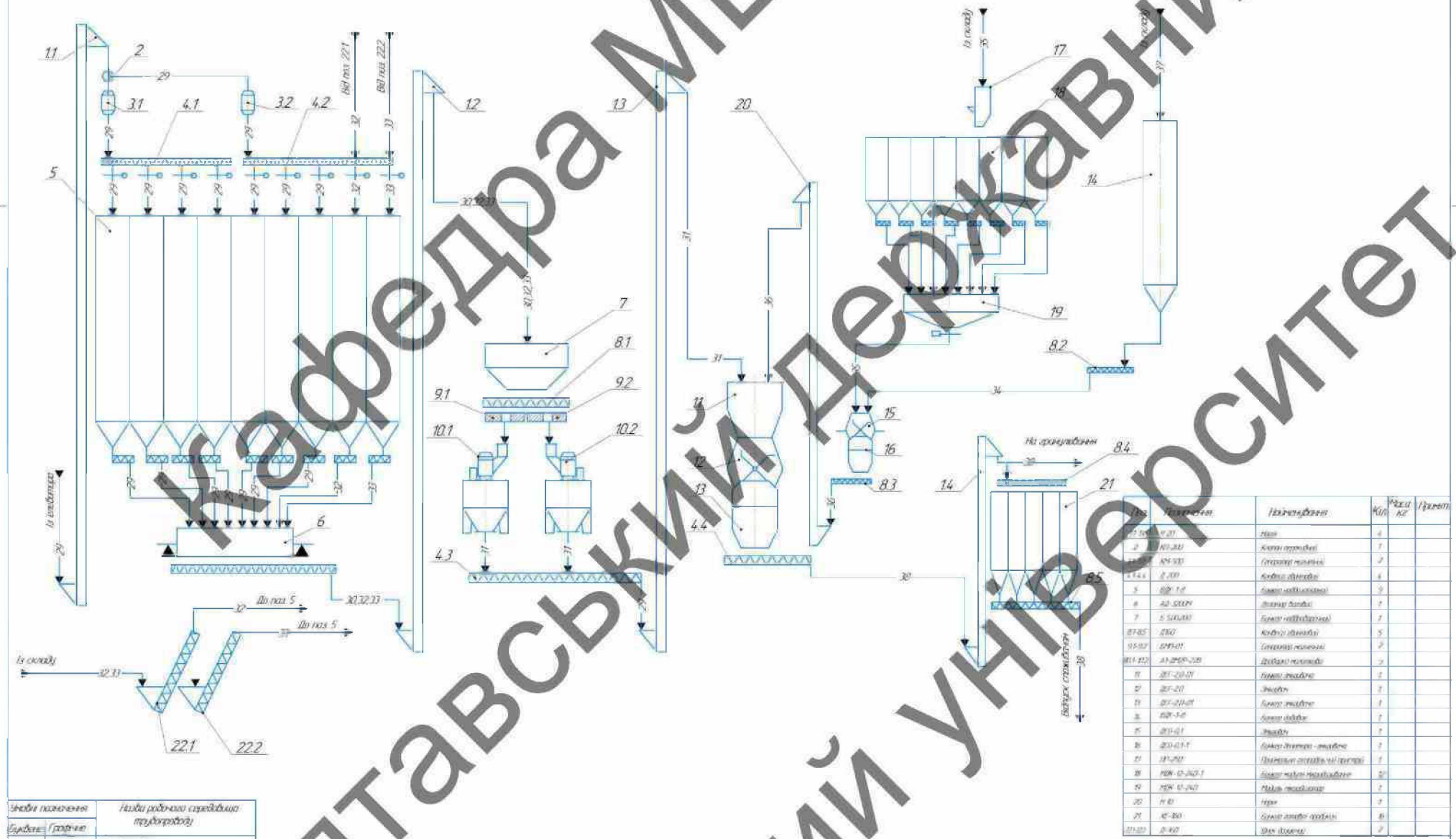
У розділі охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники, які виникають під час роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів. До них належать рухомі й обертові частини машин, електричний струм, шум, вібрація, зерновий пил, можливе перегрівання підшипників і ризик потрапляння сторонніх предметів у робочу камеру дробарки. Запропоновано заходи безпечної експлуатації, які передбачають використання захисних кожухів, магнітних сепараторів, аспіраційної системи, засобів індивідуального захисту та своєчасне технічне обслуговування обладнання.

						КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Розглянуто питання охорони навколишнього середовища під час роботи лінії подрібнення зернопродуктів. Основним джерелом забруднення є зерновий пил, який утворюється під час транспортування, пересипання, дозування та подрібнення сировини. Для зменшення негативного впливу на довкілля передбачено герметизацію обладнання, справну роботу аспіраційної системи, очищення запиленого повітря, раціональне використання сировини та своєчасне прибирання виробничих приміщень.

У результаті виконання роботи підтверджено, що правильне обґрунтування параметрів і режимів роботи обладнання для подрібнення зернопродуктів має важливе значення для підвищення ефективності виробництва. Раціональний вибір режимів роботи молоткової дробарки, підтримання справного технічного стану робочих органів, рівномірна подача сировини та дотримання правил експлуатації дозволяють забезпечити якісний помел, зменшити енерговитрати, підвищити продуктивність обладнання та покращити техніко-економічні показники підприємства.

					КРБ.133ГМбд_31[2].09.00.00.000.ПЗ	Арк. 63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Знаки позначення	Назва робочого середовища (матеріалу)
29	Зерно пшениці
31	Відходи зернової фракції
32	Відходи зернової фракції
33	Зерно
34	Відходи
35	Відходи
36	Відходи зернової фракції
37	Відходи зернової фракції
38	Відходи

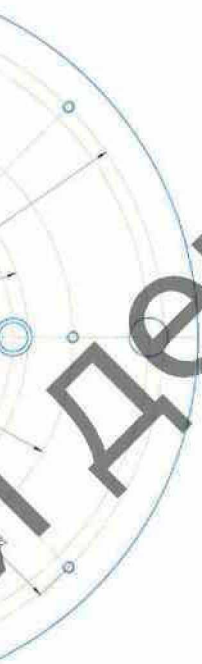
№	Позначення	Назва обладнання	Кількість	Вартість
1	11-11	Зерно	4	
2	12-12	Зерно	1	
3	13-13	Зерно	2	
4	14-14	Зерно	4	
5	15-15	Зерно	2	
6	16-16	Зерно	1	
7	17-17	Зерно	1	
8	18-18	Зерно	5	
9	19-19	Зерно	2	
10	20-20	Зерно	2	
11	21-21	Зерно	1	
12	22-22	Зерно	1	
13	23-23	Зерно	1	
14	24-24	Зерно	1	
15	25-25	Зерно	1	
16	26-26	Зерно	1	
17	27-27	Зерно	1	
18	28-28	Зерно	2	
19	29-29	Зерно	2	

№ПС.0017-001_2026.000.0000.0000 ТХ			
Підприємство "ЗерноТрейд"			
№	Назва	Вартість	Дата
1	Об'єкт	1	2026
2	Сума	1	2026







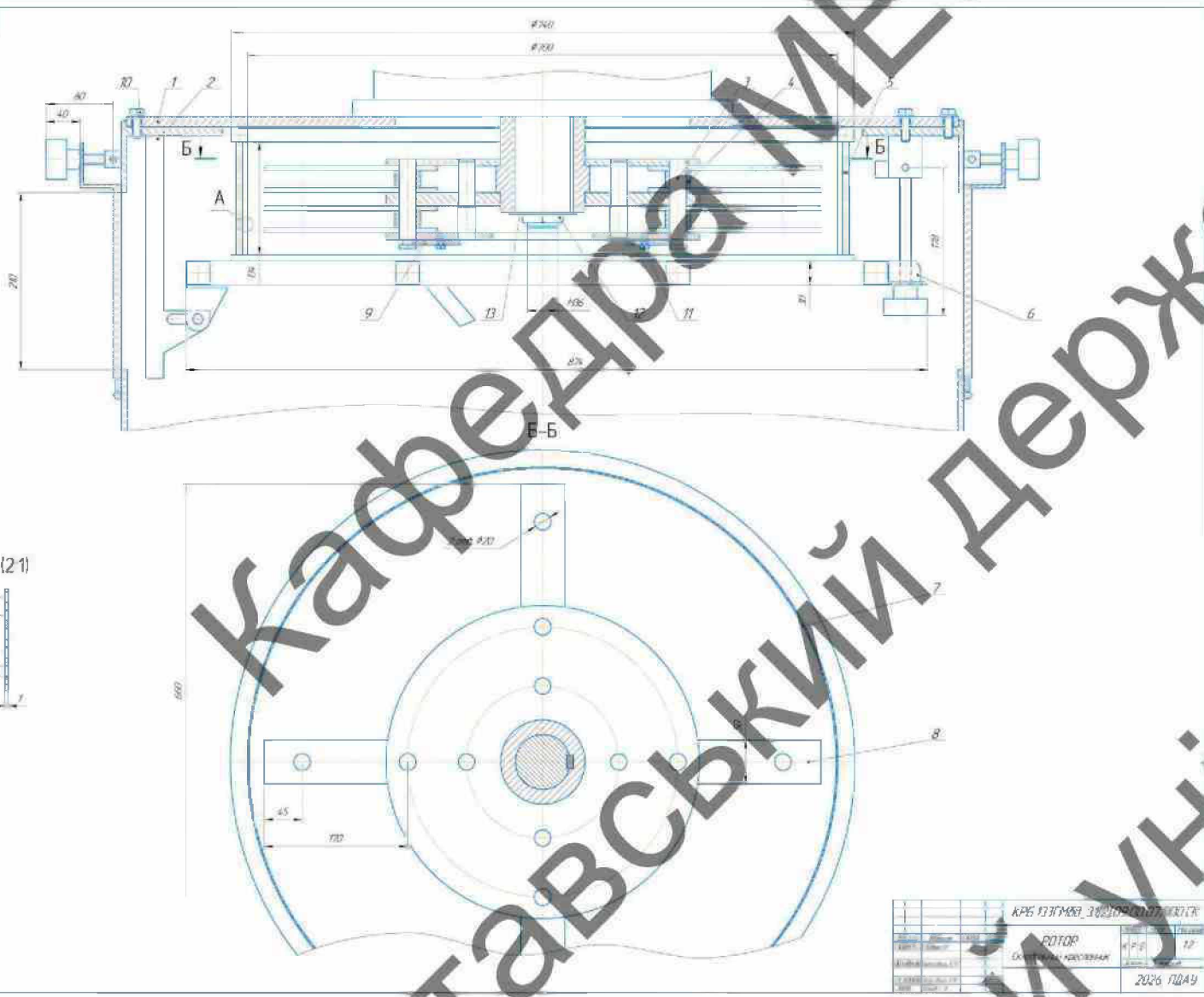


КРБ 133ГМдд_31(2)09.00.03.000		№ документа	№ аркуша
ОСНОВА		№ документа	№ аркуша
САМОСТІЙНИЙ ПРОЕКТУВАННЯ		№ документа	№ аркуша
2026 ПБАУ			

№	Знак	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки
				<u>Документація</u>		
			КРБ_133ГМдд_31(2)09.00.03.000	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
1			КРБ.133ГМдд_31(2)09.00.03.001	Ступиця	1	
2			КРБ.133ГМдд_31(2)09.00.03.002	Писк	1	
3			КРБ.133ГМдд_31(2)09.00.03.003	Писк	1	
4			КРБ.133ГМдд_31(2)09.00.03.004	Писк	1	
5			КРБ.133ГМдд_31(2)09.00.03.005	Палець	4	

					КРБ 133ГМдд_31(2)09.00.03.000			
№	Арх.	ІР допис	Лінійне	Лінійне	Основа	Кільк.	Кільк.	Кільк.
Головний	Задієва В					3	2	1
Лейбли	Власовець В.М							
І конст.	Власовець В.М							

ПБАУ, 2026



КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.00 СК	
РОТОР	12
Складальний креслення	
2026 ПДАУ	

Код документа	Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кол.	Примітка	
				Документація			
				Складальний креслення			
				Деталі			
	1		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.001	Кришка	1		
	2		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.002	Ось	1		
	3		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.003	Палець	4		
	4		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.004	Втулка	32		
	5		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.005	Рейка жорсткості	8		
	6		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.006	Прижимний пристрій	1		
	7		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.007	Сита	1		
	8		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.008	Молоток	16		
	9		КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.009	Пластина	4		
				Стандартні вироби			
	10			Болт М10х15х35.58			
				ГОСТ 7798-70	12		
	11			Болт М6х15х20.58			
				ГОСТ 7798-70	4		
	12			Гайка М36х2			
				ГОСТ 9064-75	1		
	13			Шайба 36			
				ГОСТ 9065-75	1		
КРБ.133ГМд_31(2)09.00.07.00 СК							
Знак	Апр.	ІР Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Задіна В.				Ротор	Листів	
Перевірив	Власовець В. М.					КРБ	Апрілі
Конструктор	Власовець В. М.					1	1
Затверд.	Лопко С.В.					ПДАУ, 2026	