

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти  
на тему:**

**«Модернізація малогабаритної комбікормової установки з  
обґрунтуванням параметрів дробарки»**

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,  
групи ГМ-23М-1.2

ОНП «Галузеве машинобудування»  
спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

\_\_\_\_\_ Касьянчук Михайло Андрійович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Володимир Амосов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

професор, докт. техн. наук

\_\_\_\_\_ Віктор АУЛІН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма ОНП «Галузеве машинобудування»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«   »     2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ  
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Касьянчук Михайло Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Модернізація малогабаритної комбікормової установки з обґрунтуванням параметрів дробарки»

2. Керівник роботи (проекту) Амосов Володимир Васильович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 12.05.2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення продуктивності комбікормової установки шляхом обґрунтування раціональних параметрів молотка дробарки.

Оцінка існуючих комбікормових агрегатів. Обґрунтувати ресурсощадну схему агрегату; визначити раціональні параметри молотка дробарки.

5. Перелік графічного матеріалу Показники обладнання для приготування комбікормів. Результати теоретичних досліджень. Схема УМК-Ф-2. Механізм подрібнення. Ротор. Конвеєр дробарки. Деталювання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1–6	Доцент Амосов В.В.		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та оформлення розділів 1 та 2	21.03.2025 р.	
2	Проведення необхідних розрахунків та оформлення розділу 3	04.04.2025 р.	
3	Проведення необхідних розрахунків та оформлення розділу 4	18.04.2025 р.	
4	Оформлення графічної частини КР	02.05.2025 р.	
5	Проведення необхідних розрахунків та оформлення розділів 5 та 6	09.05.2025 р.	
6	Нормоконтроль, захист КР на засіданні ДЕК	Згідно з графіком	

Дата видачі завдання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ Амосов В.В.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_ Касьянчук М.А.  
(прізвище та ініціали)

Касьянчук, М. А. Модернізація малогабаритної комбікормової установки з обґрунтуванням параметрів дробарки: кваліфікаційна магістерська робота : спец. 133 «Галузеве машинобудування» / наук. кер. В.В. Амосов; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 56 с.

Проведено комплексну оцінку існуючих варіантів обладнання для приготування комбікормів і визначені його раціональні конструктивно-функціональні ознаки. Вдосконалено технологічну схему виробництва комбікормів. На основі теоретичного аналізу змінено форму молотків дробарки з прямокутної на шестикутну. Запропоновано вдосконалення конструкції привода шнека дробарки заміною двох клинових пасів на один клиновий пас.

Запропоновано заходи по покращенню умов праці механізатора.

За результатами проведених економічних розрахунків споживач установки одержить річний економічний ефект в сумі 7356 грн., а виробник – 6249 грн.

**комбікормова установка, дробарка, молоток, шнек, економічний ефект**

Kasianchuk, Mykhailo

Modernization of the small-sized feed plant with rationalization of the parameters of the crusher

There is a comprehensive assessment of existing options for the preparation of compound feeds and its rational design and functional features are determined. The technological scheme of production of compound feeds is improved. On the basis of theoretical analysis, the shape of the hammers of the crusher from rectangular to hexagonal was changed. Improvement of the design of the screws of the screws of the crusher is proposed by replacing two wedge belts for one wedge pass.

Measures to improve the working conditions of the mechanic are proposed.

According to the results of economic calculations, the consumer of the installation will receive an annual economic effect in the amount of UAH 7356, and the manufacturer - 6249UAH.

**compound feed, crusher, hammer, auger, economical effect**





# 1 ВСТУП

Комбікормова промисловість покликана виконувати одну з важливих народногосподарських задач – підвищення продуктивності тваринництва і зміцнення його кормової бази.

Сучасний розвиток і інтенсифікація тваринництва і птахівництва мають потребу у великій кількості кормів. Тому разом з природними кормами, які відповідають звичній їжі тварин, необхідно використовувати і всі кормові засоби, одержувані в інших галузях промисловості.

Живлення тварин вважається повноцінним, якщо тварини одержують в раціоні всі необхідні поживні речовини, змішані в певному співвідношенні для даного вигляду, віку і характеру продуктивності.

У організації науково-обґрунтованого годування сільськогосподарських тварин, важливе значення мають комбікорми. Збалансовані по основних поживних речовинах, вони забезпечують підвищення продуктивності тварин на 10–12%, а при збагаченні їх вітамінами, антибіотиками, мікроелементами і іншими засобами, ефективність їх підвищується на 25–30% [24].

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення продуктивності комбікормової установки та зниження питомих енергозатрат на виробництво продукції шляхом вдосконалення конструкції дробарки.

					УМК 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Касьянчук				Модернізація малогабаритної комбікормової установки з обґрунтуванням параметрів дробарки	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Амосов							
Н.контр.	Мачок					ЦНТУ гр. ГМ-23М-1.2		
Затвер.	Васильковський							

## ЗМІСТ

1 ВСТУП .....	6
2 НАУКОВА ЧАСТИНА.....	7
3 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА.....	25
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	46
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	51
6 ВИСНОВОК.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54
ДОДАТКИ.....	57

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

## 2 НАУКОВА ЧАСТИНА

### 2.1 Огляд існуючого обладнання для приготування комбікормів

В Україні і за кордоном набуто певний досвід з технології та механізації виробництва комбінованих кормів на фермах. Є немало прикладів розробки, виготовлення і використання різних комплектів обладнання, а також окремих агрегатів цього призначення [29]. Серед них і відносно складні комплекти обладнання комбікормових цехів продуктивністю 2-9 т/год., а також значно простіші і дешевші установки та агрегати продуктивністю 0,15-2 т/год.

Крім виробничої потужності вказане обладнання розрізняється між собою конструктивно-функціональними схемами (від простого набору повного комплекту обладнання до модульно-блокового компонування необхідних технологічних елементів в поєднанні з комбінованим їх використанням за принципом суміщення окремих операцій), організацією технологічного процесу (порційно-періодичної та безперервної дії), способами дозування вихідних компонентів (вагове та об'ємне), рівнем механізації та автоматизації допоміжних операцій (завантаження вихідної сировини, завантаження готової продукції у тару тощо). Названі відмінності суттєво впливають на показники техніко-економічної ефективності обладнання, які коливаються в досить широких межах (табл. 2.1) [29].

Порівнюючи наявні комплекти обладнання, важко віддати перевагу тому чи іншому варіанту щодо його ефективності, оскільки кращі показники за різними критеріями оцінки практично не співпадають. Так, за питомими енергоємністю та трудомісткістю найкращі показники має установка УМК-Ф-2, металомісткістю – АWF-4. Кращу ж точність дозування вихідних компонентів забезпечує агрегат АКМ-1, бункери-змішувачі якого встановлені на тензOMETричних вагах, а кращу рівномірність змішування – агрегат "Ніагара" з порційним змішувачем[29].

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Таблиця 2.1

Техніко-економічні показники обладнання для приготування комбікормів

Марка обладнання	Загальні показники			Показники якості роботи		Питомі показники	
	Продуктивність, т/год	Встановлена потужність, кВт	Маса, кг	Похибка дозування $\nu$ , %	Рівномірність змішування $\rho$ , %	Енергоємність $q$ , кВт-год/т	Металомісткість, $m$ , кг/(кг/т)
ОКЦ-15	1,5-2	50	8400	8	88-90	25-30	4200
ОКЦ-30	3,5-4	86	11570	8	88-90	20-25	2800
ОКЦ-50	6,5-7	130	18200	8	88-90	18-20	2600
ОКЦ-4	4-4,8	210	42200	3	90-91	26-40	3790
ОКЦ-8	8-9,3	350	83600	3	90-91	16-40	3900
УМК-Ф-2	2,5	20	3800	4	88-91	6-8	1520
АКН-1М	1,0	17,2	1500	3	90-91	12	750
АКМ-1	1,0	25	2200	2	90-91	25	2200
‘‘Ніагара’’	1,4	27,1	1080	3	93	18	770
АWF-4	0,15-0,2	3	70	3	90-91	15-20	350
БКМА-1	1,0	13,3	545	4	90-91	12	545

Слід зазначити, що неможливо зробити раціональний вибір, орієнтуючись на якийсь один із критеріїв ефективності, незалежно від того, наскільки він важливий сам по собі. Ефективне виробництво і використання повноцінних комбікормів потребує комплексного вирішення організаційно-економічних, технологічних та інженерно-технічних проблем. У зв'язку з цим кінцеве рішення щодо вибору того чи іншого варіанту технологічної схеми процесу і засобів механізації приготування комбікормів вимагає системного аналізу всіх техніко-економічних показників можливих альтернативних варіантів. Іншими словами, необхідно вирішувати багатокритеріальну задачу[29].

Результати проведеного порівняльного аналізу обладнання для приготування комбікормів дають змогу відзначити суттєву перевагу установок БМКА-1 та УМК-Ф-2. Близьким за ефективністю до цих установок є агрегат "Ніагара" (Італія). Далі за рейтингом іде дещо застарілий агрегат АКН-1М і його сучасний аналог АКМ-1, які поступається зазначеним в 1,6-2 рази[29].

На перший погляд привабливий (особливо для фермерів) малогабаритний агрегат АWF-4, який відзначається невеликою масою і, отже, відносно низькою ціною. Проте його порційно-періодичний принцип дії при малій місткості змішувача (до 550 кг) і, як наслідок, аж занадто мала продуктивність підвищує питомі затратні показники, в першу чергу, стосовно трудомісткості, різко погіршує показник ефективності.

З іншого ж боку і високопродуктивні комплекти обладнання комбікормових цехів серій ОКЦ та ОЦК переважно через велику складність і металомісткість мають не кращі, а навіть гірші показники ефективності.

Установки БМКА-1 та УМК-Ф-2, не зважаючи на те, що є найкращими з альтернативних варіантів, в свою чергу, мають певні недоліки. Зокрема, суттєвим технологічним недоліком установки УМК-Ф-2 є відсутність порційного змішувача, що ускладнює можливість приготування повнораціонних комбікормів із включенням до їх складу преміксів, які вводяться в малих дозах. Блок-модуль БМКА-1 з порційним змішувачем забезпечує приготування збалансованих комбікормів. Проте порційний принцип дії і відсутність бункерів-живильників вихідних компонентів ускладнює технологічний процес і дещо завищує його трудомісткість.

## **2.2 Удосконалення конструктивно-технологічної схеми комбікормового агрегату**

Аналіз конструктивно-функціональних ознак відомих технічних рішень для приготування комбікормів в умовах господарств, а також

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



приготування збалансованих повнораціонних комбікормів, до складу яких входять мікродобавки (в кількості 1-2 %). Крім того, для підвищення повноцінності рецептури комбікормів за рахунок введення мікродобавок в комплекті обладнання додатково передбачено порційний змішувач, встановлений перед подрібнювачем. В цьому разі попередньо готується необхідна порція зернових компонентів з мікродобавками, яка в процесі наступного приготування комбікорму дозовано подається в дробарку, де при подрібненні рівномірно перемішується з усіма іншими компонентами раціону.

В разі необхідності включення до складу комбікормів, які виготовляються, попередньо подрібнених компонентів (наприклад, вітамінне борошно) доцільно також додатково встановити бункер-живильник для таких компонентів після дробарки на початку змішувача-розвантажувача.

Такий варіант агрегату дасть змогу готувати повнораціонні збалансовані комбікорми за якісного змішування, а високий рівень механізації створює передумови автоматизації його роботи. Безперервний принципи дії зможе забезпечити високі продуктивність та ефективність процесу.

Проте окремі суміщені операції та засоби їх реалізації (в першу чергу, живлення-дозування, подрібнення-змішування) не мають достатнього наукового обґрунтування і потребують проведення додаткових досліджень.

### **2.3 Аналіз пропускної здатності агрегату для приготування комбікормів**

Агрегат для приготування комбінованих кормів, розроблений за принципами використання блоків комбінованого призначення [19], включає (рис. 2.1):

- живильники-дозатори вихідних компонентів;

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- завантажувач-змішувач вихідних компонентів;
- подрібнювач-змішувач;
- розвантажувач-змішувач.

Для забезпечення стабільної роботи такого агрегату необхідно дотримуватися умови узгодження пропускної здатності всіх його технологічних елементів (ланок), тобто:

$$\Sigma Q_{ж-д} \leq Q_{з-з} \leq Q_{п-з} \leq Q_{р-з} , \quad (2.5)$$

де  $\Sigma Q_{ж-д}$  – сумарна подача живильників дозаторів, що входять до складу агрегату (відповідно до кількості вихідних компонентів приготовлюваних комбікормів), кг/с;

$Q_{з-з}$ ,  $Q_{п-з}$ ,  $Q_{р-з}$  – пропускна здатність відповідно завантажувача-змішувача, подрібнювача-змішувача та розвантажувача-змішувача, кг/с.

На перший погляд з позицій ресурсозбереження необхідно прагнути наблизитися до ідеального варіанту, коли

$$\Sigma Q_{ж-д} = Q_{з-з} = Q_{п-з} = Q_{р-з} . \quad (2.6)$$

Проте реалізація такої умови практично неможлива. З технологічних міркувань часто виникають потреби: змінювати склад і співвідношення вихідних компонентів, які до того ж мають не постійні характеристики; регулювати крупність фракційного складу інгредієнтів комбікормів та тривалість їх змішування. Ці та деякі інші фактори можуть суттєво впливати на продуктивність тієї чи іншої ланки технологічного процесу і, відповідно, структурного елементу агрегату.

Тому в практиці розробки кормоприготувальних об'єктів дотримуються раціональної умови:

$$\Sigma Q_{ж-д} < Q_{з-з} < Q_{п-з} < Q_{р-з} . \quad (2.7)$$

Згідно цієї умови кожна наступна технологічна ланка повинна мати певний запас пропускної здатності. В разі її порушення виникає загроза дестабілізації режиму роботи агрегату із-за можливості завалів (перевантаження) ланок з меншою продуктивністю.

Більше того, висловимо передумову, що певне зростання пропускної здатності доцільне навіть в межах окремих технологічних ланок (від початку до виходу) агрегату (рис. 2.2).

Оскільки згідно ресурсозбережної конструктивно-функціональної схеми агрегату (див. рис. 2.1) процес приготування комбікормів здійснюється за потоковим принципом, то в будь-якому разі слід враховувати, що збільшення пропускної здатності на кожній із технологічних ланок від її початку до завершення буде зменшувати опір переміщення потоку корму і енергомісткість відповідного процесу, підвищувати якісні показники відповідної операції.

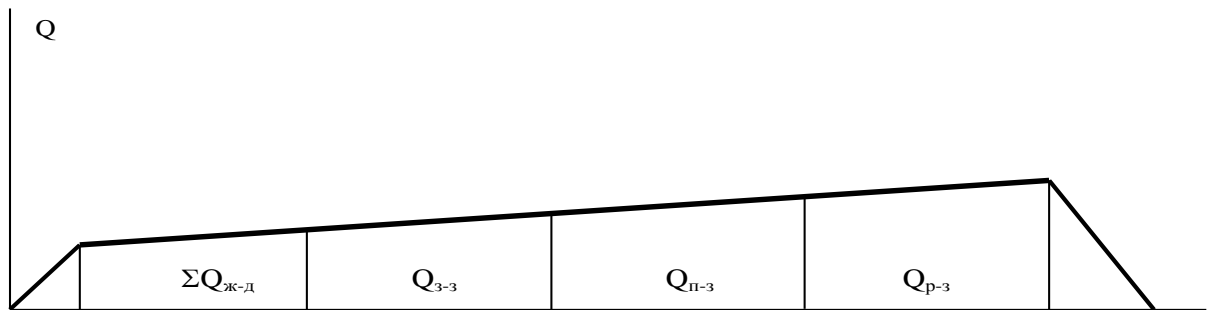


Рис. 2.2 Епюра продуктивності окремих ланок і агрегату для приготування комбікормів за ходом технологічного процесу

На підтвердження доцільності саме такого підходу пошлемося на дані окремих досліджень.

Так, в результаті аналітичних досліджень на основі положень теорії ймовірності відзначається, що для своєчасного видалення продуктів подрібнення з робочої камери молоткової дробарки пропускна здатність її сепаруючої поверхні повинна в 1,5–2 рази перевищувати подрібнювальну можливість дробарки. Ця передумова була експериментально підтверджена збільшення продуктивності дробарки на виході з робочої камери (пропускної здатності сепаруючої поверхні) і забезпечення своєчасного видалення з неї продуктів подрібнення сприяють покращенню якості (рівномірність

фракційного складу, зменшення виходу пиловидних часток) переробки кормів, зниженню енергозатрат.

Іншим прикладом, що підтверджує приведену передумову, є використання шнеків-дозаторів, висота гвинтової поверхні в яких поступово зростає до висоти її на транспортуючій ділянці. Таке рішення, завдяки поступовому підвищенню пропускної здатності, сприяє вирівнюванню щільності потоку і покращує рівномірність дозування [9].

Продуктивність технологічних ланок дозування, завантажування-змішування, а також розвантажування-змішування у загальному вигляді визначаються за відомою залежністю

$$Q_{д-з} = F_n v_o \gamma_n, \quad (2.8)$$

де  $Q_{д-з}$  – продуктивність досліджуваної технологічної ланки (живильника-дозатора, завантажувача-змішувача, розвантажувача-змішувача), кг/с;

$F_n$  і  $v_o$  – площа поперечного перерізу ( $m^2$ ) відповідного потоку і його середня швидкість (м/с) переміщення в осьовому напрямку;

$\gamma_n$  – об'ємна маса корму в потоці, що розглядається,  $кг/м^3$ .

Продуктивність молоткового подрібнювача-змішувача ( $Q$ ) при сталому режимі його роботи (коли зберігається рівність подачі сировини в робочу камеру, подрібнювальної здатності молоткового барабана та пропускної здатності поверхні сепарації продуктів подрібнення) описується системою рівнянь:

$$Q = \begin{cases} b \cdot h \cdot v_n \cdot \gamma_v & \text{- завантаження сировини;} \\ q^1 \cdot L \cdot \zeta & \text{- розподілення матеріалу по} \\ S_p (h_{\max} - h_{\min}) \gamma_{ш} \cdot n & \text{ширині і колу робочої камери;} \\ \pi \cdot D \cdot L \cdot q_n & \text{- в процесі подрібнення} \\ D L q_f & \text{перероблюваного матеріалу;} \\ L \cdot l \cdot I \cdot \gamma_{ш} & \text{- сепарація і видалення} \\ \alpha_{ш} \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \gamma_{ш} & \text{продукту з робочої камери,} \end{cases} \quad (2.9)$$

де  $b$  і  $h$  – параметри (наприклад, ширина і товщина) шару сировини, що подається в робочу камеру, м;

$q^l$  – подача, що припадає на одиницю ширини робочої камери, кг/(с·м);

$v_n$  – швидкість подачі шару, м/с;

$\gamma_v$  і  $\gamma_{ш}$  – щільність шару сировини відповідно вихідна та в процесі переробки, кг/м<sup>3</sup>;

$D$  і  $L$  – діаметр і ширина робочої камери, м;

$q_n$  – продуктивність з одиниці площі робочої поверхні камери подрібнення, кг/(с·м<sup>2</sup>);

$q_l$  – питоме навантаження (продуктивність, що припадає на одиницю площі проекції робочої камери), кг/(с·м<sup>2</sup>);

$\xi$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу, наприклад, в результаті можливих коливань товщини шару чи щільності сировини, що подається;

$S_p$  – площа поверхні сепарації продуктів подрібнення, м<sup>2</sup>;

$h_{\max}$  і  $h_{\min}$  – товщина перероблюваного шару відповідно на початку та в кінці поверхні сепарації, м;

$n$  – частота обертання молоткового барабана, с<sup>-1</sup>;

$l$  – довжина розгортки поверхні сепарації, м;

$I$  – інтенсивність просіювання продуктів подрібнення, м/с;

$\alpha_{ш}$  – коефіцієнт пропорційності (асинхронності).

Інтенсивність просіювання  $I$  залежить від ряду параметрів, що характеризують решітну поверхню і сам процес просіювання продукту крізь неї

$$I = d_0^2 \cdot i_0 \cdot v_r (1 - f_p) \cdot (1 - 0,215 \cdot \cos \varphi), \quad (2.10)$$

$d_0$  – розмір отворів решета, м;

$i_0$  – кількість отворів на одиниці площі решета, 1/м<sup>2</sup>;

$v_r$  – радіальна складова швидкості шару продукту, м/с;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

$f_p$  – коефіцієнт, що характеризує умови просіювання продукту крізь решето, ступінь заповнення площі його живого перерізу продуктом;

$\varphi$  – кут між направленням абсолютної швидкості часток продукту і радіусом камери.

В результаті проведеного аналізу переміщення перероблюваного матеріалу в молотковій дробарці встановлено [12], що співвідношення радіальної  $v_r$  та тангенціальної  $v_t$  складових і напрям абсолютної  $v_a$  швидкості часток залежать від положення робочої грані молотка відносно радіуса робочої камери (рис. 2.4). Величина швидкості  $v_r$  та кута  $\varphi$  впливають на інтенсивність просівання продуктів подрібнення крізь отвори решітної поверхні, в зв'язку з цим раціональною є форма молотків у вигляді витягнутого симетричного шестикутника.

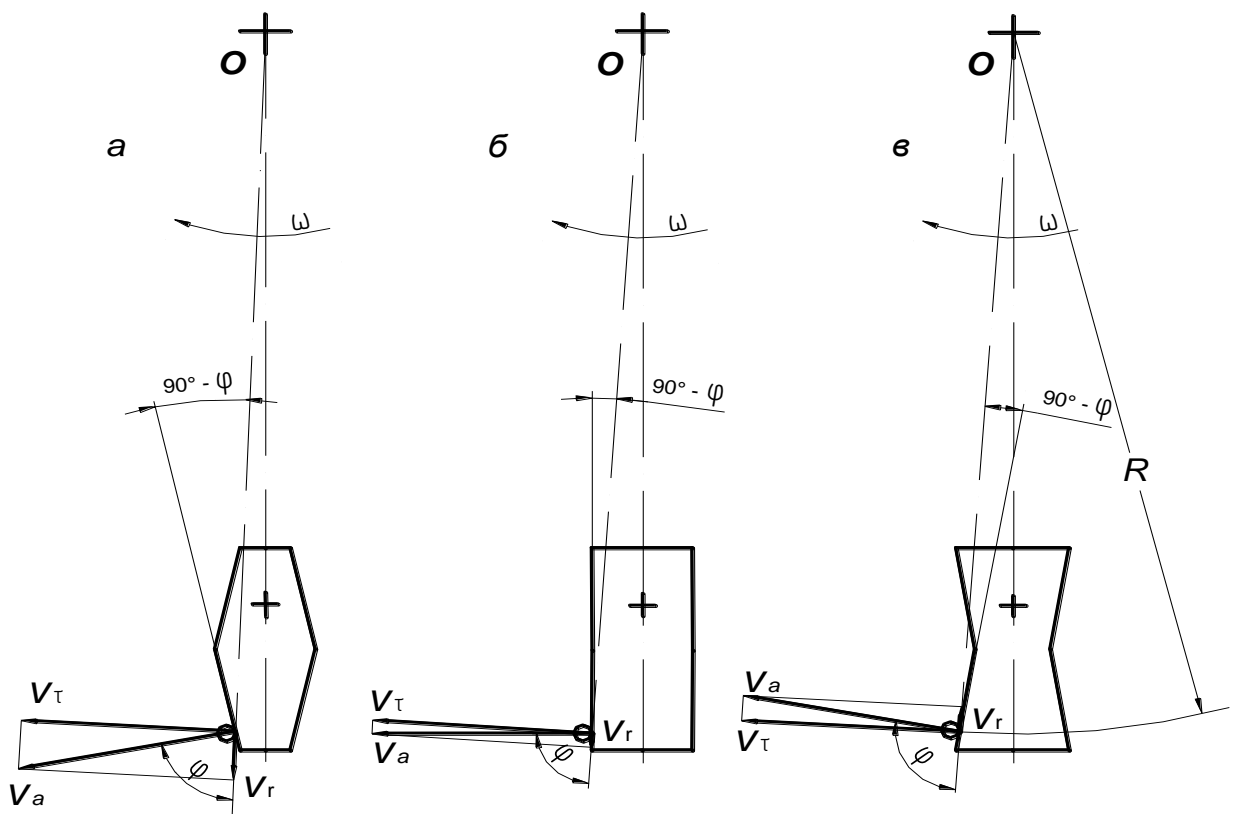


Рис. 2.3. Напрямок відбиття частки продукту залежно від форми робочої грані молотка:

*а* – шестикутна; *б* – прямокутна; *в* – у вигляді хвоста ластівки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

Загальна площа сепарації (решіт) продуктів подрібнення, у випадку її розміщення на циліндричній частині робочої камери, залежить від величини кута обхвату камери решітною поверхнею:

$$S_p = \frac{\pi D \alpha_p L}{360} = l L. \quad (2.11)$$

Аналізуючи рівняння пропускної здатності агрегату відповідно до умови (2.7), з урахуванням залежностей (2.8) і (2.9), можна вийти на необхідні співвідношення потоків стосовно:

- технологічних ланок, що передують процесу подрібнення

$$F_{d-3} v_z \gamma_{d-3} < L l \gamma_{ul}; \quad (2.12)$$

- в межах зони подрібнювача-змішувача

$$\pi D L q_n < \alpha_{ul} \pi D L \gamma_{ul}; \quad (2.13)$$

- технологічних ланок, що виконуються після подрібнення

$$L l \gamma_{ul} < F_{p-3} v_p \gamma_{p-3}, \quad (2.14)$$

де  $F_{d-3}$  та  $F_{p-3}$  – площа поперечного перерізу потоку відповідно сировини, що подається на подрібнення, та переміщується в зоні розвантаження, м<sup>2</sup>;

$v_z$  та  $v_p$  – осьова швидкість відповідних потоків, м/с;

$\gamma_{d-3}$  та  $\gamma_{p-3}$  – об'ємна маса вказаних потоків, кг/м<sup>3</sup>.

Залежності (2.12) – (2.13) визначають умови раціонального співвідношення пропускної здатності технологічних ланок комбікормового агрегату безперервної дії, розробленого на принципах модульно-блочного компонування.

## 2.4 Визначення моменту інерції молотка змінних параметрів

Молоткові дробарки, які є базовим обладнанням цехів та установок для приготування комбікормів. Основними робочими органами цих машин є молотки.

В підрозділі 2.3 показано, що вибір раціональних форм і розміщення робочої грані молотків може сприяти збільшенню радіальної компоненти

швидкості (рис. 2.4) переміщення перероблюваних часток в камері подрібнення і, цим самим, сприяти просіюванню продукту крізь решітну поверхню. Таку раціональну форму має молоток, наприклад, у вигляді неправильного шестикутника, симетричного відносно його осей.

Вказані та деякі інші конструктивні рішення при виготовленні молотків впливають на величину моменту інерції молотка відносно осі підвісу і можуть призвести до порушення зрівноваженості молотка на ексцентричний удар, спричинити дисбаланс молоткового барабана. В результаті цього при взаємодії молотків з шаром перероблювальної сировини виникатимуть додаткові зусилля, які будуть передаватися на вісь підвісу і вал ротора.

При розрахунку параметрів зрівноважених на удар молотків необхідно дотримуватися умови:

$$\rho^2 = l l_1, \quad (2.15)$$

щоб квадрат радіуса інерції  $\rho$  молотка відносно осі його підвісу дорівнював добутку відстаней від цієї осі до центра маси  $l$  та до кінця  $l_1$  молотка (рис. 2.4).

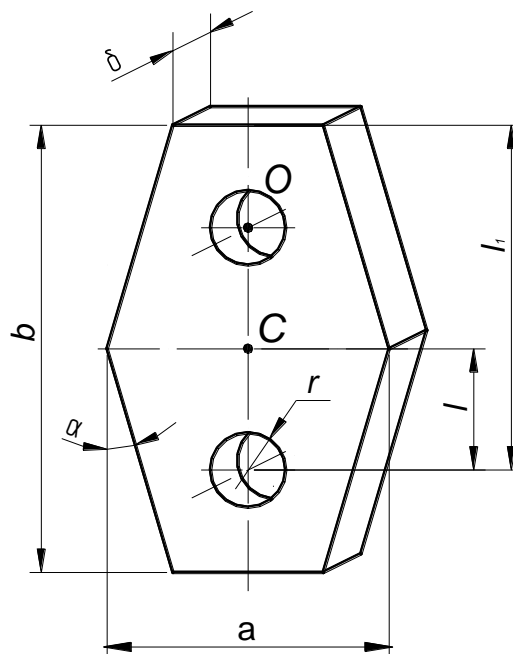


Рис. 2.4. Молоток шестикутної форми та його параметри

З теоретичної механіки відомо, що

$$\rho = \sqrt{\frac{J_O^{mol}}{m}}, \quad (2.16)$$

де  $J_O^{mol}$  – момент інерції молотка відносно осі його підвісу, кг м<sup>2</sup>;

$m$  – маса молотка, кг.

Відстань від осі підвісу молотка до його кінця  $l_1$  становить:

$$l_1 = \frac{1}{2} b + l, \quad (2.17)$$

де  $b$  – загальна довжина молотка, м.

В свою чергу, залежно від величини  $l_1$  розраховують радіус барабана по осях підвісу молотків  $R_o$  (рис. 2.5) за відомим співвідношенням [4, 6]:

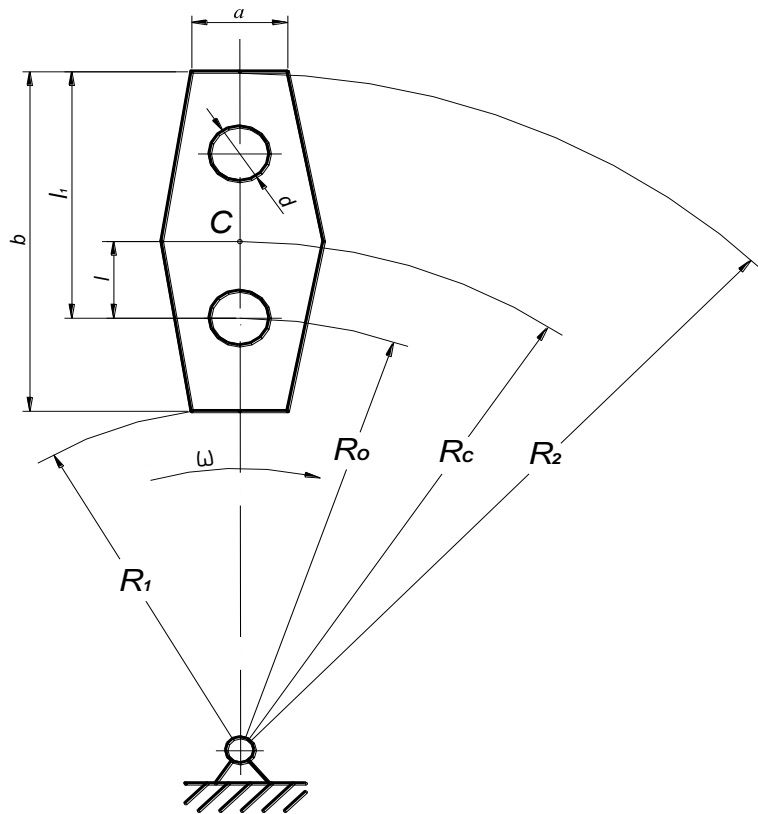


Рис 2.5. Схема до визначення параметрів молотків і молоткового барабана:

$R_1$  – радіус барабана до початку молотків;  $R_2$  – радіус барабана по кінцях молотків,  $R_2 = \frac{1}{2} D_6$ ;  $R_c$  – радіус барабана по центрах маси молотків;  $R_o$  – радіус барабана по осях підвісу;  $d$  – діаметр отвору для осі підвісу молотка;  $\omega$  – кутова швидкість обертання барабана.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

$$l_1 = \frac{4}{9} R_o . \quad (2.18)$$

Для визначення моменту інерції  $J_{Z_o}^{mol}$  молотка відносно осі його підвісу спочатку необхідно визначити момент інерції  $J_{Z_c}^{mol}$  відносно осі, що проходить через центр маси  $C$ . Молоток кормодробарки раціональної шестикутної форми розглянемо як пластину, що складається в плані з прямокутника ADEG (рис. 2.6) з двома отворами та двох однакових за розмірами трикутників EFG.

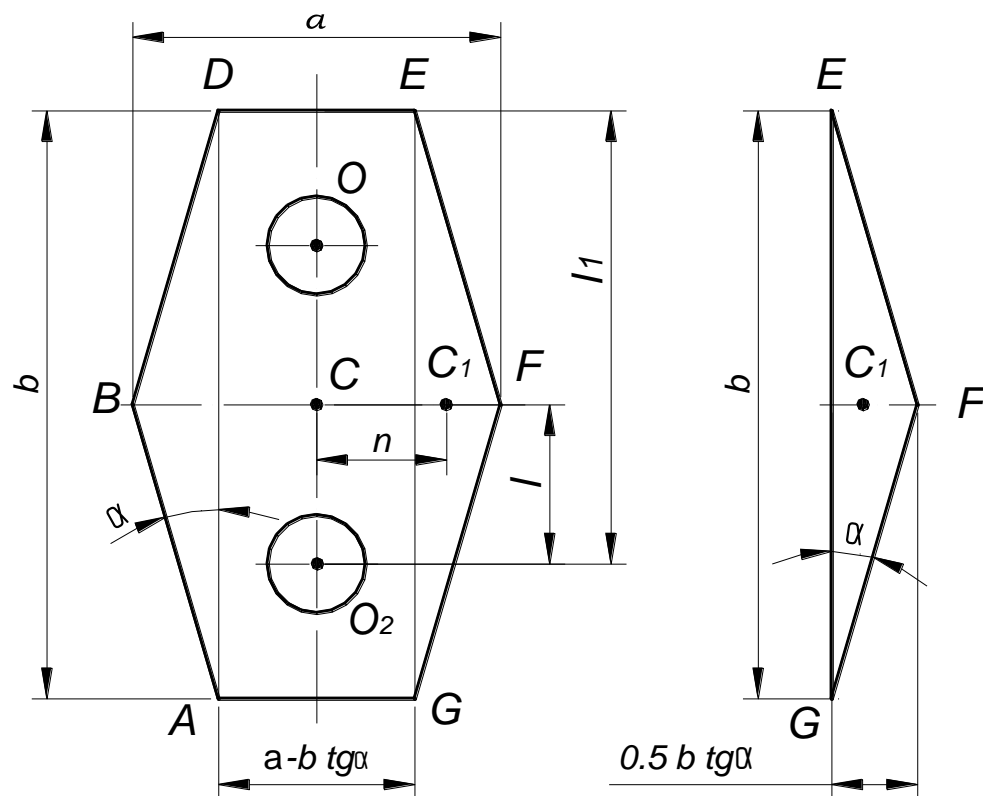


Рис. 2.6. Схема до розрахунку моменту інерції молотка раціональної шестикутної форми

Момент інерції пластини без отворів  $J_c^{nl}$  відносно центра її маси можна подати у вигляді такого виразу

$$J_c^{nl} = J_c^{np} + 2J_c^{mp}, \quad (2.19)$$

де  $J_c^{np}$  – момент інерції частини молотка без отворів прямокутної форми відносно центра  $C$  маси пластини,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

$J_c^{mp}$  – момент інерції частини молотка трикутної форми відносно центра маси пластини,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ .

Момент інерції  $J_c^{np}$  прямокутної форми частини молотка становить

$$J_c^{np} = m^{np} \left[ (a - b \operatorname{tg} \alpha)^2 + b^2 \right], \quad (2.20)$$

де  $m^{np}$  – маса прямокутної частини молотка,  $\text{кг}$ :

$$m^{np} = S^{np} \delta \gamma = b \delta \gamma (a - b \operatorname{tg} \alpha); \quad (2.21)$$

$a, b$  – відповідно ширина і довжина молотка,  $\text{м}$ ;

$\delta$  – товщина молотка,  $\text{м}$ ;

$\alpha$  – кут нахилу бокової грані молотка до вертикалі,  $\text{град}$ ;

$S^{np}$  – площа прямокутної частини молотка,  $\text{м}^2$ ;

$\gamma$  – об'ємна щільність матеріалу, з якого виготовлений молоток,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Для трикутної частини молотка момент інерції  $J_{c_1}^{mp}$  відносно центра її маси можна розрахувати за формулою

$$J_{c_1}^{mp} = \frac{m^{mp} b^2}{24} + \frac{m^{mp} \left( \frac{b}{2} \operatorname{tg} \alpha \right)^2}{18}.$$

Для приведення моменту інерції трикутної частини молотка до центра  $C$  його маси, скористаємось теоремою Гюйгенса-Штейнера і будемо мати

$$J_c^{mp} = J_{c_1}^{mp} + m^{mp} n^2 = \frac{m^{mp} b^2}{24} + \frac{m^{mp} \left( \frac{b}{2} \operatorname{tg} \alpha \right)^2}{18} + m^{mp} \left( \frac{1}{2} a - \frac{1}{3} b \operatorname{tg} \alpha \right)^2, \quad (2.22)$$

де  $m^{mp}$  – маса трикутної частини молотка,  $\text{кг}$ :

$$m^{mp} = S^{mp} \gamma \delta = \frac{1}{4} b^2 \delta \gamma \operatorname{tg} \alpha; \quad (2.23)$$

$n$  – відстань між центрами маси всього молотка  $C$  та трикутної його частини  $C_1$ , яка згідно рис. 2.6 буде рівною

$$n = \frac{1}{2} a - \frac{1}{3} b \operatorname{tg} \alpha.$$

З урахуванням (2.20), (2.22) та (2.23) рівняння (2.19) після відповідних перетворень набуде вигляду

$$J_c^{nl} = \frac{1}{12} b \delta \gamma \left( a^3 - a^2 b \operatorname{tg} \alpha + a b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + a b^2 - \frac{1}{4} b^3 \operatorname{tg}^3 \alpha - \frac{3}{4} b^3 \operatorname{tg} \alpha \right). \quad (2.24)$$

Моменти інерції циліндрів  $J_O^O$  та  $J_2^{C_2}$ , еквівалентних за розмірами отворам на молотку визначаються рівнянням

$$J_O^O = J_2^{C_2} = \frac{1}{2} m^{om} = \frac{1}{2} \pi r^4 \delta \gamma, \quad (2.25)$$

де  $m^{om}$  – циліндра в розмірах отвору

$$m^{om} = \pi r^2 \delta \gamma; \quad (2.26)$$

$r$  – радіус отвору для осі підвісу молотка, м.

Момент інерції  $J_O^O$  за рівнянням (2.25) відносно центра маси циліндра в розмірі отвору, одночасно є й моментом інерції цього циліндра відносно осі його підвісу на барабані. Стосовно ж моментів інерції іншого отвору  $J_2^{C_2}$  та  $J_c^{nl_2}$  за рівняннями відповідно (2.25) і (2.24), то їх слід привести до осі підвісу молотка. Після цього будемо мати:

момент інерції пластини  $J_O^{nl}$  відносно осі підвісу  $O$  –

$$\begin{aligned} J_O^{nl} &= J_c^{nl} + m^{nl} l^2 = \\ &= \frac{1}{12} b \delta \gamma \left( a^3 - \frac{3}{2} a^2 b \operatorname{tg} \alpha + a b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + a b^2 - \frac{1}{4} b^3 \operatorname{tg}^3 \alpha - \frac{3}{4} b^3 \operatorname{tg} \alpha \right) + \\ &\quad + b l^2 \delta \gamma \left( a - \frac{1}{2} b \operatorname{tg} \alpha \right); \end{aligned} \quad (2.27)$$

момент інерції циліндра  $J_O^{C_2}$  в розмірах отвору відносно осі підвісу  $O$  –

$$J_O^{C_2} = J_2^{C_2} + m^{om} (2l)^2 = \pi r^2 \delta \gamma^2 \left( \frac{1}{2} r^2 + 4l^2 \right). \quad (2.28)$$

Тоді момент інерції  $J_O^{mol}$  молотка раціональної шестикутної форми відносно осі його підвісу  $O$  визначається як різниця:

$$J_o^{mol} = J_o^{nl} - J_o^o - J_o^c = \frac{1}{12} b \delta \gamma \left( a^3 - \frac{3}{2} a^2 b \operatorname{tg} \alpha + a b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + a b^2 - \frac{1}{4} b^3 \operatorname{tg}^3 \alpha - \frac{3}{4} b^3 \operatorname{tg} \alpha \right) + b l^2 \delta \gamma \left( a - \frac{1}{2} b \operatorname{tg} \alpha \right) - \pi r^2 \delta \gamma (0,5r^2 + 4l^2) \quad (2.29)$$

Масу молотка  $m_{mol}$  можна розрахувати як різницю мас пластини та отворів

$$m_{mol} = m^{np} + 2m^{mp} - 2m^{om} \quad (2.30)$$

або через об'єм молотка

$$m_{mol} = (V_{nl} - 2V_{om})\gamma = \delta \gamma \left( a b - \frac{1}{2} b^2 \operatorname{tg} \alpha - 2\pi r^2 \right), \quad (2.31)$$

де  $V_{nl}$  – загальний об'єм пластини шестикутної форми, м<sup>3</sup>;

$V_{om}$  – об'єм циліндра еквівалентного за розмірами отвору, м<sup>3</sup>.

Одержані рівняння (2.29) і (2.31) моменту інерції та маси молотка дозволяють розраховувати його параметри за умови зрівноваження на ексцентричний удар. Оскільки ці параметри молотка є складовими моменту інерції барабана, то вони можуть бути використані як вихідні дані при проведенні розрахунків кінематичних режимів подрібнювача.

## 2.5 Висновки по розділу

1. Визначені умова узгодження пропускної здатності технологічних ланок (елементів) агрегату для потокового приготування комбікормів і зв'язок продуктивності агрегату з основними параметрами його ланок.

2. Одержані рівняння для визначення маси і моменту інерції молотка змінних параметрів, зрівноваженого на удар відносно осі його підвісу, які можуть бути використані при проведенні кінематичних та динамічних розрахунків барабана молоткового подрібнювача-змішувача.

3. Доведено, що молотки шестикутної форми за умов однакової якості переробки (подрібнення та змішування) забезпечують підвищення продуктивності установки і зниження питомих енергозатрат.

Метою даної магістерської роботи є підвищення продуктивності комбікормової установки та зниження питомих енергозатрат.

Для її досягнення необхідно вирішити наступні задачі:

- провести комплексну оцінку існуючих варіантів обладнання для приготування комбікормів і визначити його раціональні конструктивно-функціональні ознаки;
- обґрунтувати і розробити ресурсощадну структурно-технологічну схему комбікормового агрегату;
- визначити раціональні параметри молотка дробарки.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

### 3 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Будова і технологічний процес роботи установки УМК-Ф-2

Установка УМК-Ф-2 (рис. 3.1) призначена для приготування кормів розсипних із зерна і білково-вітамінно-мінеральних добавок (БВД) промислового виробництва, в умовах колективних господарств та сільськогосподарських ферм, які розміщуються в закритому приміщенні,

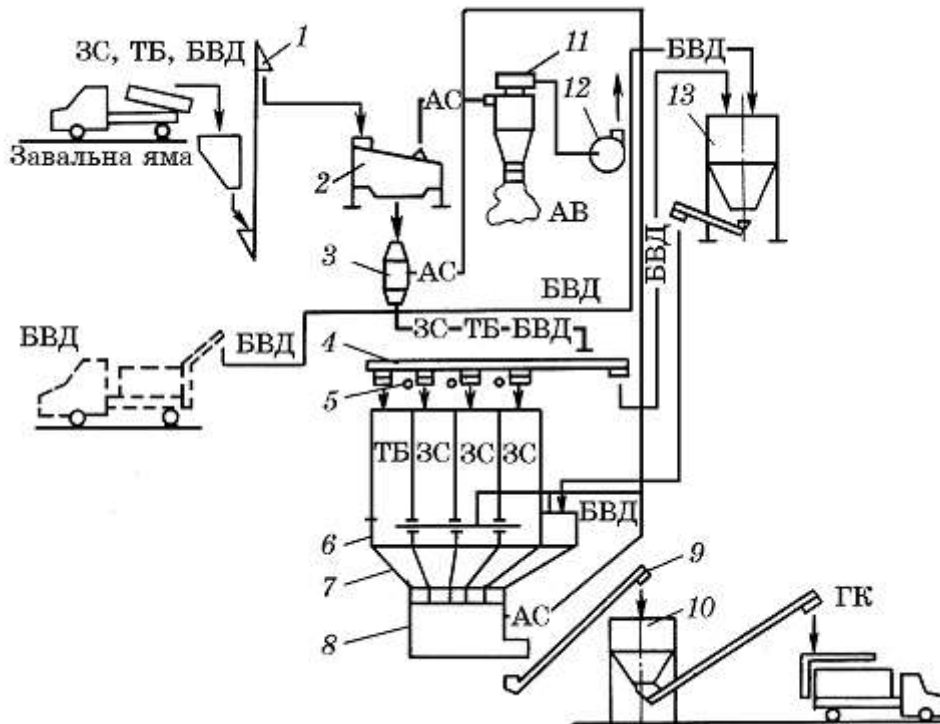


Рис. 3.1 Технологічна схема виробництва комбікормів агрегатом УМК-Ф-2:

1 – норія; 2 – сепаратор; 3 – магнітна колонка; 4 – розподільний шнек;  
5 – рейкова засувка; 6 – оперативні бункери; 7 – наддозаторні бункери;  
8 – дробарка; 9 – похилий шнек; 10 – бункер готового корму; 11 – циклон;  
12 – вентилятор; 13 – бункер для зберігання БВД; ЗС – зернова сировина;  
ТБ – трав'яне борошно; БВД – білково-вітамінні добавки; ГК – готовий комбікорм; АС – аспіраційна система; АВ – аспіраційні відходи

Установка малогабаритна комбікормова УМК-Ф-2 складається із живильника, сепаратора, блока магнітної очистки, конвеєра-розподільника,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

засувки, бункера (п'ятисекційного) оперативного запасу, механізму дозування, подрібнення, конвеєра дробарки, конвеєра змішувача, бункера готового продукту, бункера вихідних БВМД, вивантажувального конвеєра, рами, механізмів керування[25].

Установка малогабаритна комбікормова призначена для подрібнення фуражного зерна і приготування розсипних комбікормів по рецептах, використовуючи до 5 компонентів[25].

Установка може бути задіяна в технологічних лініях як дробарка-змішувач, тільки як дробарка і тільки як змішувач.

УМК-Ф-2 включає дозуючий пристрій, дробарку з горизонтальним вивантажувальним шнеком, похилий шнек-змішувач і електрообладнання.

Вихідна зернова сировина транспортними засобами змішується у вивантажувальну яму, звідки подається через сепаратор і магнітну очистку в розподільний конвеєр. В сепараторі вихідна сировина очищується від важких домішок, а в магнітній колоні від металоманітних[25].

Конвеєром вихідний матеріал подається в бункер оперативного запасу сировини в секцію, над якою оператором буде відкрита засувка. Подача матеріалу припиняється після подачі сигналу від відповідного датчика верхнього рівня завантаження.

Завантаження БВМД у бункер проводиться або завантажувачем сипких кормів ЗСК-10, або через вивантажувальну яму, сепаратор з магнітною очисткою і конвеєр розподільний[25].

Контроль рівня завантаження бункерів проводиться за допомогою датчиків рівня верхнього і нижнього, інформація, від яких виведена на сигнальні лампи пульта керування[25].

Подрібнений продукт, що просипається крізь сито, потрапляє на горизонтальний гвинтовий конвеєр дробарки і, разом з компонентами, що не підлягають подрібненню, подається через змішувальний пристрій вертикального конвеєра-змішувача в бункер-накопичувач готового продукту, звідки далі завантажується в транспортні засоби споживача

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

(машини типу кормовози ЗСК-10, обладнані кормороздавачами або бортові машини) [25].

Відвантаження здійснює оператор кнопкою ручного керування вивантажувальним конвеєром із диспетчерської або через заблоковану кнопку, розташовану безпосередньо біля бункера навісом на зовнішній стінці приміщення[25].

Механізм подрібнення призначений для подрібнення зерна і змішувача компонентів у процесі подрібнення. Він складається із: корпусу, подрібнювального ротора з направленим корпусом, сита і знімної кришки. Ротор і сито утворюють подрібнювальну камеру[25].

Корпус – жорстка зварна конструкція коробчастої форми, виготовлена із сталевих листів і закріплена на підлозі чотирма фундаментними болтами.

До корпусу кріпиться електродвигун. На валу двигуна набрано диски, в яких встановлено три осі з набором п'яти шарнірно підвішених молотків. Від нього, через клинопасову передачу крутний момент передається на блок „шків-зірочка”, який закріплений на плиті з можливістю граничного переміщення гвинтом для натягу пасу[25].

Кільцеве решето, встановлене в корпусі, центрується і фіксується упорами, розміщеними на плиті задньої стінки.

Кришка має порожнину для подачі зерна від дозаторів у дробильну камеру. В порожнині є дві поворотні планки, за допомогою яких сировина від двох крайніх шнеків може спрямовуватись у камеру подрібнення або безпосередньо на змішування, якщо сировина не потребує доподрібнення. Заслінки повертають рукоятками. На одній осі з рукоятками встановлені заслінки для регулювання рівномірного надходження не подрібненого матеріалу в горизонтальний шнек. Кришка кріпиться до корпусу чотирма замками[25].

У верхній частині корпусу монтується магнітний сепаратор для захисту механізму подрібнення від металічних предметів.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Пристрій для змішування призначений для видалення кормосумішей з подрібнювача і змішування її при транспортуванні. Він має горизонтальний і вертикальний шнеки. Вертикальний комбінований шнек у нижній частині має витки великого діаметра, завдяки чому частина кормосуміши не встигає підхоплюватись верхніми витками шнека і падає вниз через міжкожуховий простір, забезпечуючи додаткове перемішування кормосуміши[25].

До комплекту установки додається кришка для подрібнювальної камери, необхідної при налагоджуванні дозаторів.

Електрообладнання установки призначене для централізованого дистанційного керування механізмами. Воно складається із шафи керування, клемних коробок і кабельної продукції. Електрообладнання забезпечує: керування установкою в двох режимах – налагоджувальному і автоматичному, аварійну зупинку установки, світлову сигналізацію роботи машини, технологічне блокування машини в автоматичному режимі роботи, очистку машин від залишків продуктів при зупинці, безступінчасте регулювання двигуна механізму дозування, блокування пуску двигуна при відкритій кришці подрібнювальної камери[25].

Все електрообладнання захищене від струмів короткого замикання і пере навантажень.

Виконує установка УМК-Ф-2 технологічний процес. Компоненти завантажувачем сухих кормів подаються у бункери БСК-10 у міру необхідності – у відповідні п'ять секцій наддозаторного бункера: компонент, що має найбільший об'єм за рецептом, надходить у секцію №2, а ті компоненти, що не повинні подрібнюватись – у секції №1 і №5. При цьому премікс завантажувється в №5[25].

Перед початком роботи тарують дозувальні шнеки. Для цього на дробарку встановлюють налагоджувальну кришку для відбирання проб, потім – знову кришку подрібнювача. Виконують розрахунок, виставляють ручки дозаторів.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Перемикачем на панелі шафи керування встановлюють автоматичний режим роботи, а за датчиком – номінальне завантаження привода ротора. Режим завантаження контролюють за індикатором, розміщеним на панелі шафи керування.

Із наддозаторного бункера компоненти через канал у передній кришці подаються в камеру подрібнення. Подрібнений продукт просівається через решето, горизонтальним і вертикальним шнеками подається в бункер-нагромаджувач. При цьому в процесі подрібнення і транспортування відбувається перемішування компонентів[25].

Якщо в рецепті є компоненти, що не вимагають подрібнення, то вони за допомогою поворотних планок спрямовуються безпосередньо на горизонтальний шнек. Змішування в цьому випадку відбувається безпосередньо в процесі транспортування[25].

Таблиця 3.1

Технічна характеристика установки УМК-Ф-2

Продуктивність за годину основного часу, т	1,87 – 3,56
Загальна встановлена потужність, кВт	22,87
Діаметр змінних решіт, мм	3; 4; 5
Якість змішування, %	88,3 – 91,1
Питома енергомісткість, кВт*год/т	5,0 – 8,7
Габаритні розміри, мм: установки без бункера готової продукції дробарки з наддозаторним бункером	11130×10000×6350 3450×1800×3500
Маса, кг	5800

### 3.2 Технологічні розрахунки

Геометричні та кінематичні параметри дробарки визначаємо відповідно рекомендацій [24] та результатів теоретичних досліджень, наведених у розділі 2.

Розміри робочої камери (діаметр  $D$  та ширину  $L$ ) визначаємо через питому подачу  $Q'$  залежно від заданої продуктивності молоткового подрібнювача  $Q$ :

$$D = \sqrt{KQ/Q'}, \quad (3.1)$$

де  $K$  – відношення діаметра до ширини камери:

$$K = \frac{D}{L}, \quad (3.2)$$

$Q$  – продуктивність молоткового подрібнювача. Приймаємо її мінімальною ( $Q=0,56 \text{ кг/с}$ ) для компонента, що найскладніше подрібнювати – зерна ячменю;

$Q'$  – питома подача. Приймаємо  $Q'=4 \text{ кг/с}\cdot\text{м}^3$ .

Це відношення в першу чергу залежить від способу подачі (центральна, периферійна) сировини в камеру подрібнення. У подрібнювачах з периферійною подачею, де сировина відносно рівномірно розподіляється по ширині робочої камери, рекомендується вибирати  $K=0,8-1,5$ . Такий подрібнювач має молотковий барабан і за класифікацією С.В. Мельникова відноситься до першого типу (рис. 3.2), що має істотні динамічні переваги.

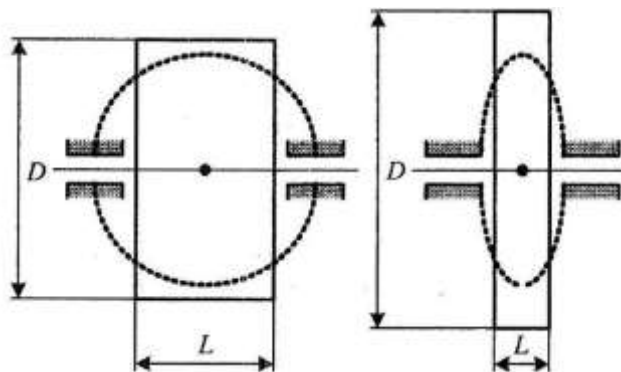


Рис. 3.2. Типи барабанів молоткових дробарок: а – першого типу (зрівноважений); б – другого типу (не зрівноважений)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

Завдяки цьому осьовий момент інерції барабана відносно невеликий. Він порівняно легко піддається динамічному зрівноваженню, оскільки має майже еліпсоїд інерції з рівними осями, близький за формою до кулі, і для такого барабана достатньо забезпечити лише статичне зрівноваження. Проте в конструктивному відношенні барабани першого типу є більш металомісткими.

Під час центральної подачі перероблюваний матеріал розподіляється дуже нерівномірно по ширині камери (рис. 3.3). Тому рекомендується приймати  $K = 4-7$ . Оскільки ми змінили динамічні параметри молотків, приймаємо  $K=3$ . У таких подрібнювачах використовуються барабани другого типу. Пакети молотків віддалені від осі обертання барабана на значну відстань, що спричиняє збільшення осьових моментів інерції. Такі барабани мають двовісні еліпсоїди інерції, сплюснуті у площині обертання. У конструктивному відношенні такі барабани менш металомісткі, але потребують ретельного балансування.

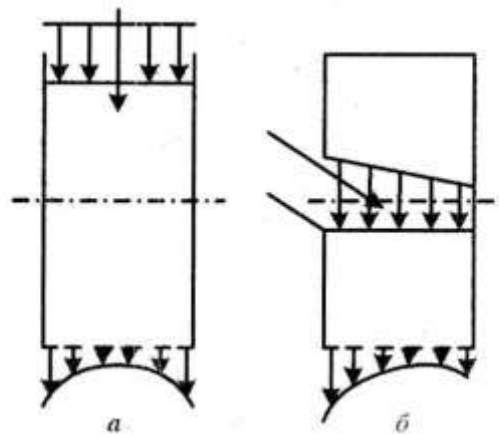


Рис. 3.3. Діаграми розподілу сировини та продуктів подрібнення по ширині робочої камери дробарки при периферійній (а) та центральній (б) подачах

Обчислюємо

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

$$D = \sqrt{(3 \cdot 0,56/4)} \approx 0,42 \text{ м.}$$

Приймаємо  $D = 0,45 \text{ м.}$

Тоді з формули (3.1) визначаємо

$$L = D/K.$$

Обчислимо

$$L = 0,42/3 = 0,14 \text{ м.}$$

Відповідно до розмірів камери подрібнення визначають діаметр  $D_6$  і довжину  $L_6$  барабана: (рис. 3.4):

$$D_6 = D - 2\Delta R$$

$$L_6 = L - 2\Delta L$$

де  $\Delta R$  – величина радіального зазору між кільцями молотків і поверхнею робочої камери;

$\Delta L$  – величина бокових зазорів від площини крайніх молотків до стінок камери. Приймаємо мінімальний  $\Delta L = 2 \text{ мм}$ , щоб зменшити нагромадження перероблюваного шару біля бокових стінок камери.

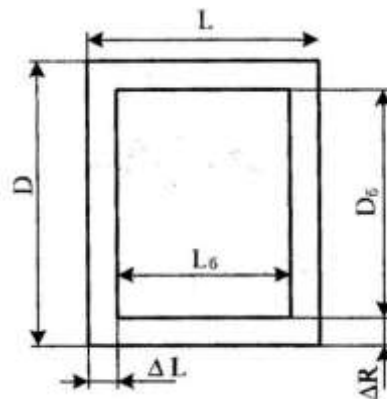


Рис. 3.4. До визначення розмірів молоткового барабана

Для підвищення інтенсивності подрібнення радіальні зазори у зоні дек доцільно зводити до мінімуму  $\Delta R_{min}$ , який визначається умовою безпечної роботи (кінці молотків не повинні торкатися поверхні камери):

$$\Delta R_{min} = (\sqrt{l_1^2 + \frac{b_m^2}{4}} - l_1) + e_0, \quad (3.3)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

де  $l_1$  – відстань від осі підвісу до кінця молотка ( $l_1=140$  мм);

$b_m$  – ширина кінця молотка ( $b_m=18$  мм);

$e_0$  – допуск на неточність розмірів (для прямокутних молотків без ступінчастих кінців  $e_0 = 1-2$  мм, приймаємо  $e_0=2$  мм).

Обчислимо

$$\Delta R_{\min} = \sqrt{(140^2 + 18^2/4)} - 140 + 2 \approx 3 \text{ мм.}$$

У зоні решітної поверхні раціональна величина радіального зазору з умови підвищення пропускної здатності цієї поверхні (поліпшення умов просівання продукту) рекомендується в межах  $\Delta R = 8-20$  мм. Приймаємо  $\Delta R = 8$  мм.

Обчислимо

$$D_6 = 450 - 8 = 434 \text{ мм,}$$

$$L_6 = 140 - 2 \cdot 2 = 136 \text{ мм.}$$

Відстань від осі підвісу до кінця молотка  $l_1$  визначаємо на основі теорії ексцентричного удару, виходячи з умови, щоб реакція від ударних імпульсів не передавалася на вісь підвісу молотка. При цьому допускається, що удари наносяться зовнішнім кінцем молотка, а центр удару знаходиться на перетині повздовжньої осі молотка з його зовнішньою гранню. Тоді для суміщення центра коливання молотка з центром удару необхідно, щоб

$$\rho^2 = l l_1, \quad (3.4)$$

де  $\rho$  – радіус інерції молотка відносно осі його підвісу;

$l$  – відстань від осі підвісу до центра мас молотка.

Підставляючи послідовно (3.29) та (3.31) в (3.16), а потім вираз для  $\rho$  з (3.16) в ліву частину (3.4) і вираз для  $l_1$  з (3.17) – у праву частину (3.15), отримаємо квадратне рівняння відносно  $l$

$$l(0,5b + l) = \left( \frac{1}{12} b \left( a^3 - \frac{3}{2} a^2 b \operatorname{tg} \alpha + a b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + a b^2 - \frac{1}{4} b^3 \operatorname{tg}^3 \alpha - \frac{3}{4} b^3 \operatorname{tg} \alpha \right) + \right. \\ \left. + b l^2 \left( a - \frac{1}{2} b \operatorname{tg} \alpha \right) - \pi r^2 (0,5r^2 + 4l^2) \right) / \left( a b - \frac{1}{2} b^2 \operatorname{tg} \alpha - 2\pi r^2 \right)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

Підставляючи до нього всі значення вихідних даних ( $b=160$  мм,  $\delta=5$  мм,  $\gamma=7,8$  г/см<sup>3</sup>,  $a=36$  мм,  $\alpha=6^\circ$ ), розв'язуємо рівняння за допомогою системи MathCAD і отримуємо значення  $l=59$  мм (приймаємо  $l=60$  мм), яке забезпечить роботу зрівноважених на удар молотків. Обчислимо

$$l_1 = \frac{1}{2} 160 + 60 = 140 \text{ мм.}$$

Показники роботи дробарки залежать від конструктивних параметрів ротора, як основного подрібнювального органу, фізико-механічних властивостей подрібнюваного матеріалу, ступеню подрібнення, показників кінематичного і динамічного режимів роботи, а якість і ефективність в значній мірі – від руйнуючої швидкості

$$V_{руш} = \sqrt{K_D \cdot \delta_{ст} \cdot \ln\left(\frac{a}{x_1}\right) / \rho}, \quad (3.4)$$

де  $K_D \approx 1,3 \dots 2,0$  коефіцієнт пропорційності;

$\delta_{ст}$  – межа міцності зерна в статичних умовах, МПа;

$a$  – довжина зерна, мм;

$x_1$  – розмір недеформованої частини зерна, мм;

$\rho$  – густина подрібнюваного матеріалу, кг/м<sup>3</sup>.

Вказаний вираз можна записати у такому вигляді:

$$V'_{руш} = \sqrt{K_3(0,81 + 2,31 \lg \lambda)}, \quad (3.5)$$

де  $K_3 = K_D \cdot \delta_{ст} / \rho$  – характеристика фізико-механічних властивостей матеріалу;

$\lambda$  – ступінь подрібнення.

$$V'_{руш} = 31,2 \sqrt{0,81 + 2,31 \lg 3,06} = 43,3 \text{ м/с}$$

Швидкість молотків знаходять за формулою

$$V_M = V_{руш} / (1 - \beta_{сл}), \quad (3.6)$$

де  $\beta_{сл} = V_{сл} / V_M = 0,4 \dots 0,5$ .

$$V_M = 43,3 / (1 - 0,4) = 72,2 \text{ м/с,}$$

що відповідає експериментально визначеному інтервалу.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

### 3.3 Кінематичні розрахунки

Привод на вал ротора дробарки відбувається напряму від вала електродвигуна через муфту (рис. 3.5). Визначаємо швидкість обертання вала електродвигуна на основі технологічних розрахунків

$$n = 60 \cdot v / (\pi \cdot D).$$

Обчислимо

$$n = 60 \cdot 72,2 / (\pi \cdot 0,434) \approx 3177 \text{ хв}^{-1}.$$

Підбираємо найближчий за технічними характеристиками електродвигун 4А132М2У3 потужністю  $N_{\text{дв}} = 11$  кВт і швидкістю обертання  $n_{\text{дв}} = 2900$  об/хв.

[26]

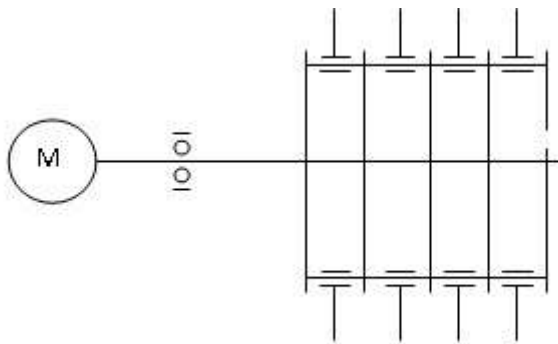


Рис. 3.5. Кінематична схема механізму привода ротора дробарки.

Визначаємо загальне передаточне число механізму привода шнека дробарки (рис. 3.6)

$$i_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{ов}}}{n_{\text{ш}}} ; \quad (3.7)$$

де  $n_{\text{ов}} = 700$  об/хв. – частота обертання вала електродвигуна 4АМ80В8У3;

$n_{\text{ш}} = 290$  об/хв. – частота обертання вала шнека;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

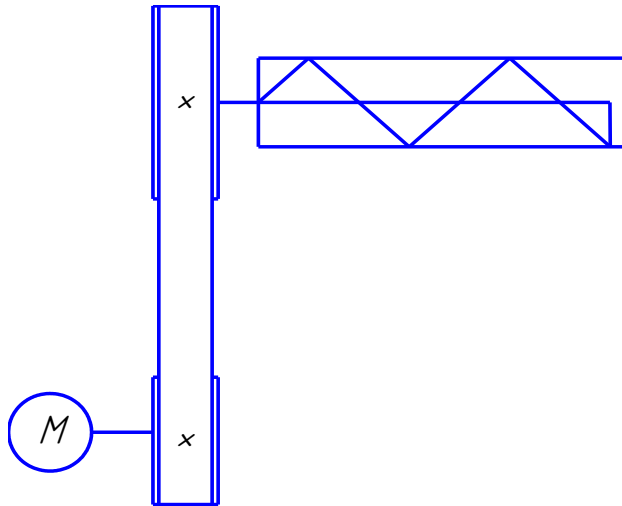


Рис. 3.6 Схема привода шнека

$$i_{\text{заг}} = \frac{700}{290} = 2,4.$$

Розраховуємо діаметр веденого шківa  $d_2$ , мм

$$d_2 = d_1 \cdot i_{\text{заг}}, \quad (3.8)$$

де,  $i_{\text{заг}} = 2,4$  – загальне передаточне число;

$d_1 = 90$  мм – діаметр ведучого шківa;

$$d_2 = 90 \cdot 2,4 = 216 \text{ мм.}$$

Зі стандартного ряду вибираємо діаметр веденого шківa  $d_2 = 215$  мм.

Вибравши зі стандартного ряду діаметр веденого шківa, перераховуємо передаточне число

$$i_{\phi} = \frac{d_2}{d_1}; \quad (3.9)$$

$$i_{\phi} = \frac{215}{90} = 2,4;$$

Перераховуємо частоту обертання вала шнека

$$n_{\text{ш}} = \frac{n_{\text{дв}}}{i_{\phi}}; \quad (3.10)$$

$$n_{\text{ш}} = \frac{700}{2,4} = 292 \text{ об/хв.}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

### 3.4 Розрахунок енергетичних показників

Потужність, яка використовується на процес подрібнення, знаходиться за формулою[24]

$$N_{\text{нод}} = g_p \cdot \Psi \cdot D \cdot L(1 + f_{\text{сл}})V_{\text{від}}^2, \quad (3.11)$$

де  $g_p$  – розрахункова продуктивність, кг/с;

$\Psi = Z \cdot n \cdot t \cdot \pi \cdot h_{\text{сн}} \cdot \rho \cdot \mu_3 / 120$  – коефіцієнт, який характеризує процес подрібнення[24];

$Z$  – число молотків;

$n$  – частота обертання ротора, хв.<sup>-1</sup>;

$t$  – час знаходження матеріалу в дробильній камері, с;

$h_{\text{сн}}$  – товщина повітряно-продуктового шару, м;

$\mu_3$  – масова доля частинок матеріалу в шарі, кг/кг;

$f_{\text{сл}}$  – опір шару матеріалу, який проходить в зазорі між кінцями молотків і декою[24];

$V_{\text{від}}$  – швидкість молотків відносно шару, м/с[24].

$$N_{\text{нод}} = 0,566 \cdot 4,5 \cdot 0,5 \cdot 0,37(1 + 1,7)77,5^2 = 7559,4 \text{ Вт}$$

Приблизно повну витрату енергії на роботу дробарки можна знайти виразом[24]

$$N = (1,15 - 1,20)N_{\text{нод}} \quad (3.12)$$

$$N = 1,12 \cdot 7559,4 = 9071,3 \text{ Вт},$$

тобто попередньо обраний двигун забезпечить необхідну потужність.

Розрахункова продуктивність знаходиться за формулою[24]

$$g_p = K_{\text{нод}} \cdot D \cdot L; \quad (3.13)$$

$$g_p = 2,5 \cdot 0,5 \cdot 0,37 = 0,566 \text{ кг/с}$$

де  $K_{\text{нод}} = \pi \cdot h_{\text{сн}} \cdot \rho \cdot \mu_3 / t$  – коефіцієнт пропорційності, який характеризує вихід готового продукту з 1м<sup>2</sup> площі діаметрального розрізу дробильної камери, кг/(с·м<sup>2</sup>). Для зернових дробарок  $K_{\text{нод}} = 2,4 \dots 2,6$ [24].

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Виходячи з цього, продуктивність дробарок можна розрахувати по емпіричній формулі[24]

$$Q = 7,2 \cdot 10^{-2} \rho \cdot D^2 \cdot L \cdot \omega, \quad (3.14)$$

де Q – продуктивність дробарки, кг/год.;

$\omega$  – частота обертання ротора,  $\text{хв}^{-1}$ .

$$Q = 7,2 \cdot 10^{-2} \cdot 1320 \cdot 0,25 \cdot 0,37 \cdot 2960 = 2602,2 \text{ кг / год}$$

Питома енергоємність робочого процесу дробарки з врахуванням степені подрібнення розраховується за формулою[24]

$$W = \frac{N}{Q \cdot \lambda}; \quad (3.15)$$

де N – потужність, яка витрачається на роботу дробарки з урахуванням затрат енергії на весь технологічний процес, кВт[24];

Q – продуктивність, т/год.

При необхідності розрахунок енергоємності самого процесу подрібнення, тобто без урахування  $N_{\text{х.х}}$ ,  $N_{\text{ц}}$  і  $N_{\text{вент}}$ , виконується за формулою[24]

$$E_u = \frac{N_{\text{под}}}{Q \cdot \lambda} \quad (3.16)$$

$$E_u = \frac{6250,8}{2,6022 \cdot 3,09} = 771,7 \text{ Вт/ГОД}$$

### 3.5 Розрахунок деталей та вузлів на міцність

#### 3.5.1 Розрахунок клинопасової передачі

Швидкість пасу визначається за формулою[26]

$$V = \pi d_1 n_1 / (60 \cdot 10^3) \leq [V], \quad (3.17)$$

де  $d_1$  – діаметр ведучого шківа, мм[26];

$n_1$  – частота обертання ведучого шківа, об/хв. [26];

[V] – допустима швидкість, м/с; [V] = 25 м/с.

$$V = 3,14 \cdot 90 \cdot 2940 / (60 \cdot 10^3) = 13,8 \text{ м/с}$$

$$[P_0] = 1,75 \text{ кВт}$$

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Знаходимо допустиму потужність, яка передається одним клиновим пасом[26]

$$[P_n] = P_0 \cdot C_p \cdot C_\alpha \cdot C_l \cdot C_Z, \quad (3.18)$$

де  $C_p, C_\alpha, C_l, C_Z$  – відповідно поправочні коефіцієнти[26].

$$C_p = 0,8; C_\alpha = 0,95; C_l = 1; C_Z = 0,95$$

$$[P] = 1,75 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,95 = 1,26 \text{ кВт}$$

Визначаємо силу тиску на вал одного клинового паса[26]

$$F_{on} = 2F_o Z \sin \frac{\alpha_1}{2}; \quad (3.19)$$

$$\text{де } F_o = \frac{850 P_{\text{ном}} C_l}{Z \cdot V \cdot C_\alpha \cdot C_p};$$

$Z$  – число клинових пасів[26];

$\alpha_1$  – кут обхвату пасом ведучого шківа[26];

$$F_o = \frac{850 \cdot 30 \cdot 1}{2 \cdot 13,8 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 2431 \text{ Н}$$

$$F_{on} = 2 \cdot 2431 \cdot 1 \cdot \sin \frac{14^\circ}{2} = 4569 \text{ Н}$$

Визначаємо колову силу[26]

$$F_t = \frac{2M}{d}; \quad (3.20)$$

де  $M$  – момент на валу[26];

$d$  – діаметр кола, на якому просвердлені отвори для встановлення осей[26].

Момент на валу визначається за формулою[26]:

$$M = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega}; \quad (3.21)$$

де  $P_{\text{дв}}$  – потужність двигуна,  $P_{\text{дв}} = 11$  кВт;

$\omega$  – кутова швидкість вала[26].

$$\omega = \frac{\pi n_{\text{дв}}}{30}; \quad (3.22)$$

де  $n_{\text{дв}}$  – частота обертання вала[26]

$$\varpi = \frac{3,14 \cdot 2900}{30} = 309,8 \bar{c}'$$

$$M = \frac{11 \cdot 10^3}{309,8} = 35,5 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$\text{Тоді } F_t = \frac{2 \cdot 35,5 \cdot 10^3}{340} = 208 \text{ H}$$

Визначаємо радіальну силу за формулою[26]

$$F_r = m_1 \cdot g, \quad (3.23)$$

де  $m_1$  – маса барабана;  $m_1 = 52,6$  кг.

$$F_r = 52,6 \cdot 10 = 526 \text{ H}$$

### 3.5.2. Розрахунок на міцність вала конгрпривода шнека дробарки

Вихідні дані:

Частота обертання вала шнека  $n_{ш} = 292$  об/хв.

Частота обертання вала двигуна  $n_{дв} = 700$  об/хв.

Потужність двигуна привода вала шнека  $N = 0,55$  кВт.

Матеріал вала сталь 3

Допустиме напруження  $[\sigma] = 65$  МПа.

Вал конгрпривода піддається дії колового моменту  $M_{гр}$  і згину від обертової сили  $P_i$  ваги та опору матеріалу  $P_m$  [26] (рис. 3.7).

Визначаємо крутний момент на валу[26]

$$M_{кр} = 9,56 \cdot \frac{N_{дв}}{n_{дв}} = 9,56 \cdot \frac{0,55 \cdot 10^3}{280} = 18,8 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Визначаємо обертову силу[26]

$$P = \frac{2M_{кр}}{d_2} = \frac{2 \cdot 18,8}{0,225} = 167 \text{ H},$$

$$P_{ш} = P_{ш} + P''_{ш},$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

де  $P'_{ш}$  – складова від ваги шнека  $P'_{ш} = \frac{B_{ш}}{2} = 65,5 \text{ Н}$ ;

$P''_{ш}$  – складова від опору матеріалу переміщення[26].

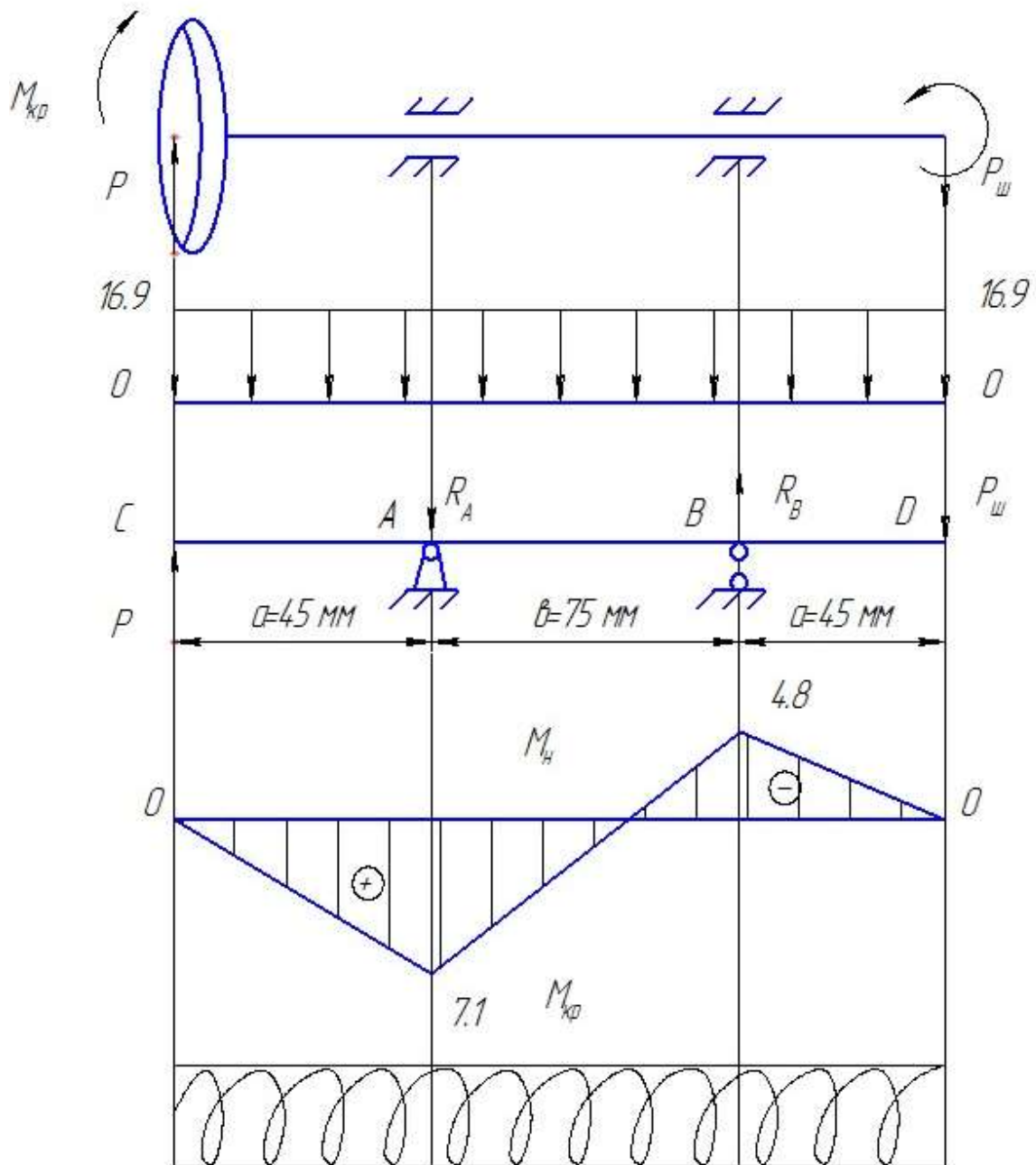


Рис. 3.7 Розрахункова схема, еюра крутного моменту  $M_{кр}$  і еюра згинального моменту  $M_n$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

$$P''_{ш} = \frac{2M_{кр}}{d_{cp}}, \text{ де } d_{cp} = \frac{D+d}{2} = \frac{125+45}{2} \cdot 10^{-2} = 85 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

$$\text{Тоді } P_{ш} = 65,5 + 44,5 = 110 \text{ Н.}$$

Будуємо епюру крутного моменту  $M_{кр}$  та епюру згинального моменту  $M_n$ [26]

Визначаємо реакцію опор[26]

$$\sum M_A = 0: P \cdot a - R_B \cdot b + P_{ш}(b+c) = 0$$

$$R_B = \frac{P \cdot a + P_{ш}(b+c)}{b} = \frac{167 \cdot 45 + 110 \cdot 120}{75} = 276 \text{ Н.}$$

$$\sum M_B = 0: P(a+b) + P_{ш} \cdot c - R_A \cdot b = 0$$

$$R_A = \frac{P \cdot (a+b) + P_{ш} \cdot c}{b} = \frac{167 \cdot 120 + 110 \cdot 45}{75} = 333 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\sum Y = 0: P - R_A + R_B - P_{ш} = 0, \quad 167 - 333 + 276 - 110 = 0.$$

Визначаємо моменти в характерних перерізах[26]:

$$\text{т. С: } M_n = 0;$$

$$\text{т. А: } M_n = P \cdot a = 167 \cdot 45 \cdot 10^{-2} = 7,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{т. В: } M_n = -P_{ш} \cdot c = -110 \cdot 4,5 \cdot 10^{-2} = -5,0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{т. D: } M_n = 0.$$

Визначаємо величину розрахункового моменту в небезпечному перерізі А, де  $M_n = 7,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $M_{кр} = 18,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Величина розрахункового моменту по III теорії міцності[26]

$$M_{III} = \sqrt{M_n^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{7,5^2 + 18,8^2} = 20,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметр вала з умови міцності при згині з крученням[26]

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{III}}{\pi \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 20,2}{3,14 \cdot 65 \cdot 10^{-6}}} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Із конструктивних міркувань приймаємо  $d=4,0 \cdot 10^{-2}$  м.

### 3.5.3 Розрахунок підшипників на довговічність

Визначаємо осьову складову радіальних реакцій підшипників[26]

$$S_2 = 0,83 \cdot e \cdot F_{r_2}; \quad (3.24)$$

$$S_2 = 0,83 \cdot 0,383 \cdot 5604 = 1781 \text{ Н}$$

$$S_1 = 0,83 \cdot e \cdot F_{r_1}; \quad (3.25)$$

$$S_1 = 0,83 \cdot 0,383 \cdot 1662 = 528 \text{ Н}$$

Визначаємо осьові навантаження підшипників[26]

$$\text{При } S_2 > S_1 \quad F_a < S_2 - S_1$$

$$\text{Отже, } F_{a_2} = S_2 = F_{a_1} = 1781 \text{ Н}$$

Розглянемо лівий з підшипників:

$$\frac{F_{a_2}}{F_{r_2}} = \frac{1781}{5604} = 0,32 < e, \text{ тому осьові навантаження не враховуємо.}$$

Еквівалентне навантаження визначаємо по формулі[26]

$$P_{\Sigma_2} = F_{r_2} \cdot V \cdot K_\delta \cdot K_\tau, \quad (3.26)$$

де  $V$  – коефіцієнт, який враховує обертання кілець[26],

$$V = 1,0;$$

$$K_\delta – \text{коефіцієнт безпеки, } K_\delta = 1;$$

$$K_\tau – \text{коефіцієнт температурний, } K_\tau = 1.$$

$$P_{\Sigma_2} = 5604 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 5604 \text{ Н} = 5,6 \text{ кН}$$

Розрахунок на довговічність, млн. об. [26]

$$L = \left( \frac{C}{P_{\Sigma_2}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left( \frac{C}{P_{\Sigma_2}} \right)^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{C}{P_{\Sigma_2}}} \quad (3.27)$$

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$L = \left( \frac{98,4}{5,6} \right)^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{98,4}{5,6}} = 14104,6 \text{ млн. об.}$$

Розрахункова довговічність, год. [26]

$$L_n = \frac{L \cdot 10^6}{60n} \quad (3.28)$$

$$L_n = \frac{14104,6 \cdot 10^6}{60 \cdot 2940} = 79958 \text{ год.}$$

Розглянемо правий з підшипників [26]

Відношення  $\frac{F_{a1}}{F_{r1}} = \frac{1781}{528} = 3,73 > e$ , тому потрібно врахувати осьове

навантаження.

Еквівалентне навантаження визначаємо по формулі [26]

$$P_{\text{э1}} = (x \cdot V \cdot F_{r1} + Y \cdot F_{a1}) \cdot K_{\delta} \cdot K_{\tau}, \quad (3.29)$$

де  $x$  – коефіцієнт радіального навантаження,  $x = 0,4$ ;

$Y$  – коефіцієнт осьового навантаження,  $Y = 1,565$ .

$$P_{\text{э1}} = (0,4 \cdot 1 \cdot 1662 + 1,565 \cdot 1781) \cdot 1 \cdot 1 = 3452 \text{ Н} = 3,452 \text{ кН}$$

Розрахунок на довговічність, млн. об. [26]

$$L = \left( \frac{C}{P_{\text{э1}}} \right)^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{C}{P_{\text{э1}}}}; \quad (3.30)$$

$$L = \left( \frac{98,4}{3,452} \right)^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{98,4}{3,452}} = 70644$$

Розрахункова довговічність, год. [26]

$$L_n = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}; \quad (3.31)$$

$$L_n = \frac{70644 \cdot 10^6}{60 \cdot 2940} = 400476 \text{ год.}$$

Знайдена довговічність задовольняє.

### 3.6 Короткі висновки по розділу

Проведені розрахунки дозволили уточнити геометричні та кінематичні параметри молоткової дробарки. Перевірка показала, що вузли і деталі модернізованої машини мають достатню для безпечної експлуатації міцність та довговічність.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Характеристика і аналіз ризиків виникнення небезпечних та шкідливих факторів під час експлуатації установки по виробництву комбікормів

У процесі виконання робіт на модернізованій установці по виробництву комбікормів згідно з технічним регламентом на працівників можуть діяти наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори[27]:

- рухомі машини й механізми лінії по виробництву комбікормів[27];
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони пилом від зернових культур та комбікормів, та автомобільного транспорту [27];
- підвищена чи знижена температура поверхонь обладнання, яка виникає внаслідок нагрівання від тертя та удару[27];
- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони при виконанні робіт в різні періоди року[27];
- підвищений рівень шуму на робочому місці (робочі приводи механізмів дробарки, та установки) [27];
- підвищений рівень вібрації (внаслідок роботи приводу дробарки);
- підвищена чи знижена вологість повітря (виконання робіт в різних кліматичних умовах);
- підвищена чи знижена рухомість повітря[27];
- підвищене значення напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини (електропривод двигунів установки, електрична мережа освітлення) [27];
- підвищений рівень статичної електрики[27];
- відсутність або нестача природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони (виконання робіт при недостатньому природному освітленні) [27];
- підвищена яскравість світла[27];

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

УМК 00.000 ПЗ

Арк.

- понижена контрастність[27];
- прямий і відбитий блискіт[27];
- гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях обладнання установки[27];

- розміщення робочих місць на значній висоті відносно поверхні землі[27].

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори[27]:

- подразливі, та такі, що впливають на репродуктивну функцію (пестициди, підвищені концентрації пилу з умістом SiO<sub>2</sub>, ПММ) [27].

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори[27]:

- фізичні перевантаження (статичні й динамічні) [27];
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці) [27].

Джерелами шкідливих і небезпечних факторів можуть бути[27]:

- зовнішні метеорологічні фактори (вітер, опади, гроза, сонячна радіація, низька або висока температура зовнішнього повітря) [27];

- транспорт, що рухається (підвезення зерна на переробку та відвезення комбікормів);

- інвентар, інструмент та обладнання, не придатні до застосування при виконанні робочих операцій[27];

- ручні роботи, що викликають фізичні і нервово-психічні перевантаження (завантаження вручну зерна на переробку);

- відкриті обертові і рухомі частини обладнання[27];

- несправність або відсутність освітлювальних і контрольно-вимірювальних приладів[27];

- відсутність інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки, технічних описів та інструкції з експлуатації установки по виробництву комбікормів[27];

- відсутність попереджувальних знаків і написів про існуючі небезпеки[27].

## **4.2 Заходи по створенню нормальних і нешкідливих санітарно-гігієнічних умов праці**

Рівень шуму на робочому місці і в робочій зоні оператора відповідає вимогам технічних регламентів. Температура поверхонь, які оточують постійне робоче місце оператора, не перевищує 35°C.

Розташування елементів робочого місця і розміри зон моторного поля робочого місця для забезпечення раціональної робочої пози і виконання дій по управлінню відповідають вимогам ДСТУ 2189-93.

Загальне число робочих рухів оператора в хвилину не перевищує – 10.

Кольорове оформлення і фарбування відповідає наступним вимогам:

- загальний фон кольору корпусу дробарки відрізняється від загального фону, на якому він експлуатується (колір приміщення);
- зовнішні поверхні машини, які в процесі експлуатації знаходяться в полі зору, покриті фарбою з матовою фактурою, яка виключає можливість появи блисків на робочому місці;
- кольори частин машини, поверхні панелей пульта управління, які постійно знаходяться в полі зору оператора виконані контрастно до загального фону машини.

## **4.3 Заходи по забезпеченню безпечних умов праці на комбікормовій установці**

Робочі органи, які в процесі роботи можуть забиватися технологічними матеріалами легкодоступні для очищення. Привод зерноочисної машини обладнаний засобами зупинки при аварійній ситуації. Розташування пристроїв для змащення забезпечує зручний, безпечний доступ до них. У важкодоступних місцях застосовано одноразове мастило. Машина обладнана системою передпускової сигналізації.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Електропривод і електрообладнання відповідає «Правилам побудови електроустановок». В електричній схемі машини передбачений захист від перевантаження і короткого замикання.

Для захисту людини і тварин від враження електричним струмом у випадку виходу із ладу робочої ізоляції виконано захисне вимикання і заземлення.

Огородження механізмів, які вимагають щозмінних оглядів, налагодження і ремонту приєднані до нерухомих частин машини петлями, мають надійну фіксацію у відкритому положенні. Зусилля для відкривання вручну не перевищує 60 Н. Огородження небезпечних робочих органів і механізмів машини мають блокування, яке виключає роботу приводу при відкритих робочих органах.

Попереджувальна сигналізація зблокована з системою запуску установки так, що довжина звукового сигналу складає 15 с, після чого сигналізація автоматично відключається. В разі використання засобів екстреної зупинки повторне вмикання в роботу можливе лише після приведення даної екстреної зупинки в початкове положення.

#### **4.4 Заходи по пожежній профілактиці**

Виконання і ступінь захисту пускозахисної апаратури і двигунів 1P44 (СУ1), що виключає можливість виникнення пожежі при роботі в 5-ій категорії приміщень.

Модернізована комбікормова установка відповідає вимогам пожежної безпеки згідно ДСТУ ISO 6309:2007, ДСТУ ІЕС 80416-1:2005, ДСТУ ISO 3864-1:2005 та «Загальних правил пожежної безпеки для об'єктів сільськогосподарського виробництва». Встановлення первинних засобів пожежогасіння передбачено в місці розташування установки. Місця для встановлення первинних засобів пожежогасіння легкодоступні і забезпечують їх знімання без використання додаткових пристроїв. Час на знімання не

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

повинен перевищувати 8 с. Первинні засоби пожежогасіння: вогнегасник марки ОП-5 – 1шт, санітарна лопата – 1шт.

#### **4.5. Висновки по розділу**

В результаті проведеного аналізу небезпечних та шкідливих факторів розроблено заходи по зниженню їх до значень, які вимагає система технічних регламентів охорони праці, що запобігає виникненню небезпечних і аварійних ситуацій.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В процесі виконання дипломного проекту було внесено зміни до конструкції установки малогабаритної комбікормової УМК-Ф-2, а саме: дробарки. Ці зміни конструкції дозволяють зменшити масу машини на 37 кг та потужність електродвигунів на 4 кВт, зменшити витрати часу на технічне обслуговування машини на 4 хв. та ліквідування поломок і деформацій на 6 хв. за робочу зміну.

В таблиці 5.1 наведено вихідні дані для розрахунку економічної ефективності модернізованої машини та визначення її техніко-економічного рівня[28].

Таблиця 5.1.  
Техніко-економічні показники машин, які порівнюються[28]

№ зп	Показники	Одиниці виміру	Машина	
			Базова УМК-Ф-2	Модернізована УМК-Ф-2
1	2	3	4	5
1	Агрегаткування		стаціонарна	стаціонарна
2	Маса машини	кг	5800	5763
3	Маса покупних виробів	кг	300	263
4	Оптова ціна машини	грн.	360000	
5	Собівартість виготовлення машини	грн.	270000	
6	Вартість покупних виробів у собівартості машини	грн.	18900	16569
7	Продуктивність машини за 1 год. чистого часу	т/год.	2,5	-
8	Коефіцієнт використання часу зміни: - робочого - експлуатаційного		0,82 0,76	-
9	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1
10	Середньогодинна заробітна плата: - оператора - конструктора; технолога	грн.	18,6 20,5	18,6 20,5
11	Потужність електродвигунів	кВт	22,87	18,57

УМК 00.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата	

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
12	Кількість найменувань оригінальних деталей, які розроблені в процесі модернізації	шт.	-	5
13	Кількість найменувань деталей в машині всього, в т.ч.: - оригінальних - стандартних	шт.	560 473 83	560 473 83
14	Кількість деталей в машині	шт.	1380	1380
15	Середньорічна програма випуску машини	шт.	-	30

Величини основних абсолютних та відносних показників, які характеризують вплив виконаних у інженерній частині роботи розробок на техніко-економічний рівень базової машини, визначимо у Додатку А.

Очікуваний річний економічний ефект виробника

$$E_{pv} = 6249 \text{ грн.}$$

Очікуваний річний економічний ефект споживача модернізованої машини

$$E_{pcn} = 7356 \text{ грн.}$$

Як видно із розрахунків, і виробник і споживач модернізованої машини можуть отримати значний позитивний економічний ефект, що свідчить про ефективність конструкторських розробок, які виконані в магістерській роботі. Тому ці розробки доцільно рекомендувати до впровадження у виробництво.

## 6 ВИСНОВКИ

У даній магістерській кваліфікаційній роботі нами розв'язано такі наукові та технічні задачі:

1. Проведено комплексну оцінку існуючих варіантів обладнання для приготування комбікормів і визначені його раціональні конструктивно-функціональні ознаки.

2. Вдосконалено технологічну схему виробництва комбікормів з поєднанням подрібнення та змішування компонентів комбікормів, спрямовану на збереження енергетичних ресурсів (зменшено потужність електродвигуна дробарки з 15 до 11 кВт).

3. Змінено форму молотків з прямокутної на шестикутну, що за умов однакової якості переробки (подрібнення та змішування) забезпечують підвищення продуктивності установки і зниження питомих енергозатрат.

4. Конструкцію привода шнека дробарки з двома клиновими пасами змінено на один клиновий пас, що дозволить зменшити витрати часу на технічне обслуговування машини.

5. Розраховано конструктивні та кінематичні параметри основних робочих органів та перевірено їх на міцність.

6. Розглянуто і проаналізовано основні шкідливі і небезпечні фактори, які можуть виникнути при експлуатації установки, та розроблено і запропоновано заходи по їх усуненню.

У результаті розробок дипломного проекту підвищиться якість та знизиться собівартість виготовлення комбікормів.

За результатами проведених економічних розрахунків споживач установки одержить річний економічний ефект в сумі 7356 грн., а виробник – 6249 грн.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зберігання і переробка продукції рослинництва / Г.І. Подпряттов, Л.Ф.Скалецка, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич. Київ: Мета, 2002. 495 с.
2. Гвоздєв О. В, Вдосконалення процесу подрібнення зерна. *Зб. наук. пр. ВНАУ. Серія «Технічні науки»*. 2011. № 9. С. 143–150
3. Залигін О.Г., Тетянич І.К., Заборський В.П. Мала механізація у присадибному господарстві. Київ: Урожай, 1987. 248 с.
4. Курсове та дипломне проектування по механізації тваринницьких ферм / І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. О.В. Нанки. Харків : НМЦ ХНТУСГ, 2003. 356 с.
5. Мокін, Б. І. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посібник / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін. 2-е вид., змін. та доп. Вінниця : ВНТУ, 2015. 317 с.
6. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І.Ревенко, Г.М. Кукта, В.М. Манько та ін.; За ред.. І.І.Ревенка. Київ: Урожай. 1994. 264 с.
7. ДСТУ 46.007–2000 Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання для приготування кормів. Методи функціональних випробувань
8. Павліченко Л.М., Пилипенко О.М., Ревенко Ю.І. Обґрунтування структури елементів технічних рішень зернових дробарок малої продуктивності. *Вісник ХДТУСГ: Мех. с.-г. вир-ва*, 2003. Вип.. 21. С. 492-501.
9. Пилипенко О.М., Ревенко Ю.І., Чібис С.М. Ресурсозбережні варіанти виробництва комбікормів. *Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. пр. НАУ*. Київ: Видавництво НАУ, 2000. Т. 8. С. 274-281.
10. Шеремета Р. Б. Обґрунтування параметрів та режимів роботи малогабаритної зернової дробарки : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Львів. нац. агр. ун-т. Львів, 2021. 213 с.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

11. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств / І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І.Кравчук та ін.; За ред.. І.І. Ревенка. Київ: Урожай, 1999. 192 с.

12. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / Б.П. Шабельник, М.М. Троянов, І.Г. Бойко та ін.; За ред. І.Г. Бойка. Харків : ХДТУСГ, 2002. 216 с.

13. Олексієнко В.О. Підвищення ефективності роботи малогабаритних зернових молоткових кормодробарок: Автореферат дис. ... канд. техн. наук. Мелітополь, 2006. - 20 с.

14. Ревенко І.І. Технологічний ефект і обґрунтування якісних показників подрібнених кормів. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1976. №12. С. 76-80.

15. Ревенко І.І. Шляхи підвищення рівномірності подрібнення кормів молотковими дробарками. *Вісник с.-г. науки*. 1982. №1. С. 42-45.

16. Ревенко Ю.І., Пилипенко О.М., Чибис С.М. Оцінка якості сумісного подрібнення і змішування компонентів комбикормів молотковою дробаркою. *Зб. наук. праць НАУ: Мех. с.-г. вир-ва*. Київ: Вид-во НАУ, 2000. Т. ІХ. С. 173-176.

17. Ревенко І.І., Пилипенко О.М., Чибис С.М., Ревенко Ю.І. Комплект без-бункерного обладнання для приготування комбикормів. *Зб. завершених наук. розробок: Вчені технічного інституту НАУ – виробництву*. Київ, 2006. С. 61.

18. Ревенко І.І., Потапова С.Є., Ревенко Ю.І. Принципи розробки та вибору машин для малих ферм. *Техніка АПК*. 1999. С. 26-27.

19. Ревенко І.І., Ревенко Ю.І. Комплексна оцінка варіантів приготування комбінованих кормів. *Техніка АПК*. 2000. № 11-12. С. 25-27.

20. Ревенко І.І., Хмельовський В.С. Удосконалення та обґрунтування параметрів подрібнювача-змішувача кормів. *Зб. наук. Праць НАУ: Мех. с.-г. вир-ва*. Київ, 1999. Т. 4. С. 139-142.

21. Стрілець І., Бондаренко Ю., Алясов Ю. Подрібнювач трав'янистої сировини. *Техніка АПК*. 1996. №4. С. 19.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

22. Ясенецький В.А., Павленко В.А., Невмержицький І.В. Механізація трудомістких робіт на малих фермах . Київ: Урожай, 1990. 160 с.
23. Ревенко Ю. І. Удосконалення технологічного процесу і агрегату для приготування комбікормів в умовах господарств : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Національний аграрний ун-т. Київ, 2007. 22 с.
24. Машина та обладнання для тваринництва : підручник / І.І.Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. Київ: Кондор, 2009. 731с.
25. Установка малогабаритна комбікормова УМК-Ф-2 : Настанова з експлуатації. Умань, 2000.
26. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.
27. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості виробничого процесу [Текст]. *Охорона праці*. №6. 1997. С. 20-26.
28. Методичні вказівки для виконання курсової роботи по організації та плануванню виробництва і економічних розрахунків у дипломних проектах для студентів спец. 8.090215. Кіровоград: КДТУ, 2000. 36 с.
29. Лесенко Г.В. Техніка безпеки на механізованих роботах / Г.В. Лесенко [Вид. 2-е, допов. перероб]. Київ : Урожай, 1978. 320 с.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

**ДОДАТКИ**

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

## Додаток А

### А.1 Оцінка техніко-економічного рівня модернізованої машини

Визначаємо коефіцієнт уніфікації конструкції:

$$K_y = \frac{D_3 - D_{OP}}{D_3} \quad (A.1.)$$

де  $D_3$  - загальна кількість найменувань деталей у машині за винятком метизів, шт.;

$D_{OP}$  - кількість найменувань оригінальних деталей, шт.

$$K_{yM} = \frac{560 - 473}{560} = 0,16$$

$$K_{yB} = \frac{560 - 473}{560} = 0,16$$

Відносний показник рівня уніфікації конструкції:

$$B_{KV} = \frac{K_{yM}}{K_{yB}} \quad (A.2)$$

де  $K_{yM}$  та  $K_{yB}$  - величини коефіцієнтів уніфікації конструкції модернізованої та базової машини.

$$B_{KV} = \frac{0,16}{0,16} = 1,0$$

Коефіцієнт стандартизації конструкції:

$$K_{CT} = \frac{D_{CT}}{D_3} \quad (A.3)$$

де  $D_{CT}$  - кількість найменувань стандартних деталей в машині, шт.

$$K_{CTM} = \frac{83}{560} = 0,15$$

					УМК 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Касьянчук				Оцінка техніко-економічного рівня модернізованої машини	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Амосов							11
Н.контр.	Мачок					ЦНТУ гр. ГМ-23М-1.2		
Затвер.	Васильковський							

$$K_{СТБ} = \frac{83}{560} = 0,15$$

Відносний показник рівня стандартизації конструкції:

$$B_{СТ} = \frac{K_{СТМ}}{K_{СТБ}} \quad (A.4)$$

де  $K_{СТМ}$  та  $K_{СТБ}$  - величини коефіцієнтів стандартизації конструкції модернізованої та базової машини.

$$B_{СТ} = \frac{0,15}{0,15} = 1,0$$

Коефіцієнт конструктивної повторюваності:

$$K_{КП} = \frac{H_3}{D_3} \quad (A.5)$$

де  $H_3$  - загальна кількість деталей в машині, шт.

$$K_{КПМ} = \frac{1380}{560} = 2,46$$

$$K_{КПБ} = \frac{1380}{560} = 2,46$$

Відносний показник рівня конструктивної повторюваності:

$$B_{КП} = \frac{K_{КПМ}}{K_{КПБ}} \quad (A.6)$$

де  $K_{КПМ}$  та  $K_{КПБ}$  - величини коефіцієнтів конструктивної повторюваності модернізованої та базової машини.

$$B_{КП} = \frac{2,46}{2,46} = 1,0$$

Собівартість модернізованої машини:

$$C_M = \frac{C_B - Ц_{ПБ}}{M_B - M_{ПБ}} \cdot (M_M - M_{ПМ}) + Ц_{ПМ} \quad (A.7)$$

де  $C_B$  - собівартість виготовлення базової машини, грн.;

$Ц_{ПБ}$  - ціна (вартість) покупних виробів у собівартості базової та модернізованої машини, грн.;

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$M_B$  та  $M_M$  - маса базової та модернізованої машини, кг;

$M_{ПБ}$  та  $M_{МП}$  - маса покупних виробів базової машини та модернізованої машини, кг.

$$C_M = \frac{270000 - 18900}{5800 - 300} \cdot (5763 - 263) + 16569 = 267644 \text{ грн.}$$

Продуктивність машини за 1 годину експлуатаційного та змінного часу:

$$П_{ЕК} = П_О \cdot K_{ЕК} \quad (A.8)$$

$$П_{ЗМ} = П_О \cdot K_{ВР} \quad (A.9)$$

де  $П_О$  - продуктивність машини за 1 годину основного (чистого) часу у відповідних одиницях;

$K_{ЕК}$  та  $K_{ВР}$  - коефіцієнти використання експлуатаційного та робочого часу зміни. Для базової машини вони задані, а для модернізованої визначаються за формулами:

$$K_{ЕКМ} = \frac{T_{ЕКБ} + \frac{T_{ТО} + T_{ЛП}}{60}}{T_{ЗМ}} \quad (A.10)$$

$$K_{ВРМ} = \frac{T_{ВРБ} + \frac{T_{ТО}}{60}}{T_{ЗМ}} \quad (A.11)$$

де  $T_{ЕКБ}$  - кількість годин експлуатаційного часу базової машини у зміні;

$$T_{ЕКБ} = 8 \cdot 0,76 = 6,08$$

$T_{ЗМ}$  - тривалість робочої зміни, год.;  $T_{ЗМ} = 8$  год;

$T_{ЛП}$  та  $T_{ТО}$  - кількість хвилин у робочу зміну, на яку скорочуються витрати часу відповідно, на ліквідування поламок та деформацій, та на технічне обслуговування в результаті модернізації базової машини.

$$K_{ЕКМ} = \frac{6,08 + \frac{4 + 6}{60}}{8} = 0,78$$

$$K_{ВРМ} = \frac{6,56 + \frac{4}{60}}{8} = 0,83$$

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$P_{ЕКБ} = 2,5 \cdot 0,76 = 1,9 \text{ т/год}$$

$$P_{ЕКМ} = 2,5 \cdot 0,78 = 2,0 \text{ т/год}$$

$$P_{ЗМБ} = 2,5 \cdot 0,82 = 2,05 \text{ т/год}$$

$$P_{ЗММ} = 2,5 \cdot 0,83 = 2,1 \text{ т/год}$$

Питома собівартість машини:

$$C_{\Pi} = \frac{C}{P_{ЕК}} \quad (\text{A.12})$$

де  $C$  - собівартість машини, грн.

$$C_{\PiБ} = \frac{270000}{1,9} = 142105 \text{ грн./т/год}$$

$$C_{\PiМ} = \frac{267644}{2,0} = 133822 \text{ грн./т/год}$$

Відносний показник рівня питомої собівартості:

$$B_{СП} = \frac{C_{\PiБ}}{C_{\PiМ}} \quad (\text{A.13})$$

де  $C_{\PiБ}$  та  $C_{\PiМ}$  - питома собівартість базової та модернізованої машини.

$$B_{СП} = \frac{142105}{133822} = 1,06$$

Питома матеріаломісткість машини:

$$M_{\Pi} = \frac{M}{P_{ЕК}} \quad (\text{A.14})$$

де  $M$  - маса „сухої”, тобто не завантаженої машини, кг.

$$M_{\PiБ} = \frac{5800}{1,9} = 3052,6 \text{ кг/т/год}$$

$$M_{\PiМ} = \frac{5763}{2,0} = 2881,5 \text{ кг/т/год}$$

Відносний показник рівня питомої матеріаломісткості:

$$B_{МП} = \frac{M_{\PiБ}}{M_{\PiМ}} \quad (\text{A.15})$$

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

де  $M_{ПБ}$  та  $M_{ПМ}$  - питома матеріаломісткість базової та модернізованої машини.

$$B_{МП} = \frac{3052,6}{2881,5} = 1,06$$

Узагальнений показник техніко-економічного рівня модернізованої машини:

$$Y_{TP} = \sum_i^M a_i \cdot B_{ди} \quad (A.16)$$

де  $B_{ди}$  - величина і-го відносного показника техніко-економічного рівня;

$m$  - кількість відносних показників, прийнятих до розрахунків;

$a_i$  - коефіцієнт вагомості і-го відносного показника техніко-економічного рівня.

$$Y_{TP} = 0,1 \cdot 1,0 + 0,05 \cdot 1,0 + 0,05 \cdot 1,0 + 0,45 \cdot 1,06 + 0,35 \cdot 1,06 = 1,1$$

Отже, узагальнений показник техніко-економічного рівня модернізованої машини в 1,1 раз перевищує аналогічний показник базової машини, що досягається за рахунок підвищення відносних показників рівня уніфікації; конструктивної повторюваності; питомої собівартості результату модернізації машини.

## **А.2. Визначення економічної ефективності заходів по модернізації машини**

А.2.1. Витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини

Витрати на проектування конструкції розраховується за формулою:

$$B_{П} = H_{OP} \cdot T_{кон} \cdot Z_{CT} \cdot \left(1 + \frac{B_C}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{П_{CB}}{100}\right) \quad (A.17)$$

де  $H_{OP}$  - кількість найменувань оригінальних деталей, які розробляються в процесі модернізації, шт.;

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$T_{кон}$  - сумарна трудомісткість розробки конструкторської документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі, приймаємо 100 годин;

$З_{сг}$  - середнього динна заробітна плата конструкторів, грн.;

$B_c$  - відрахування на соціальне страхування та в спеціальні фонди, %;

$П_{св}$  - процент посередніх витрат (200-300%).

$$B_{II} = 5 \cdot 100 \cdot 24,5 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) = 52307,5 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку технології виготовлення модернізованої машини:

$$B_T = H_{OP} \cdot T_T \cdot З_{сг} \cdot \left(1 + \frac{B_c}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{П_{св}}{100}\right) \quad (A.19)$$

де  $T_T$  - сумарна трудомісткість розробки технологічної документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі.

$$B_T = 5 \cdot 70 \cdot 24,5 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{250}{100}\right) = 36615,25 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення технічного оснащення, необхідного для виробництва модернізованої машини:

$$B_{OCH} = H_{OP} \cdot \sum_{-1}^K K_{ТОС}(i) \cdot K_{КОМ}(i) \cdot Ц_{ОС}(i) \quad (A.20)$$

де  $K$  - кількість груп оснащення (штампи, пристосування, різальний, вимірювальний та допоміжний інструмент);

$K_{ТОС}(i)$  - коефіцієнт технологічного оснащення по  $i$ -тій групі оснащення;

$K_{КОМ}(i)$  - кількість комплектів  $i$ -ої групи оснащення, шт.;

$Ц_{ОС}(i)$  - ціна одиниці оснащення  $i$ -ої групи, грн.

$B_{OCH} = 5 \cdot (0,3 \cdot 2 \cdot 8000 + 0,2 \cdot 3 \cdot 3500 + 0,3 \cdot 4 \cdot 300 + 0,2 \cdot 4 \cdot 90 + 0,2 \cdot 3 \cdot 50) = 36810 \text{ грн.}$

Витрати на виготовлення дослідного зразка:

$$B_{ДЗ} = (1,2 - 1,3) \cdot C_M \quad (A.21)$$

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$B_{ДЗ} = 1,3 \cdot 267644 = 347937,2 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення дослідної партії:

$$B_{ДП} = (1,2 - 1,3) \cdot C_M \cdot H_M \quad (\text{A.22})$$

де  $H_M$  - кількість машин у дослідній партії, шт.

$$B_{ДП} = 1,2 \cdot 267644 \cdot 2 = 642345,6 \text{ грн.}$$

Інші витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$i_{НВ} = \frac{K_{ИИ}}{100} \cdot \sum_1^5 B(1) \quad (\text{A.23})$$

де  $K_{ИИ}$  - % на інші витрати, на освоєння виробництва до суми п'яти попередніх статей витрат.

$$i_{НВ} = \frac{10}{100} \cdot (52307,5 + 36615,25 + 36810 + 347937,2 + 642345,6) = 111602 \text{ грн.}$$

Сума витрат на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$B_{ОСВ} = B_{П} + B_{Т} + B_{ОСН} + B_{ДЗ} + B_{ДП} + I_{НВ} \quad (\text{A.24})$$

$$B_{ОСВ} = 52307,5 + 36615,25 + 36810 + 347937,2 + 642345,6 + 111602 = 1227618 \text{ грн.}$$

Питомі витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$B_{ПОС} = \frac{B_{ОСВ}}{H_{СР}} \quad (\text{A.25})$$

де  $H_{СР}$  - середньорічна програма випуску модернізованої машини, шт.

$$B_{ПОС} = \frac{1227618}{30} = 40921 \text{ грн.}$$

#### A.2.2. Обґрунтування оптової ціни модернізованої машини

Оптова ціна модернізованої машини :

$$Ц_{ОПМ} = Ц_{ооб} \cdot \frac{\Pi_{ЕКМ}}{\Pi_{ЕКБ}} \cdot K_P \quad (\text{A.26})$$

де  $K_P$  - коефіцієнт розподілу економічного ефекту між виготовлювачем та споживачем модернізованої машини.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$Ц_{ОПМ} = 360000 \cdot \frac{2,0}{1,9} \cdot 0,98 = 370440 \text{ грн.}$$

А.2.3. Річний економічний ефект заводу-виробника від впровадження модернізованої машини у виробництво

$$E_{ГВ} = (Ц_{ОПМ} - C_M) - (Ц_{ОПБ} - C_B) - B_{Пос} \cdot E_H \quad (A.27)$$

де  $E_H$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат.

$$E_{ГВ} = (370440 - 267644) - (360000 - 270000) - 40921 \cdot 0,16 = 6249 \text{ грн.}$$

А.2.4. Визначення річного економічного ефекту споживача модернізованої машини

Заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$З_{П} = \frac{\sum_1^k P_{ОБ(i)} \cdot \Gamma_{ТС(i)}}{П_{ЗМ}} \quad (A.28)$$

де  $P_{ОБ(i)}$  - кількість робітників, виконуючих роботу і-го розряду, чол.;

$\Gamma_{ТС(i)}$  - година тарифна ставка і-го розряду роботи, грн.;

$k$  - кількість розрядів робіт, які виконують робітники при обслуговуванні машин.

$$З_{ПМ} = \frac{1 \cdot 20,5}{2,05} = 10,0 \text{ грн/т}$$

$$З_{ПБ} = \frac{1 \cdot 20,5}{2,1} = 9,76 \text{ грн/т}$$

Амортизація машини:

$$B_{AM} = \frac{K_{П} \cdot Ц_{ОП} \cdot H_A \cdot K_M}{100 \cdot П_{ЕК} \cdot P_3} \quad (A.29)$$

де  $K_{П}$  - коефіцієнт переводу оптової ціни у балансову вартість(1,3-1,5);

$H_A$  - норма щорічних амортизаційних відрахувань на реновацію машини, %.  $H_A = 15\%$ ;

$P_3$  - нормативне або розрахункове річне завантаження машини, год.

$$P_3 = 260 \text{ год};$$

$K_M$  - кількість машин, які входять до складу одного агрегату.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$B_{AMM} = \frac{1,4 \cdot 360000 \cdot 15 \cdot 1}{100 \cdot 1,9 \cdot 260} = 153,0 \text{ грн/т}$$

$$B_{AMB} = \frac{1,4 \cdot 370440 \cdot 15 \cdot 1}{100 \cdot 2,0 \cdot 260} = 149,6 \text{ грн/т}$$

Витрати на ремонт та технічний догляд за машиною:

$$B_P = \frac{K_{II} \cdot C_{OP} \cdot H_P \cdot K_M}{100 \cdot \Pi_{EK} \cdot P_3} \quad (\text{A.30})$$

де  $H_P$  - норми на ремонт та технічний догляд машини.

$$B_{PM} = \frac{1,4 \cdot 360000 \cdot 8,5 \cdot 1}{100 \cdot 1,9 \cdot 260} = 86,72 \text{ грн/т}$$

$$B_{PB} = \frac{1,4 \cdot 370440 \cdot 8,5 \cdot 1}{100 \cdot 2,0 \cdot 260} = 84,77 \text{ грн/т}$$

Витрати на збереження машини, які входять до складу агрегату:

$$B_3 = \frac{\sum H_{3(I)}}{\Pi_{EK}} \quad (\text{A.31})$$

де  $H_{3(I)}$  - норматив витрат, які припадають на 1 годину зберігання машини, які входять до складу агрегату, грн.  $H_3 = 0,25 - 0,6$ .

$$B_{3M} = \frac{0,6}{1,9} = 0,32 \text{ грн/т}$$

$$B_{3B} = \frac{0,6}{2,0} = 0,30 \text{ грн/т}$$

Витрати на електроенергію:

$$B_E = \frac{B_{\PiД} \cdot C_E}{\Pi_{3M} \cdot K_{KD} \cdot K_{KM}} \quad (\text{A.32})$$

де  $B_{\PiД}$  - встановлена потужність електродвигунів та інших споживачів електроенергії, кВт;

$C_E$  - ціна 1 кВт-год. електроенергії, грн.;

$K_{KD}$  та  $K_{KM}$  - коефіцієнти корисної дії електродвигунів (0,85) та мережі (0,96-0,98).

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$B_{EM} = \frac{22,87 \cdot 1,92}{2,05 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 26,29 \text{ грн./т}$$

$$B_{E6} = \frac{18,87 \cdot 1,92}{2,1 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 21,19 \text{ грн./т}$$

Визначаю суми експлуатаційних витрат, які припадають на одиницю вироблюваної продукції або роботи по зрівнюваних машинах:

$$E_B = 3_{II} + B_{AM} + B_P + B_3 + B_E \quad (\text{A.33})$$

$$E_{BM} = 10 + 153 + 86,72 + 0,32 + 26,29 = 276,33 \text{ грн./т}$$

$$E_{BB} = 9,76 + 149,6 + 84,77 + 0,30 + 21,19 = 265,62 \text{ грн./т}$$

Визначаю питомі капітальні витрати на одиницю вироблюваної продукції або роботи по зрівнювальних машинах:

$$\Pi_{KB} = \frac{1}{\Pi_{EK}} \cdot \frac{B_{BM}}{P_{3M}} \quad (\text{A.34})$$

де  $B_{BM}$  - балансова вартість машини;

$P_{3M}$  - нормативне річне завантаження машини.

Балансова вартість машини:

$$B_B = K_{II} \cdot \Pi_{OP} \quad (\text{A.35})$$

$$B_{BM} = 1,4 \cdot 370440 = 518616 \text{ грн.}$$

$$B_{BB} = 1,4 \cdot 360000 = 504000 \text{ грн.}$$

$$\Pi_{KBM} = \frac{1}{2,0} \cdot \frac{370440}{260} = 712,38 \text{ грн./т}$$

$$\Pi_{KBB} = \frac{1}{1,9} \cdot \frac{360000}{260} = 733,85 \text{ грн./т}$$

Річний економічний ефект споживача модернізованої машини:

$$E_{PCH} = [(E_{BB} + E_H \cdot \Pi_{KBB}) - (E_{BM} + E_H \cdot \Pi_{KBM})] \cdot \Pi_{EKM} \cdot P_{3M} \quad (\text{A.36})$$

$$E_{PCH} = [(276,33 + 0,16 \cdot 733,85) - (265,62 + 0,16 \cdot 712,38)] \cdot 2,0 \cdot 260 = 7356 \text{ грн.}$$

Розрахунки показують, що завод-виробник і споживач модернізованої машини отримують позитивний економічний ефект від впровадження її в

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

виробництво. Це свідчить про економічну ефективність модернізованої машини та доцільність постановки її на виробництво.

					УМК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		





























