

**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: «Конструкторсько-технологічні аспекти проектування машини для  
гранулювання у комбікормовому виробництві»

КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 *«Галузеве  
машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_41  
КУПРОВСЬКИЙ Сергій

Керівник: доктор техн. наук, професор  
ХАРЧЕНКО Сергій

**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**

***Сергію КУПРОВСЬКОМУ***

1 Тема роботи: «*Конструкторсько-технологічні аспекти проектування машини для гранулювання у комбікормовому виробництві*»

керівник роботи ***доктор техн. наук, професор ХАРЧЕНКО Сергій,***  
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 машини для гранулювання – 10 т/год. Тип гранулятора – прес-гранулятор з кільцевою матрицею. Тип приводу – електромеханічний.*

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: *складальний кресленик вузла, що вноситься на розгляд; кресленик деталі вузла; кресленик заготовки деталі вузла; складальний кресленик затискного пристосування.*

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	Інна МИКОЛЕНКО, професор 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 \_\_\_\_\_ Сергій КУПРОВСЬКИЙ  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сергій ХАРЧЕНКО  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 1 додаток, 10 рисунків, 6 таблиць, 35 використаних джерел, 80 сторінок.

Об'єкт розробки – машина для гранулювання комбікормів продуктивністю 10 т/год.

Предмет розробки – конструктивні елементи, технологічні параметри та режими роботи машини для гранулювання комбікормів.

Постановка актуальної технічної задачі – провести аналіз існуючих конструкцій обладнання для гранулювання комбікормів, дослідити особливості технологічного процесу гранулювання кормових сумішей, виконати розрахунок основних конструктивних елементів машини для гранулювання, обґрунтувати її технологічні та режимні параметри, забезпечити відповідність обладнання вимогам продуктивності, енергоефективності, надійності та безпечної експлуатації. Також необхідно розглянути питання охорони праці, екологічної безпеки та економічної ефективності впровадження запроєктованого обладнання.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – виконати розрахунок та проектування конструктивних елементів машини для гранулювання комбікормів, визначити її основні технологічні параметри та обґрунтувати раціональні режими роботи.

У загальному розділі наведено характеристику комбікормового виробництва та процесу гранулювання кормових сумішей, виконано аналіз сучасних конструкцій прес-грануляторів, обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання та практичне значення роботи.

У технологічному розділі розглянуто технологічну схему виробництва гранульованих комбікормів, наведено опис технологічного процесу гранулювання, конструкцій основного обладнання, а також особливостей його монтажу, експлуатації та технічного обслуговування.

У конструкторському розділі виконано технологічний, енергетичний, конструктивний та кінематичний розрахунки машини для гранулювання комбікормів, визначено основні параметри матриці, пресуючих роликів, приводу,

вала та інших конструктивних елементів, а також обґрунтовано режими роботи обладнання.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища розглянуто питання безпечної експлуатації обладнання, проаналізовано екологічні аспекти комбікормового виробництва та визначено економічну доцільність використання запроєктованої машини.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати розрахунків і запропоновані конструктивні рішення можуть бути використані під час проєктування, модернізації та експлуатації обладнання для гранулювання комбікормів на підприємствах комбікормової промисловості.

Сфера застосування результатів роботи – комбікормові заводи, підприємства з виробництва кормів для сільськогосподарських тварин і птиці, а також підприємства, що займаються проєктуванням і виготовленням обладнання для агропромислового комплексу.

Графічна частина проєкту становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу Strike Plagiarism: унікальність тексту – 96,38 %.

#### АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розрахунку та проєктуванню машини для гранулювання комбікормів продуктивністю 10 т/год. У роботі проведено аналіз існуючих конструкцій прес-грануляторів, досліджено особливості технологічного процесу гранулювання кормових сумішей та виконано розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів обладнання.

У процесі проєктування визначено характеристики матриці, пресуючих роликів, приводу, вала та інших конструктивних елементів машини. Обґрунтовано режими роботи, які забезпечують отримання гранул необхідної якості, підвищення продуктивності обладнання та зниження енергетичних витрат. Розглянуто питання монтажу, ремонту, технічного обслуговування та безпечної експлуатації обладнання.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці, захисту навколишнього середовища та економічної ефективності використання запроєктованої машини в умовах комбікормового виробництва.

МАШИНА ДЛЯ ГРАНУЛЮВАННЯ, ПРЕС-ГРАНУЛЯТОР, КІЛЬЦЕВА МАТРИЦЯ, ПРЕСУЮЧІ РОЛИКИ, ПРИВІД, ЕЛЕКТРОДВИГУН, КОМБІКОРМ, ГРАНУЛЮВАННЯ, КОМБІКОРМОВЕ ВИРОБНИЦТВО, ОХОРОНА ПРАЦІ.

#### ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the calculation and design of a feed pelleting machine with a capacity of 10 t/h. The work analyzes existing pellet mill designs, investigates the technological process of compound feed pelleting and determines the main design and operating parameters of the equipment.

The design process included the calculation of the ring die, pressing rollers, shaft, drive system and other machine components. Rational operating modes ensuring efficient pelleting, high-quality feed pellets and reduced energy consumption were substantiated. Particular attention was paid to the issues of installation, maintenance, repair and safe operation of the equipment.

The work also considers occupational safety requirements, environmental protection measures and the economic efficiency of implementing the designed machine in compound feed production.

PELLETING MACHINE, PELLET MILL, RING DIE, PRESSING ROLLERS, DRIVE, ELECTRIC MOTOR, COMPOUND FEED, PELLETING, FEED PRODUCTION, OCCUPATIONAL SAFETY.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1.ЗАГАЛЬНИЙ.....	8
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	13
2.1 Технологічна схема виробництва комбікормів.....	13
2.2 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації.....	17
2.3 Ремонт і монтаж обладнання.....	39
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	46
3.1 Енергетичний розрахунок.....	46
3.2 Кінематичний розрахунок .....	48
3.3 Конструктивний розрахунок .....	51
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	62
3.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання .....	62
3.2. Охорона навколишнього середовища.....	73
3.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності.....	74
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	82

КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Виконав</i>		<i>Купровський С.</i>		
<i>Перевіриє</i>		<i>Харченко С.О.</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Харченко С.О.</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>Харченко С.О.</i>		
<i>Зате.</i>		<i>Попов С.В.</i>		
Зміст			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>
			5	81
ПДАУ 2026 р.				

## ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу неможливий без підвищення ефективності виробництва комбікормової продукції та вдосконалення технічних засобів, що використовуються для її виготовлення. Постійне збільшення потреб галузі тваринництва у якісних кормах вимагає удосконалення технологічних процесів їх підготовки, обробки та подальшого використання. Саме від якості кормів значною мірою залежать продуктивність тварин, собівартість отриманої продукції та економічні результати роботи господарств. У зв'язку з цим питання модернізації обладнання комбікормових підприємств набуває особливої актуальності.

На сучасному етапі розвитку сільського господарства значна увага приділяється впровадженню ефективних технологій виготовлення комбікормів, які дають можливість підвищити продуктивність тварин і птиці, покращити використання поживних речовин та зменшити витрати кормової сировини. Одним із найбільш поширених і результативних способів підготовки кормів є гранулювання. Використання гранульованих комбікормів сприяє покращенню їх фізико-механічних характеристик, зниженню втрат під час транспортування та зберігання, підвищенню санітарного стану продукції, а також забезпечує більш зручне дозування й роздавання кормів.

Удосконалення технологій комбікормового виробництва супроводжується безперервним розвитком обладнання для гранулювання. До сучасних машин висуваються підвищені вимоги щодо продуктивності, енергозбереження, надійності роботи та довговічності основних вузлів. Це обумовлює необхідність пошуку нових конструктивних рішень, удосконалення наявних конструкцій та оптимізації технологічних схем виробництва. В умовах конкурентного ринку підприємства зацікавлені у впровадженні сучасних технічних засобів, здатних забезпечити стабільну якість продукції та ефективне використання виробничих ресурсів.

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим елементом технологічної лінії виробництва комбікормів є машини для гранулювання, які забезпечують формування гранул необхідних розмірів, форми та щільності. Ефективність їх роботи безпосередньо впливає на якість готового продукту, продуктивність виробничого процесу та економічні показники підприємства. Саме тому розроблення та вдосконалення конструкцій грануляторів належить до актуальних завдань сучасного аграрного машинобудування.

Метою роботи є визначення та обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів машини для гранулювання комбікормів, дослідження особливостей її проектування, введення в експлуатацію та технічного обслуговування, а також виконання необхідних інженерних розрахунків.

Предметом дослідження є машина для гранулювання комбікормової продукції.

Об'єктом дослідження виступають конструктивні характеристики та технологічні параметри обладнання, призначеного для гранулювання кормових сумішей.

Для досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі передбачено виконання таких завдань:

1. Провести аналіз сучасного рівня розвитку та основних напрямів удосконалення обладнання для гранулювання комбікормів.
2. Розглянути конструктивну будову та принцип дії існуючих машин для гранулювання кормових сумішей.
3. Виконати розрахунки основних конструктивних і технологічних параметрів обладнання та обґрунтувати раціональні режими його функціонування.
4. Визначити можливі небезпечні виробничі фактори, що виникають під час експлуатації обладнання, та розглянути заходи з охорони праці і забезпечення безпечних умов роботи.
5. Провести економічну оцінку доцільності впровадження розробленого обладнання у виробництво.

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

Комбікормова галузь займає важливе місце у структурі агропромислового комплексу, оскільки забезпечує тваринницькі підприємства кормами, збалансованими за вмістом поживних речовин, вітамінів і мікроелементів. Одним із найбільш поширених та ефективних методів підвищення якості кормової продукції є гранулювання. Переведення комбікормів у гранульовану форму сприяє покращенню їх фізико-механічних характеристик, підвищує зручність транспортування та зберігання, зменшує втрати внаслідок пиловиділення і розсіпання, а також позитивно впливає на засвоєння поживних компонентів організмом тварин.

Кваліфікаційна бакалаврська робота присвячена темі «Конструкторсько-технологічні аспекти проектування машини для гранулювання у комбікормовому виробництві». Актуальність дослідження обумовлена потребою у підвищенні ефективності виробництва комбікормів, удосконаленні технологічних процесів їх виготовлення та створенні сучасних технічних засобів, здатних забезпечити стабільно високу якість готової продукції.

Для реалізації процесу гранулювання кормових сумішей застосовують спеціалізоване обладнання — прес-гранулятори. Саме особливості їх конструкції значною мірою визначають продуктивність виробництва та якісні характеристики отриманих гранул. Незважаючи на наявність великої кількості різновидів такого обладнання, сучасні виробничі умови вимагають подальшого вдосконалення його конструкцій. Це пов'язано із зростаючими вимогами до енергоощадності, надійності, продуктивності та рівня автоматизації виробничих процесів.

Під час розроблення сучасних грануляторів особлива увага приділяється вибору та оптимізації параметрів матриці, пресувальних роликів, привідних механізмів і систем подавання матеріалу. Використання удосконалених конструктивних рішень дозволяє скоротити витрати енергії, знизити

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження на основні робочі органи, збільшити ресурс роботи обладнання та забезпечити стабільне протікання технологічного процесу.

Одним із ключових завдань підприємств комбікормової промисловості залишається підвищення продуктивності виробництва за одночасного покращення якості продукції та зниження виробничих витрат. Досягненню цих цілей сприяє впровадження сучасних засобів автоматизації, які забезпечують безперервний контроль технологічних параметрів та підтримання раціональних режимів роботи обладнання.

У межах даної кваліфікаційної роботи виконано аналіз конструктивних особливостей обладнання для гранулювання комбікормів, проведено розрахунок основних технологічних і конструктивних параметрів машини, а також розглянуто питання її експлуатації, технічного обслуговування та безпечного використання. Крім того, здійснено оцінювання економічної ефективності запропонованих технічних рішень.

Проведені дослідження дали змогу обґрунтувати доцільність застосування сучасних конструктивно-технологічних рішень у машинах для гранулювання комбікормів. Їх використання сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів та покращенню техніко-економічних показників роботи комбікормових підприємств.

У виробничій практиці найбільшого поширення набули молоткові дробарки вертикального виконання, які поступово витіснили обладнання горизонтального типу. Для порівняння характеристик цих машин у таблиці 1 наведено основні технічні показники вертикальної молоткової дробарки марки А1-ДМ2Р-22В та горизонтальної дробарки марки А1-ДМ2Р-22.

Таблиця 1 – Технічні характеристики молоткових дробарок

Показник	А1-ДМ2Р-22В	А1-ДМ2Р-75М
Продуктивність, т/год	6	5
Потужність електродвигуна, кВт	75	75
Габаритні розміри, мм:		
довжина	1000	2150
ширина	1000	1200
висота	2460	890

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За конструктивним виконанням і принципом дії зазначені дробарки мають багато спільних рис. Разом з тим вертикальна молоткова дробарка А1-ДМ2Р-22В характеризується вищою продуктивністю за однакової встановленої потужності електродвигуна. Це забезпечує більш ефективне використання енергетичних ресурсів та дозволяє отримати більший обсяг готової продукції за аналогічних умов експлуатації. Для підприємств із значними виробничими потужностями така перевага має важливе економічне значення.

Порівняння технічних характеристик свідчить про те, що дробарка вертикального типу А1-ДМ2Р-22В має низку суттєвих переваг над горизонтальною дробаркою А1-ДМ2Р-75М, що робить її більш привабливою як з технічної, так і з економічної точки зору.

Відповідно до виконаних розрахунків річний економічний ефект від використання дробарки А1-ДМ2Р-22В становить 90,85 тис. грн.

Технологія виробництва комбікормів може реалізовуватися за різними схемами, вибір яких визначається складом сировини, способом її дозування, особливостями змішування та характеристиками технологічного обладнання. У практиці комбікормового виробництва застосовують три основні технологічні схеми.

Перша схема передбачає дозування зернових компонентів перед їх подрібненням з подальшим отриманням необхідної кормової суміші.

Друга схема ґрунтується на окремому подрібненні кожного виду зернової сировини з наступним дозуванням підготовлених компонентів відповідно до рецептури.

Третя схема є найбільш складною та передбачає роздільне дозування окремих груп компонентів. Неподрібнену зернову сировину дозують із подальшим подрібненням, аналогічно здійснюють підготовку шротів і кормових вітамінно-хвилинних препаратів. Екструдовану зернову сировину, премікси, важкосипучі компоненти та мікродобавки дозують окремо. Після цього кожна група компонентів змішується у відповідних змішувачах, а підготовлені суміші надходять до основного змішувача для отримання готової кормової композиції.

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Саме така технологічна схема впроваджена на Лохвицькому комбикормовому заводі.

На сучасних комбикормових підприємствах найбільшого поширення набули прес-гранулятори з кільцевими матрицями. Висока продуктивність, надійність роботи та економічність експлуатації забезпечили їм значні переваги порівняно з іншими типами грануляційного обладнання. Завдяки цьому вони практично витіснили менш ефективні конструкції та стали основним видом обладнання для виробництва гранульованих комбикормів.

Сучасні машини для гранулювання можуть відрізнятися конструкцією робочих органів, схемою подавання сировини, типом приводу та компоновкою основних вузлів. Найбільш широке застосування отримали гранулятори з вертикально розташованою кільцевою матрицею. Такі машини забезпечують більш рівномірний розподіл навантажень на робочі елементи, характеризуються підвищеною продуктивністю та мають більший ресурс роботи порівняно з іншими конструктивними рішеннями.

До основних переваг сучасних прес-грануляторів належать можливість тривалої безперервної роботи, висока продуктивність при відносно невеликих витратах енергії, компактність конструкції та стабільна якість готових гранул. Важливе значення має застосування удосконалених приводних механізмів, сучасних конструкцій матриць і пресувальних роликів, що сприяє зниженню енергетичних витрат і підвищенню ефективності процесу гранулювання.

Використання сучасного грануляційного обладнання на комбикормових підприємствах є економічно виправданим, оскільки дає змогу збільшити обсяги виробництва, покращити якість продукції та скоротити витрати, пов'язані з експлуатацією технологічних машин.

Технологічні схеми виробництва комбикормів можуть суттєво відрізнятися залежно від властивостей сировини, особливостей організації технологічного процесу та конструктивних характеристик обладнання. Вибір конкретної схеми визначається складом рецептури, способами дозування компонентів, їх змішуванням та подальшою технологічною обробкою.

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

Серед основних технологічних схем виробництва комбікормів виділяють декілька найбільш поширених варіантів.

Згідно з першою схемою зернова сировина спочатку дозується, після чого направляється на подрібнення та подальше змішування.

Друга схема передбачає окрему підготовку кожного компонента шляхом подрібнення з наступним дозуванням і змішуванням відповідно до встановленої рецептури.

Третя схема вважається найбільш досконалою з технологічної точки зору. Вона базується на роздільному дозуванні окремих груп компонентів, їх попередній підготовці, змішуванні в окремих змішувачах та подальшому об'єднанні в основному змішувачі перед направленням суміші на гранулювання.

Застосування сучасних технологічних схем дозволяє забезпечити високу точність дозування компонентів, підвищити однорідність кормової суміші, покращити якість готових комбікормів і створити оптимальні умови для ефективної роботи обладнання, що використовується у процесі гранулювання.

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Технологічна схема виробництва комбікормів

Комбікорм являє собою багатокомпонентну однорідну суміш кормових засобів та мікродобавок, які попередньо очищені й подрібнені до необхідної крупності. Його виготовляють відповідно до науково обґрунтованих рецептур, що забезпечують повноцінне та збалансоване живлення тварин усіма необхідними поживними речовинами.

Відповідно до розробленої технологічної схеми, наведеної на першому аркуші графічної частини проекту, розсипний комбікорм надходить до норії (поз. 1) марки Н-50. Далі за допомогою перекидних клапанів (поз. 2) марки КД-2 продукт спрямовується або на фасування, або до накопичувальних бункерів (поз. 4), місткість яких забезпечує безперервну роботу виробництва протягом зміни.

У технологічних лініях гранулювання над кожним пресом доцільно встановлювати не менше двох накопичувальних бункерів. Поки один із них забезпечує подачу продукту до гранулятора, другий заповнюється комбікормом. Таке рішення дозволяє уникнути живлення преса «на проліт» та запобігає самосортуванню компонентів кормової суміші.

Перед накопичувальними бункерами встановлені магнітні колонки (поз. 3) марки КМ-50, призначені для вилучення металоманітних домішок із комбікормової маси. Їх використання дозволяє захистити матрицю гранулятора від пошкоджень сторонніми металевими предметами, які можуть випадково потрапити до продукту.

Із накопичувального бункера комбікорм за допомогою шнеків подається до надгрануляторного бункера (поз. 5) місткістю 16 м<sup>3</sup>. Його об'єм забезпечує стабільну роботу прес-гранулятора протягом приблизно двох годин без додаткового поповнення запасу продукту.

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Далі кормова суміш через шнековий дозатор (поз. 6) надходить до подвійного кондиціонера (поз. 7). У цьому апараті комбікорм обробляється сухою парою, яка подається під тиском 0,35–0,4 МПа за температури 110–130 °С. У процесі кондиціонування вологість продукту доводиться до 22 %. Під впливом пари кормова маса нагрівається, розм'якшується та набуває більш пластичних властивостей. У результаті створюються сприятливі умови для подальшого ущільнення матеріалу в робочій зоні гранулятора.

Питомі витрати пари становлять 60–80 кг на одну тонну сировини. Після завершення кондиціонування вологість комбікорму підвищується до 13–17 %, а його температура досягає 65–75 °С.

Підготовлена суміш надходить до гранулятора (поз. 8) марки С-750 продуктивністю 10 т/год. У пресувальному вузлі гранулятора розташовані кільцева матриця, що обертається, та два пресуючі ролики. Під дією сил тертя продукт захоплюється в клиноподібний зазор між роликом і матрицею. У міру переміщення матеріалу відбувається його ущільнення, внаслідок чого щільність кормової маси поступово зростає.

Коли величина стискаючих напружень перевищує опір матеріалу, який уже знаходиться у фільерах матриці, комбікорм починає продавлюватися крізь отвори матриці та переміщуватися вздовж них. Одночасно на зовнішній поверхні матриці формуються гранули необхідної форми та щільності. Процес триває до моменту проходження фільери через ділянку з мінімальним зазором між роликом і матрицею.

Після виходу з фільер сформовані гранули зрізаються двома ножами. Змінюючи положення ножів відносно поверхні матриці, можна регулювати довжину готових гранул. На міцність гранульованого продукту впливають ступінь пропарювання комбікорму та величина зазору між матрицею і роликами.

У процесі гранулювання допускається використання зв'язуючих речовин як разом із пропарюванням, так і без нього. Їх введення сприяє не лише підвищенню міцності гранул, але й дозволяє зменшити витрати пари та

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

електроенергії, а також підвищити продуктивність обладнання. Як правило, кількість таких добавок не перевищує 3 % від маси продукту.

Після пресування гранули надходять на охолодження до протиточного охолоджувача (поз. 10) марки ТК-2200. Основною метою цього процесу є зниження температури гранул до значення, яке перевищує температуру навколишнього середовища не більше ніж на 5–10 °С, а також видалення надлишкової вологи, отриманої під час кондиціонування.

Перед охолоджувачем встановлений шлюзовий затвор (поз. 9), який запобігає підсмоктуванню повітря через приймально-розподільний пристрій та забезпечує рівномірний розподіл повітряних потоків у камері охолодження.

Безпосередньо після виходу з матриці гранули мають недостатню механічну міцність і залишаються м'якими. Після проходження стадії охолодження їх структура стабілізується, а міцність значно підвищується. Кількість продукту, що надходить до охолоджувача, відповідає кількості гранул, які з нього вивантажуються, що створює умови для безперервної роботи обладнання та ефективного теплообміну.

Наступною технологічною операцією є отримання крупки шляхом подрібнення гранул на вальцювому подрібнювачі (поз. 11) марки КР 16-2. Для годівлі молодняку птиці необхідно використовувати гранули діаметром 2–3 мм. Однак безпосереднє виробництво таких гранул є економічно недоцільним через істотне зниження продуктивності прес-грануляторів та збільшення енергетичних витрат.

Зокрема, під час переходу від виробництва гранул діаметром 4,7 мм до гранул діаметром 2,4 мм продуктивність преса зменшується майже у чотири рази, тоді як питомі витрати електроенергії зростають більш ніж удвічі. Саме тому дрібногранульовані комбікорми отримують шляхом подрібнення гранул діаметром 4,7–9,7 мм із подальшим їх калібруванням на ситах відповідного розміру.

Процес подрібнення організовують таким чином, щоб мінімізувати утворення дрібної фракції, яка повертається на повторне гранулювання.

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

Кількість цієї фракції не повинна перевищувати 30 %, тоді як вихід готової крупки має становити не менше 70 %.

За необхідності виробництва гранул без подальшого подрібнення продукт може направлятися в обхід вальцьового подрібнювача. Для цього у конструкції обладнання передбачено спеціальний перекидний клапан.

Після завершення всіх технологічних операцій гранульований комбікорм транспортується шнеком і ковшовою норією (поз. 12) марки Н-20. Далі за допомогою перекидного клапана продукт не надходить на просіювач (поз. 13) марки G0534, а самопливом спрямовується на транспортер, який подає готові гранули до бункерів готової продукції або на ділянку фасування.

Продукти, отримані після подрібнення гранул, надходять на просіювач (поз. 13) марки G0534, оснащений двома ситами. Верхнє сито призначене для відокремлення частинок, розміри яких перевищують допустимі значення для даного виду крупки. Нижнє сито використовується для виділення дрібної фракції та мучки, які повертаються на повторне гранулювання.

Матеріал, що сходить з верхнього сита, направляється на додаткове подрібнення. Крупка необхідної фракції отримується сходом з нижнього сита та надалі подається до складу готової продукції або на дільницю фасування й пакування.

Фасування продукції здійснюється на одній із двох технологічних ліній залежно від виду комбікорму. Продукт, що транспортується конвеєром, за допомогою поворотного кола (поз. 14) марки РС-8-220 розподіляється між шістьма металевими вентиляційними силосами (поз. 15), які виконують функцію накопичення готової продукції.

Із визначених трьох силосів комбікорм за допомогою скребкового конвеєра подається до норії (поз. 16) марки У13-УН50, яка транспортує його до цеху фасування та пакування. Тут встановлений ваговий дозатор (поз. 17), що забезпечує відмірювання заданої маси продукції. Віддозований комбікорм через завантажувальну горловину надходить у мішок, який фіксується спеціальними затискними пристроями.

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

Після наповнення мішки зашиваються мішкозашивною машиною (поз. 18) марки К4-БУМ. Далі готова продукція переміщується транспортерами до палетопакувальної машини (поз. 19) марки Spider EXP-308, де формується палета на піддоні. Сформовані палети транспортуються на склад для подальшого зберігання та відвантаження споживачам.

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

Гранулювання (від латинського слова *granulum* — зернятко) являє собою процес перетворення розсипних кормових сумішей у гранули шляхом пресування. У результаті такої обробки отримують щільні частинки певної форми — циліндричної, сферичної або близької до неї. Гранульовані комбікорми можуть виготовлятися як вологим, так і сухим способами.

У промислових умовах виробництва комбікормів для сільськогосподарських тварин переважно використовується сухий спосіб гранулювання. Для отримання гранул необхідної міцності кормову суміш перед пресуванням піддають обробці гострою парою. Крім того, до складу продукту можуть вводитися меляса або інші зв'язуючі компоненти, що сприяють покращенню структури та механічної міцності гранул.

Обсяги виробництва комбікормової продукції та її якісні показники значною мірою визначаються вибором технологічної схеми. Саме тому важливим завданням є створення та впровадження сучасних технологічних рішень, які забезпечують ефективне виконання основних операцій виробничого процесу. Результативність таких схем безпосередньо залежить від технічного рівня обладнання, що використовується на підприємстві.

Постійне зростання вимог до якості комбікормів, особливо тих, що містять рідкі компоненти, обумовлює необхідність удосконалення технологічних процесів, модернізації технологічного обладнання та впровадження сучасних систем автоматизованого керування.

										Арк.
										17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

Протягом тривалого періоду на більшості вітчизняних комбікормових підприємств експлуатувалися установки для гранулювання радянського виробництва. Однією з найбільш поширених була установка ДГ, призначена для виготовлення гранульованих комбікормів методом сухого пресування (рисунок 3.1).

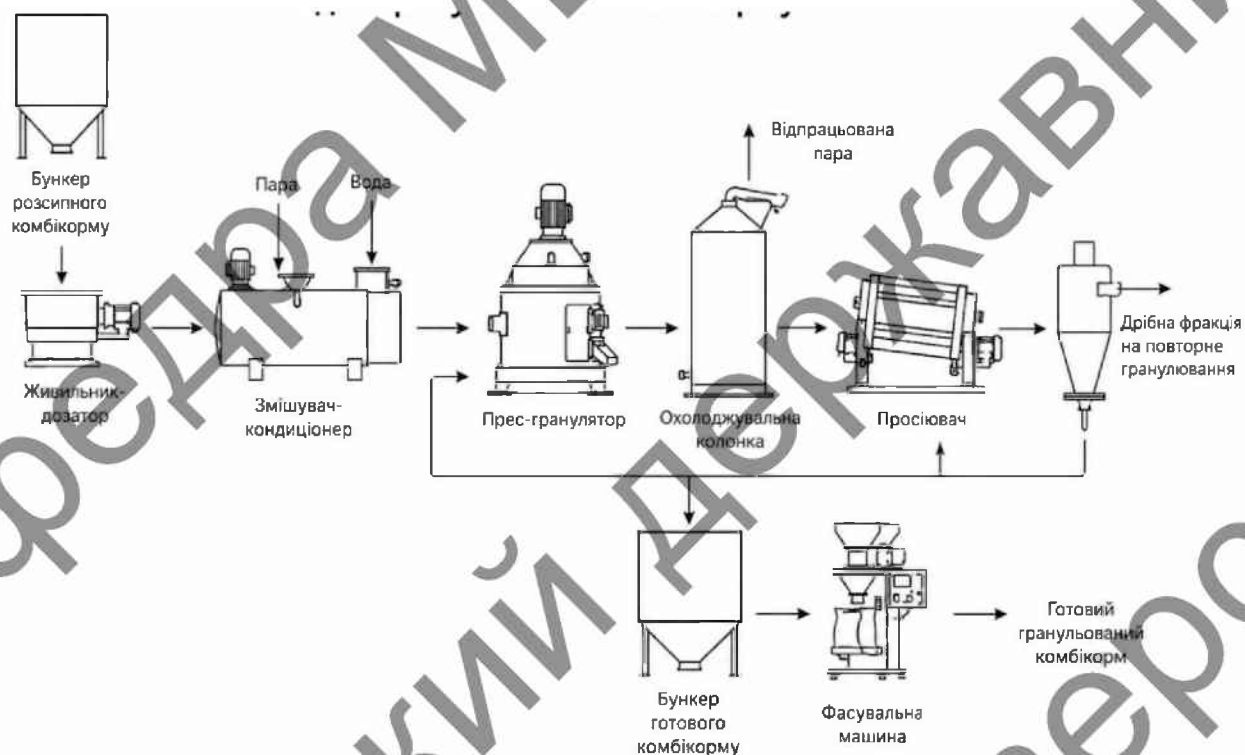


Рисунок 2.1 – Технологічна схема роботи установки ДГ для гранулювання комбікормів

Прес-гранулятор ДГ-1 призначений для виробництва гранульованих комбікормів методом сухого пресування. До складу його конструкції входять живильний шнек, змішувач і пресувальний вузол. Основним призначенням живильника є забезпечення безперервної та рівномірної подачі комбікормової суміші до змішувача.

У корпусі живильника 1 встановлено шнек 2, який приводиться в рух електродвигуном потужністю 0,8 кВт через шестеренчастий редуктор і варіатор (рисунок 3.2). Наявність варіатора дозволяє змінювати частоту обертання шнека,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

завдяки чому можна регулювати продуктивність гранулятора залежно від виробничих потреб.

У верхній частині корпусу шнека передбачене завантажувальне вікно, а також спеціальні кришки, які забезпечують доступ до внутрішніх порожнин під час очищення та промивання обладнання. У нижній частині корпусу розташоване вікно 9, через яке продукт надходить із живильника до змішувача.

У змішувачі кормова суміш проходить стадію попередньої підготовки, яка включає зволоження, підігрівання паром або гарячою водою та введення меляси. У середині корпусу змішувача встановлено вал 5, на якому під певним кутом до осі закріплені лопаті 4. Під час обертання вала вони забезпечують інтенсивне перемішування продукту та його одночасне транспортування до розвантажувального отвору.

Привід змішувача здійснюється від електродвигуна потужністю 2,2 кВт через систему зубчастої та ланцюгової передач.

Для введення допоміжних компонентів у корпусі змішувача передбачені дві форсунки 10, через які подається гаряча вода, а також форсунки 8, призначені для розпилення меляси. У нижній частині корпусу встановлені парові камери 7, що забезпечують подачу пари до робочої зони змішувача. Вивантаження підготовленої кормової суміші здійснюється через отвір 6, розташований у нижній частині корпусу.

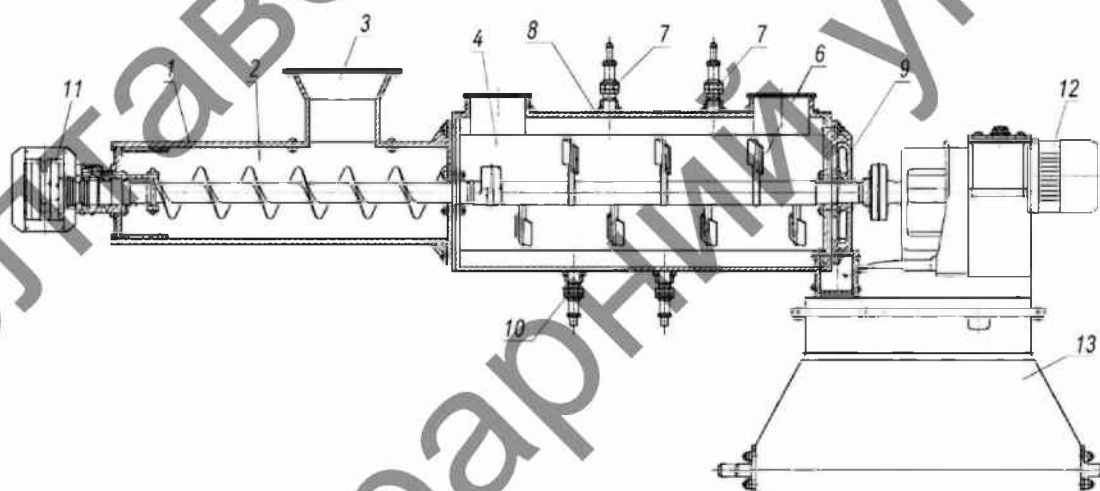


Рисунок 2.2 - Живильник і змішувач установки ДГ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

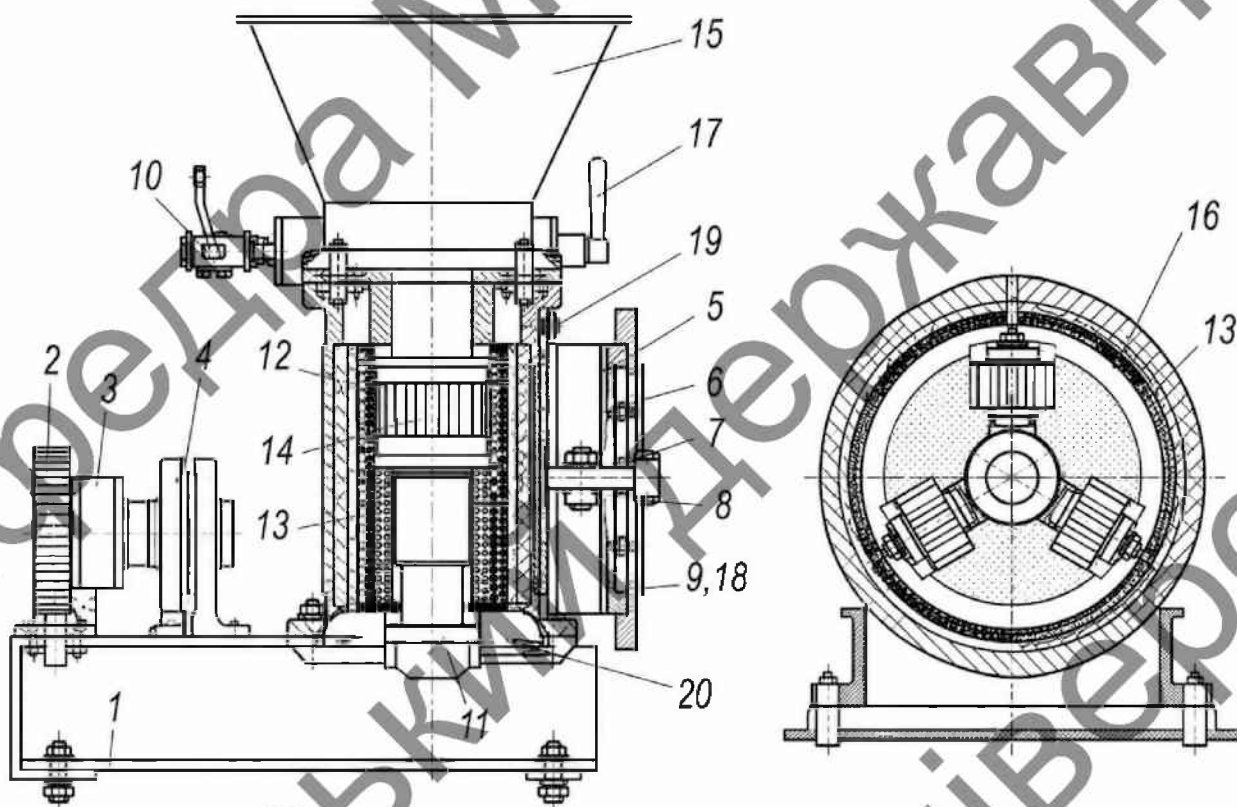
КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Арк.

19

1 - корпус; 2 - шнек; 3 - завантажувальний отвір; 4 - лопать; 5 - вал; 6,9 - розвантажувальні вікна; 7 - парові камери; 8,10 - форсунки; 11 - привід шнека живильника; 12 - привід змішувача; 13 - корпус прес-гранулятора.

Пресуючий вузол складається із змінної матриці 13, яка розміщена у вертикальній площині, і двох пресуючих роликів 14; їх осі розміщені вертикально (рис 3.3).



1 - рама; 2 - вал-шестерня; 3 - муфта; 4 - шестерня; 5 - планшайба; 6 - стакан; 7 - фланець; 8 - штифт; 9,18 - гайки; 10 - кінцевий вимикач; 11 - вісь; 12 - корпус; 13 - матриця; 14 - ролик; 15 - воронка; 16 - скребок; 17 - штурвал; 19 - гвинт; 20 - ніж.

Рисунок 2.3 – Прес-гранулятор ДГ-І

Прес-гранулятор приводиться в дію електродвигуном, від якого через муфту 3 крутний момент передається на вал-шестерню 2 редуктора. Вихідний вал редуктора одночасно виконує функцію робочого шпинделя преса. На ньому закріплена шестерня 4, а конструктивно він виготовлений як єдине ціле з планшайбою 5.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

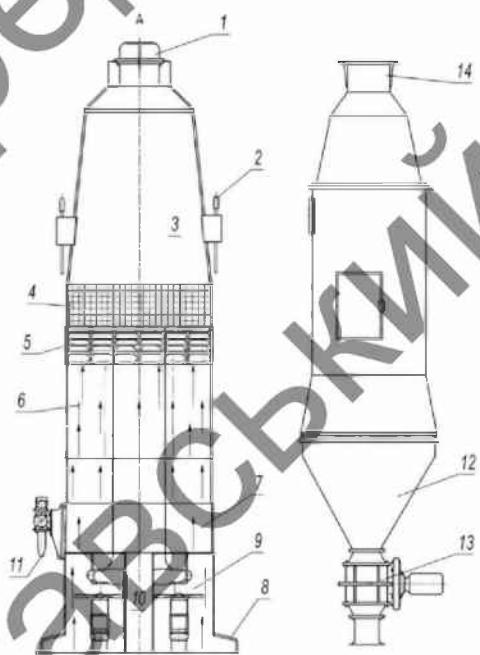
КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Арк.  
20

Шпindel ь являє собою порожнистий вал, усередині якого розташована центральна вісь 11. Один її кінець через фланець 7 спирається на підшипник, встановлений у стакані 6. На фланці та стакані передбачені спеціальні приливи з отворами для встановлення запобіжних штифтів 8. Над фланцем розташований кінцевий вимикач 10.

У випадку перевантаження або заклинювання матриці 13 зусилля, що виникає в механізмі, зрізає запобіжні штифти. У результаті цього нерухома вісь 11 разом із фланцем 7 повертається та впливає на ролик кінцевого вимикача. Після спрацювання вимикача електродвигун гранулятора автоматично відключається, що запобігає пошкодженню обладнання.

Для забезпечення надійного змащування пресувальних роликів 14 в осі 11 виконані два поздовжні канали, через які подається мастильний матеріал. До



1 - аспіраційний патрубок; 2 - вимірювальні перетворювачі рівня; 3 - внутрішня порожнина; 4 - сітка; 5 - жалюзі; 6 - повітряні канали; 7 - внутрішня камера; 8 - підстава колонки; 9 - крильчатка; 10 - заслінки; 11 - клапан; 12 - бункер; 13 - розподільник; 14 - завантажувальний патрубок.

Рисунок 2.4 - Охолоджувальна колонка

регулюватися. Завдяки цьому забезпечується можливість отримання гранул

дверцят корпусу прикріплена завантажувальна воронка, у верхній частині якої встановлена кришка, призначена для відбору проб комбікорму під час роботи установки. Після запуску установки комбікорм надходить до живильника, який забезпечує його рівномірне подавання у змішувач у необхідній кількості. На зовнішній поверхні циліндричної кришки гранулятора змонтовано два механізми підведення ножів 20, призначених для зрізання сформованих гранул.

Положення ножів відносно матриці, що обертається, може

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Арк.  
21

різної довжини. Під час обертання штурвала 17 гвинт 19, на якому закріплений ніж 20, переміщується у поздовжньому напрямку, наближаючи або віддаляючи ніж від поверхні матриці 13. Після налаштування необхідного положення гвинт фіксується стопорною гайкою 14.

Пресувальний ролик змонтований на підшипниках і обертається навколо ексцентрикової осі. Така конструкція дозволяє за допомогою спеціальних важелів змінювати величину зазору між роликом і матрицею. Перед початком роботи ролик необхідно підвести до внутрішньої поверхні матриці таким чином, щоб вона лише незначно обертала його.

У системі подачі пари до змішувача встановлено манометр, редукційний клапан для зниження тиску та електроконтактний манометр. Якщо тиск пари знижується нижче  $3 \cdot 10^5$  Па, електроконтактний манометр автоматично перекриває подачу пари через клапан і вимикає електродвигун гранулятора.

Після пресування гранули залишають прес із температурою в межах 50–80 °С. Для зниження температури та видалення надлишкової вологи їх направляють до спеціальної охолоджувальної колонки. Охолоджувач може використовуватися як окремий агрегат або встановлюватися безпосередньо над подрібнювачем.

Охолоджувальна колонка ДГ-II (рисунок 3.4) складається з двох робочих охолоджувальних секцій 3 — правої та лівої. У верхній частині обладнання розташований бункер 12, всередині якого встановлений розподільник 13, що забезпечує поділ потоку гранул на дві рівні частини.

Під час завантаження гранули одночасно надходять до обох секцій. З внутрішнього боку стінки секцій обладнані сітками 4, а із зовнішнього — жалюзі 5. Під час роботи охолоджувача повітря засмоктується через жалюзі, проходить крізь шар гранул та сітчасті поверхні, після чого потрапляє до внутрішньої камери 7, розташованої між двома секціями.

Далі повітряний потік через дифузор у бічній стінці спрямовується до відцентрового пилового вентилятора. Для підтримання високої ефективності роботи охолоджувача сітки необхідно періодично очищати, оскільки їх

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

засмічення призводить до погіршення умов охолодження гранул. З цією метою в торцевих стінках передбачені оглядові вікна, закриті дверцятами.

На повітропроводі між охолоджувальною колонкою та вентилятором встановлена регульовальна заслінка, яка дозволяє змінювати витрату і тиск повітря. Робоча витрата повітря становить від 7 до 15 тис. м<sup>3</sup>/год.

У нижній частині колонки розташований розвантажувальний пристрій, виконаний у вигляді двох валів із лопатями. Під час обертання крильчатки створюється рівномірний потік комбікорму, що вивантажується з охолоджувача. Необхідну продуктивність регулюють зміною величини робочого зазору між заслінками і лопатями крильчатки.

Привід розвантажувального механізму здійснюється від електродвигуна потужністю 0,7 кВт через редуктор і варіатор швидкості. Частота обертання крильчатки може змінюватися в межах від 0,7 до 7,0 об/хв.

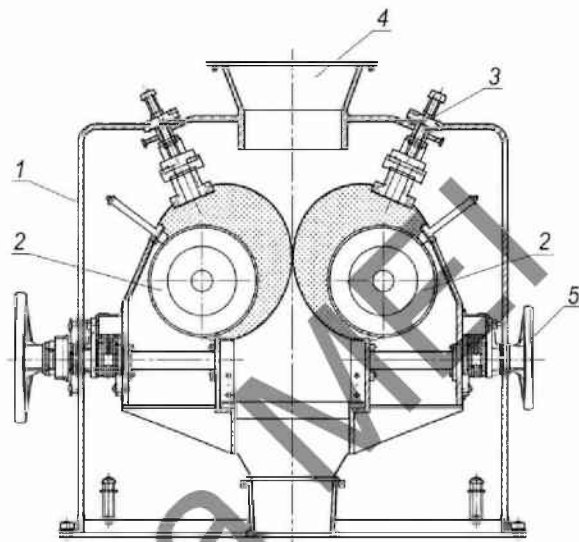
Для підтримання постійного рівня заповнення колонки на стінці бункера 12 встановлені вимірювальні перетворювачі рівня 2. Вони з'єднані з електричною схемою приводу розвантажувального пристрою. Після досягнення продуктом заданого рівня датчик подає сигнал на включення розвантажувального механізму. При зниженні рівня комбікорму нижче встановленого значення привід автоматично відключається.

У верхній частині бункера змонтовано аварійний датчик рівня. Якщо комбікорм досягає його позначки, автоматично вимикається привід змішувача та припиняється подача пари до системи.

На початковому етапі роботи, коли колонка ще не заповнена гранулами, основний потік охолоджувального повітря спрямовують через нижню частину установки. Для цього заслінку повітряного каналу встановлюють у горизонтальне положення. Після заповнення колонки гранулами заслінку переводять у вертикальне положення, внаслідок чого повітря починає рівномірно засмоктуватися через всю площу жалюзі.

Тривалість охолодження гранул у колонці становить у середньому від 5 до 10 хвилин.

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				



1 - корпус; 2 - валок; 3 - клапани; 4 - приймальний отвір; 5 - штурвал.

Рисунок 2.5 - Подрібнювач ДГ-III

Під час виробництва гранул малого діаметра продуктивність прес-грануляторів суттєво зменшується. З огляду на це більш доцільним є виготовлення гранул більшого розміру з їх подальшим подрібненням до необхідної крупності. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність роботи обладнання та знизити питомі витрати енергії.

Для подрібнення гранул діаметром до 10 мм у крупку заданого розміру використовується подрібнювач ДГ-III (рисунок 3.5). Основними елементами його конструкції є корпус 1 та встановлений над ним охолоджувач. У середині корпусу розміщені два валки 2, які обертаються назустріч один одному. Валки виготовлені з вибіленого чавуну, що забезпечує їх високу зносостійкість під час роботи.

Частота обертання ведучого валка становить 482 об/хв, тоді як ведений валок обертається з частотою 336 об/хв. Привід валків здійснюється від електродвигуна потужністю 13 кВт. Обертання на ведений валок передається від ведучого за допомогою клинопасової передачі.

Для покращення захоплення гранул і підвищення ефективності їх подрібнення на робочих поверхнях валків виконані рифлення. Рифлі ведучого

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Арк.

24

валка розташовані по гвинтовій лінії під кутом  $80^\circ$ , тоді як на веденому валку кут нахилу становить  $2^\circ$ . Така конструкція сприяє рівномірному переміщенню та дробленню матеріалу в робочій зоні.

Регулювання крупності готової крупки здійснюється за допомогою штурвала 5, який дозволяє змінювати відстань між валками. Під час налаштування обладнання особливу увагу приділяють забезпеченню паралельності валків. Нерівномірний зазор між ними може призвести до прискореного зношування робочих поверхонь та погіршення якості подрібнення, що не забезпечить отримання продукту необхідної крупності.

У випадках, коли подрібнення гранул не передбачене технологічним процесом, продукт може транспортуватися в обхід валків. Для цього клапан 3 переводять у відповідне положення, забезпечуючи проходження гранул поза зоною подрібнення.

Установка Е8-ДГБ призначена для виробництва гранульованих комбікормів, до складу яких входять легкі компоненти. За принципом роботи та загальною конструктивною схемою вона практично не відрізняється від установки ДГ. Основною особливістю є наявність двох прес-грануляторів замість одного, що дозволяє збільшити продуктивність лінії.

Конструкція прес-грануляторів та охолоджувальної колонки установки Е8-ДГБ в основному аналогічна обладнанню, яке використовується в установці ДГ. Водночас подрібнювач до складу даного комплексу не входить.

Аналіз технічної бази обладнання, яке випускається вітчизняними виробниками, свідчить про наявність широкого спектра машин і агрегатів, здатних забезпечити виробництво комбікормів із заданими показниками поживної цінності. За необхідності комбікормові підприємства можуть бути повністю укомплектовані обладнанням вітчизняного виробництва для випуску високоякісної продукції.

Разом із тим основними критеріями вибору обладнання залишаються якість його виготовлення, надійність роботи в умовах тривалої експлуатації та

									Арк.
									25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

рівень технологічної ефективності, що безпосередньо впливають на економічні показники виробництва.

Технічна характеристика установок для гранулювання комбикормів наведена нижче.

Показники	ДГ	Е8-ДГБ
Продуктивність, т/год	8-10	5-10
Діаметр гранул, мм	4,7; 7,7; 9,7	12,7; 19,0
Витрата пари, кг/год	400	300-500
Тиск пари, 10 <sup>5</sup> Па	3,5-4,0	3,5-4
Температура гранул після преса, °С	50-80	50-80
Вологість гранул, %	13-17	13-17
Потужність електродвигунів, кВт	118	105
Внутрішній діаметр матриць, мм	406	406
Частота обертання, об/хв:		
шнека-живильника	5,15-52,5	-
змішувача	121	121
матриць	213	213
Маса, кг	3230	2520

Найбільшого поширення на комбикормових підприємствах набули установки для гранулювання, які виробляються провідними світовими компаніями: «Van Aarsen» (Нідерланди), «Andritz Sprout» (Данія), «Sprout-Bauer» (Австралія), «Bühler» (Швейцарія), «GBS» (Італія) та іншими відомими виробниками технологічного обладнання. Грануляційні комплекси цих фірм характеризуються високим технічним рівнем, значною продуктивністю, якісним виконанням конструктивних елементів, використанням сучасних матеріалів, комплектувальних виробів, контрольно-вимірювальної апаратури та автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Розглянемо одну з найбільш поширених конструкцій грануляційного обладнання та її основні особливості.

Компанія «Van Aarsen» випускає чотири типорозміри прес-грануляторів серії «Компакт» — 500, 600, 750 та 900. Внутрішній діаметр матриць цих машин становить від 500 до 900 мм, а загальна встановлена потужність змінюється в межах від 75 до 315 кВт.

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Подібно до вітчизняних грануляційних ліній, комплекси цієї компанії включають прес-гранулятори серії «Компакт», протиточні охолоджувачі типу ТК, подрібнювачі гранул типорозмірів КР10.2 і КР16.2, а також сепаратори для просіювання продуктів після подрібнення.

На кресленні першого аркуша представлено загальний вигляд прес-гранулятора «Компакт-750». Установка монтується на фундаментній плиті за допомогою основи (поз. 1). На сталевій рамі змонтований корпус преса (поз. 2), виконаний із товстолистової сталі. Пресувальна зона закривається відкидною кришкою (поз. 3), конструкція якої забезпечує зручний доступ до основних вузлів обладнання.

Особливістю даної моделі є об'єднання тримача матриці (поз. 5) та приводного шківця (поз. 6) в один конструктивний вузол. Таке рішення значно спрощує обслуговування та ремонт прес-гранулятора. На відкидній кришці встановлені ножі (поз. 4), положення яких можна регулювати для отримання гранул необхідної довжини.

Кільцева матриця (поз. 7) кріпиться до торцевої поверхні тримача (поз. 5) за допомогою каліброваних болтів (поз. 8). Подібна схема кріплення забезпечує надійне прилягання деталей, виключає появу зазорів і зменшує інтенсивність зношування посадкових поверхонь.

Осі пресувальних роликів (поз. 9) встановлюються у спеціальних гніздах тримача матриці та додатково фіксуються притискною плитою (поз. 10). Це дозволяє роликам вільно обертатися під час роботи та водночас забезпечує їх надійне закріплення.

У верхній частині прес-гранулятора розташований подвійний кондиціонер-змішувач (поз. 12), через який підготовлений та пропарений комбікорм подається до пресувальної секції через патрубок (поз. 11).

Конструкція приводу (поз. 13) детально наведена на п'ятому аркуші графічної частини проекту. Головний електродвигун (поз. 12) через клинопасову передачу (поз. 10) передає крутний момент на проміжний вал (поз. 4),

									КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

встановлений у підшипникових опорах (поз. 3), жорстко закріплених на корпусі преса.

Подальша передача обертання здійснюється через шків 14 за допомогою плоскопасової передачі безпосередньо до тримача матриці та самої матриці. Така схема дозволяє відмовитися від використання складного редуктора, підвищити надійність приводу та значно спростити регулювання частоти обертання матриці шляхом заміни шківів різного діаметра. По суті, реалізується принцип контрпривода.

Конструкцією передбачено ефективний захист обладнання від перевантажень, а також автоматизовану систему змащування основних вузлів. Додатковою перевагою є застосування системи швидкої заміни матриці «Quick Fit», яка дозволяє виконувати демонтаж і монтаж матриці за мінімальний час.

Для виконання цієї операції використовується ручна лебідка (поз. 14), спеціальні скоби та комплект допоміжного інструменту, що входить до складу обладнання. Лебідка встановлена на каретці (поз. 15), яка переміщується вздовж напрямної за допомогою роликів, забезпечуючи зручне горизонтальне переміщення вантажу.

Підготовлений комбікорм надходить до пресувальної зони, де розташовані кільцева матриця (поз. 7), що обертається, та два пресувальні ролики (поз. 9). Під впливом сил тертя продукт захоплюється у клиноподібний зазор між матрицею та роликом.

У процесі проходження через цей зазор кормова маса ущільнюється, внаслідок чого її щільність поступово зростає. Коли тиск перевищує опір матеріалу, що вже знаходиться у фільтрах матриці, продукт починає продавлюватися через отвори матриці.

У міру проходження через фільтри комбікорм набуває форми гранул із необхідними геометричними параметрами, щільністю та міцністю. На виході з матриці гранули зрізаються ножами (поз. 4), після чого надходять на наступні стадії технологічного процесу.

										Арк.
										28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

Надійна та безаварійна робота обладнання значною мірою залежить від правильного виконання вимог експлуатації та дотримання правил техніки безпеки.

Обслуговування прес-гранулятора повинно здійснюватися спеціально підготовленим працівником, який ознайомлений із конструкцією обладнання та призначений наказом адміністрації підприємства.

Перед запуском установки необхідно відкрити відкидну кришку прес-гранулятора та перевірити робочу зону на відсутність сторонніх предметів. Додатково контролюють стан зони вивантаження готової продукції та надійність кріплення пресувальних роликів.

Також перед початком роботи необхідно перевірити затягування болтових з'єднань, справність заземлення, наявність і надійність кріплення захисних кожухів та інших елементів безпеки.

У процесі експлуатації обслуговуючий персонал повинен стежити за тим, щоб до гранулятора не потрапляли сторонні предмети. Робоча зона має підтримуватися в належному санітарному стані. Не допускається наявність мастила, калюж та сторонніх предметів поблизу обладнання.

Після завершення роботи частоту обертання дозатора (живильного шнека) поступово знижують до мінімального значення. Через декілька хвилин вимикають електроживлення приводу, зменшують подачу пари та зупиняють живильник.

Після повного спорожнення змішувача припиняють подачу пари і вимикають сам змішувач. Прес-гранулятор відключають лише після повного виходу гранульованого продукту з робочої зони.

Для полегшення наступного запуску необхідно очистити завантажувальну воронку та внутрішню поверхню матриці від залишків кормової суміші.

До роботи з гранулятором допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли відповідний інструктаж з охорони праці, ознайомлені з правилами техніки безпеки та вивчили конструкцію обладнання.

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

## Технічна характеристика прес-гранулятора

Розрахункова продуктивність при діаметрі отворів матриці 4,7 мм, т/год ... 10

Матриця:

внутрішній діаметр, мм .....	750
частота обертання, об/хв .....	150
Діаметр роликів, мм .....	320
Електродвигун типу 5AMS154:	
потужність, кВт .....	160
частота обертання, об/хв .....	1500
Габаритні розміри, мм:	
довжина .....	2940
ширина .....	2050
висота .....	2780

Після виходу з прес-гранулятора температура гранул становить 50–80 °С, тому вони потребують охолодження та видалення надлишкової вологи. Для цього використовують спеціальні охолоджувальні колонки.

У протиточному охолоджувачі на завершальній стадії процесу гранули контактують із зовнішнім повітрям, тоді як на початку охолодження гарячий продукт взаємодіє з уже нагрітим повітрям. Завдяки цьому різниця температур між продуктом та охолоджувальним агентом є мінімальною.

Така схема дозволить уникнути виникнення так званого теплового удару, що може спричинити руйнування структури гранул. Внаслідок цього зберігається їх механічна міцність та забезпечується стабільна якість готової продукції.

Додатковою перевагою є відсутність різких змін температури та вологості під час вивантаження продукту з охолоджувача, що позитивно впливає на його якісні показники.

Повітряний потік рухається вертикально назустріч потоку гранул. Спочатку він проходить через нижні, вже охолоджені шари продукту, а потім підіймається до верхньої частини охолоджувача, де контактує з більш гарячими гранулами.

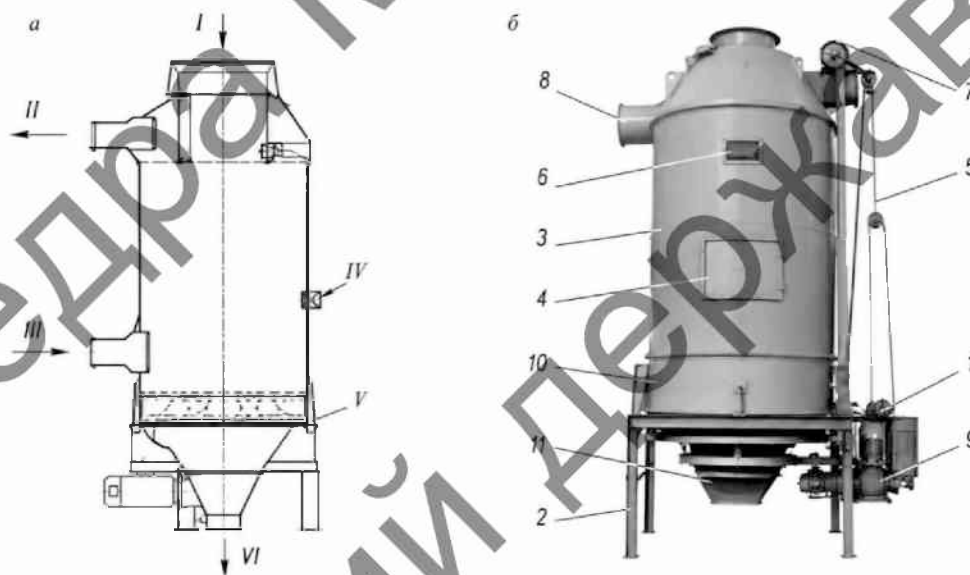
Температура відпрацьованого повітря наприкінці процесу практично відповідає початковій температурі гранул. Використання принципу протитоку

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

дозволяє значно скоротити витрати повітря та підвищити ефективність охолодження.

Протиточні охолоджувачі типу ТК, які випускає компанія «Van Aarsen», представлені чотирма типорозмірами та забезпечують продуктивність від 1 до 10 т/год.

На рисунку 2.8 наведено технологічну схему та загальний вигляд протиточного охолоджувача ТК-1800 продуктивністю 4–9 т/год.



*а - технологічна схема; б - зовнішній вигляд; I - подача гранул з прес-гранулятора; II - відпрацьоване тепле повітря; III - підведення охолодженого повітря; IV - датчик рівня; V - розсікач; VI - вихід охолоджених гранул ; 1 - підставка - рама випускного механізму; 2 - стійки; 3 - корпус; 4 - фортка; 5 - система тросів і блоків; 6 - вікно; 7 - каркас регулювального пристрою; 8 - патрубок; 9 - пристрій випускного механізму; 10 - рукоятка регулювання установки розсікача; 11 - випускна воронка*

Рисунок 2.8 – Протиточний охолоджувач ТК-1800

До складу протиточного охолоджувача входять чотири основні вузли: приймально-розподільчий пристрій 7, 8, вертикальна охолоджувальна шахта, виконана у вигляді восьмигранного корпусу 3, розвантажувальний механізм із гідравлічним приводом 9 та випускна воронка, через яку охолоджений продукт подається на наступну технологічну операцію — подрібнення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Подача гранул до охолоджувача здійснюється самопливом через шлюзовий затвор або за допомогою шнекового транспортера. Використання шлюзового затвора дозволяє запобігти неконтрольованому підсмоктуванню повітря через приймально-розподільчий вузол та забезпечує більш рівномірний розподіл повітряного потоку всередині охолоджувальної камери.

У верхній частині корпусу передбачені спеціальні вікна 6, через які відпрацьоване повітря відводиться до циклона для очищення від пилу, після чого надходить до вентилятора і викидається в атмосферу.

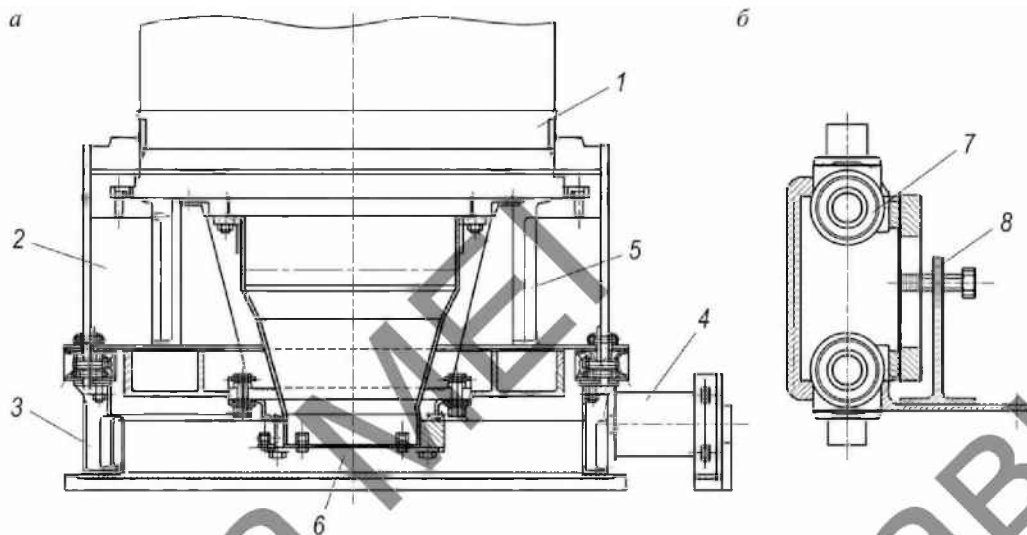
У нижній частині охолоджувача змонтований розвантажувальний механізм щілинного типу (рисунок 2.9), принцип дії якого подібний до механізмів, що використовуються у вітчизняних охолоджувальних шахтах. Основним його елементом є рухома каретка, яка внаслідок зворотно-поступального руху періодично відкриває та перекриває випускні отвори, регулюючи тим самим інтенсивність вивантаження продукту.

У протиточному охолоджувачі ТК переміщення каретки здійснюється за допомогою гідроциліндра 4 прямого та зворотного ходу. Робота гідроциліндра контролюється з пульта керування через систему гідророзподільників, що забезпечує точне регулювання процесу вивантаження гранул.

На відміну від охолоджувачів серії ТК, у більшості вітчизняних конструкцій для приводу розвантажувального механізму використовуються кривошипно-шпунні механізми, які мають більш просту будову, але поступаються гідравлічним системам за точністю регулювання та плавністю роботи.

У конструкції охолоджувача ТК рухома каретка 3 переміщується по опорних роликах 7. Для забезпечення правильного положення каретки та компенсації зношування елементів механізму передбачено регулювання роликів за допомогою гвинта 4. Таке конструктивне рішення забезпечує стабільну роботу розвантажувального пристрою, рівномірне вивантаження гранул та підвищує надійність експлуатації обладнання.

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				



*а - випускний пристрій; б - опорні ролики рухомої каретки; 1 - корпус; 2 - нерухома каретка; 3 - рухома каретка; 4 - гідроциліндр; 5 - опора; 6 - розпірне кільце; 7-опорний ролик; 8-регулюючий гвинт*

Рисунок 2.9 - Випускний (розвантажувальний) механізм охолоджувачів типу ПК

Розвантажувальний механізм забезпечує рівномірне та безперервне вивантаження гранул з охолоджувальної камери, що дозволяє уникнути локального переохолодження продукту. Завдяки цьому процес видалення вологи відбувається більш рівномірно, а надмірне зневоднення гранул практично виключається.

Оскільки різниця температур між гранулами та охолоджувальним повітрям на всіх стадіях процесу залишається незначною, пошкодження структури продукту не відбувається. Такий режим роботи запобігає виникненню так званого «теплого удару», який може негативно впливати на міцність гранул.

Додатковою перевагою конструкції є вертикальне переміщення продукту в охолоджувальній камері (рисунок 3.8), при якому гранули практично не перемішуються між собою. Це дозволяє забезпечити рівномірність охолодження по всьому об'єму продукту.

Процес охолодження розпочинається після заповнення нижньої частини охолоджувача гранулами та триває до моменту вивантаження останньої партії

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Арк.

33

продукту. За необхідності конструкцією передбачено встановлення проміжної решітки, яка прискорює проходження гранул через охолоджувальну камеру.

Робота розвантажувального механізму узгоджується з датчиком рівня заповнення охолоджувача. Сигнали від датчика використовуються для автоматичного запуску або зупинки гідроприводу рухомої рами, що забезпечує стабільний режим роботи обладнання.

Для більш рівномірного розподілу продукту в камері використовується розсікач потоку гранул V (рисунок 2.8). Застосування цього пристрою сприяє зменшенню утворення пилу, що позитивно впливає на санітарний стан виробничих приміщень і знижує рівень забруднення навколишнього середовища.

Зменшення кількості пилу також сприяє скороченню навантаження на пиловловлювальні системи та знижує витрати на їх технічне обслуговування. Охолоджувачі серії ТК можуть комплектуватися як розсікачами потоку гранул, так і поставлятися без них.

Регулювання положення розсікача під час налаштування режимів роботи охолоджувача здійснюється за допомогою спеціального тросового механізму, керування яким виконується рукояткою 10 (рисунок 2.8, б). За бажанням замовника може використовуватися також система з електричним приводом.

Повітропровід вентилятора приєднується до отвору, розташованого в торцевій стінці охолоджувача II (рисунок 3.8). Через патрубок 8 гранули надходять до охолоджувальної камери, потрапляють на розсікач V та рівномірно розподіляються по всьому об'єму охолоджувача.

У патрубку 8 встановлено датчик рівня IV, під яким розміщений розсікач потоку гранул. Його положення змінюється за допомогою тросового механізму 5 та рукоятки 10.

Корпус охолоджувача 3 змонтований на підставці 7, встановленій на опорних стійках 2. Для доступу до внутрішніх елементів конструкції в корпусі передбачені дверцята 4, які забезпечують можливість огляду камери охолодження та обслуговування розсікача потоку гранул.

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Для підвищення безпеки дверцята обладнані кінцевим вимикачем. У разі їх відкриття автоматично відключаються всі приводи установки.

У підставці 1 розміщений щілинний випускний механізм із приводом 9. Охолоджені гранули вивантажуються через випускний конус VI з продуктивністю, що регулюється роботою розвантажувального механізму, після чого направляються на подрібнення, фасування або відвантаження готової продукції.

Кормову крупку отримують шляхом подрібнення охолоджених гранул комбікорму з наступним просіюванням і відокремленням необхідних фракцій на ситах. Для виконання цієї операції використовують спеціальні вальцові подрібнювачі, оснащені двома рифленими валками.

Повільнообертовий валок має кільцеві рифлі, розташовані під кутом  $87^\circ$  до його осі з кроком 2,8–3,2 мм. На швидкообертовому валку виконані поздовжні рифлі під кутом  $2^\circ$  з аналогічним кроком. Така конфігурація забезпечує ефективне руйнування гранул і отримання крупки заданої крупності.

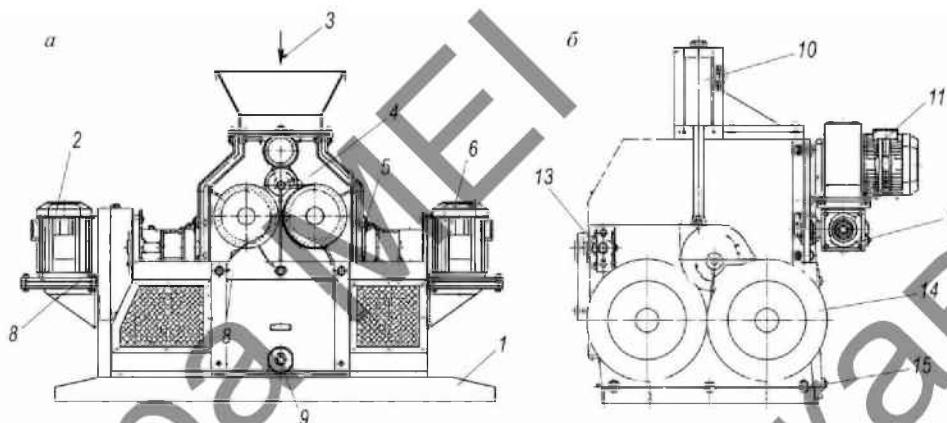
У конструкціях деяких зарубіжних подрібнювачів використовуються чотири валки, які встановлюються попарно. При виробництві кормової крупки також можуть застосовуватися вальцові верстати з нарізкою від 2,0 до 2,8 рифлів на 1 см довжини кола валка.

Компанія «Van Aarsen» випускає подрібнювачі гранул типу КР двох типорозмірів продуктивністю 6–10 та 10–20 т/год. На рисунку 3.10 наведено загальний вигляд подрібнювача гранул КР 16.2 та вузол автоматизованого регулювання міжвальцьового зазору з електричним приводом.

До основних складових подрібнювача належать: живильник або регулятор подачі продукту 4, приводи 2, 6, 11 і 13, перекидний клапан 5 з ручним або пневматичним керуванням, сталеві або чавунні валки 14 із вибіленим поверхневим шаром, механізм ручного чи автоматичного регулювання міжвальцьового зазору 10, 11, 12 та випускна воронка, для кріплення якої передбачений фланець 15.

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

Кожний подрібнювач додатково комплектується спеціальним пристроєм для відбору проб продукту, що дозволяє здійснювати контроль якості подрібнення безпосередньо під час роботи обладнання.



*а - загальний вигляд; б - вузол регулювання міжвальцьового зазору; 1 - станина; 2, 6 - приводні двигуни подрібнюючих вальців; 3 - прийомний отвір для подачі гранул з охолоджувача; 4 - живильний валик; 5 - поводок поворотного клапана; 7, 8 - огороження; 9 - перемічник; 10 - циліндр з тягою підшипникового вузла; 11 - привід механізму регулювання міжвальцьового зазору; 12 - черв'ячна передача; 13 - привід живильного валика; 14 - стаціонарний валок; 15 - фланець для приєднання впускної воронки (збірного конуса).*

Рисунок 2.10 - Подрібнювач гранул КР.16.2

Головними робочими елементами подрібнювача є два валки діаметром 200 мм, які можуть виготовлятися зі сталі або чавуну. Один із них є рухомих і має поперечні рифлі радіального профілю, тоді як другий обладнаний поздовжнім рифленням. Для підвищення зносостійкості валки виготовляють із високоміцної сталі або відливають відцентровим способом із чавуну з вибіленим поверхневим шаром товщиною 15–20 мм.

Кожний валок оснащений окремим приводом і приводиться в рух електродвигуном через плоскопасову передачу. Валок із поперечними рифлями, який є регульованим, працює з частотою обертання 610 об/хв, тоді як валок із поздовжніми рифлями обертається з частотою 920 об/хв. Різниця швидкостей обертання створює умови для виникнення деформацій зсуву, що забезпечує ефективне руйнування гранул у процесі подрібнення.

Конструкція подрібнювача передбачає захист робочих органів від пошкодження сторонніми предметами. У разі потрапляння між валками твердих включень, таких як болти, гайки або інші металеві предмети, регульований валок

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

автоматично відхиляється, пропускаючи сторонній предмет без руйнування робочих поверхонь.

Приймальний патрубок обладнаний спеціальним клапаном, який може працювати у двох положеннях. У першому положенні потік продукту спрямовується безпосередньо між подрібнювальними валками. У другому положенні комбікорм проходить в обхід робочої зони, якщо подрібнення не передбачене технологічним процесом.

Положення клапана контролюється датчиком. Керування може здійснюватися як вручну за допомогою рукоятки, так і автоматично із застосуванням пневматичних циліндрів. Система керування клапаном заблокована з приводом валків. Якщо продукт направляється в обхід подрібнювальної зони, привід валків автоматично вимикається.

Процес подрібнення відбувається таким чином. Через приймальний отвір гранули надходять на живильний валок, який обертається з постійною швидкістю та забезпечує рівномірний розподіл продукту по всій робочій ширині валків. Отримання необхідної крупності готового продукту досягається шляхом регулювання зазору між валками.

У випадку, коли подрібнення гранул не потрібне, продукт за допомогою перекидного клапана спрямовується в обхід валків. При цьому робота подрібнювача припиняється. Для контролю якості подрібнення та відбору проб готового продукту з обох боків машини передбачені спеціальні люки.

Для розділення продуктів подрібнення за фракційним складом використовуються ситові сепаратори або просіювальні машини. Вони забезпечують відокремлення дрібних частинок від гранул комбікорму, а також поділ гранульованої крупки на фракції необхідної крупності.

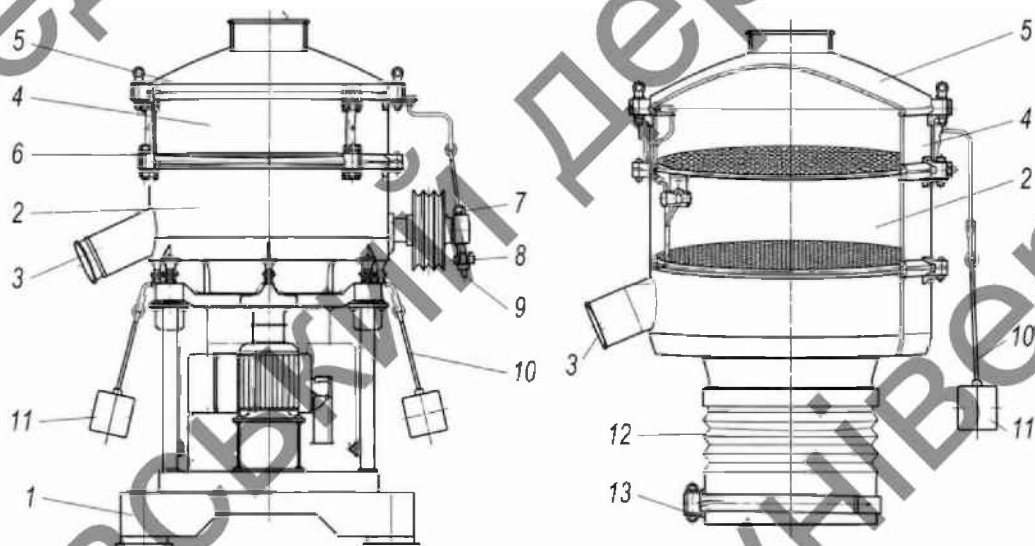
Протягом тривалого часу установки для гранулювання комбікормів типів ДГ, ДГВ і ДГЕ комплектувалися серійними ситовими сепараторами ЗСП-10 виробництва об'єднання «Мелынвест». Дані машини широко застосовувалися для просіювання гранул і кормової крупки, однак на сьогодні їх серійний випуск припинено.

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

У зв'язку з цим сучасні вітчизняні виробники обладнання для грануляційних ліній переважно використовують сепаратори з плоскими ситами, які забезпечують необхідну ефективність класифікації продукту та відповідають сучасним вимогам виробництва.

Компанія «Van Aarsen» для просіювання гранул і гранульованої крупки застосовує машини типів TRZ та VZ. Просіювач TRZ призначений для відокремлення від гранульованої крупки неподрібнених гранул і дрібнодисперсних частинок, а також для очищення гранул від надлишкової дрібної фракції, що утворюється під час транспортування та подальшої обробки продукту.

На рис. 2.11 показана конструкція просіювальної машини VZ



1 - підставка; 2 - ситовий корпус; 3 - випускний патрубок; 4 - сито просіювача; 5 - кришка; 6 - огорожа; 7 - привідний шків; 8 - натяжний пристрій; 9 - стопорна гайка; 10 - підвіса; 11 - протизвага; 12 - гнучкий рукав; 13 - стяжне кільце

Рисунок 2.11 - Конструкція просіювальної машини VZ

Просіювальна машина призначена для відокремлення дрібних пилоподібних частинок від гранульованого продукту. Її конструкція включає рухомий ситовий корпус і підставку 7. На рухомому корпусі закріплюється прямокутне сито з однаковими за розміром отворами, через які здійснюється розділення продукту за фракційним складом.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Ситовий корпус у чотирьох точках приєднаний до основи, що забезпечує його стійке положення під час роботи. Вал ексцентрика приводиться в обертання від електродвигуна через клинопасову передачу. Привідний механізм розміщений із внутрішнього боку рами, що робить конструкцію більш компактною та зручною для експлуатації.

#### Технічна характеристика просіювальної машини VZ

Показник	Значення
Продуктивність, т/год	до 15
Потужність електродвигуна, кВт	1,1
Частота обертання ротора, об/хв	1500
Габаритні розміри, мм: довжина	2315
Габаритні розміри, мм: ширина	1180
Габаритні розміри, мм: висота	725
Маса,	

#### 2.3 Ремонт і монтаж обладнання

Темою кваліфікаційної роботи є проєкт потокової лінії виробництва комбікормів із розробкою прес-гранулятора продуктивністю 10 т/год.

До складу лінії гранулювання входять норії, металеві силоси, проміжні бункери, прес-гранулятор, охолоджувальна колонка, подрібнювач, просіювач та інше допоміжне обладнання.

Перед виконанням монтажу, ремонту або введенням будь-якої машини в експлуатацію необхідно детально вивчити інструкцію з експлуатації, паспорт обладнання та відповідну технічну документацію.

Під час проєктування комбікормових підприємств технологічне обладнання слід розташовувати так, щоб забезпечити дотримання основних вимог раціонального гранулювання. Найбільш доцільним є розміщення прес-гранулятора на верхньому поверсі, нижче — охолоджувача та вальцьового подрібнювача, а ще нижче — просіювальної машини. За такої схеми відпадає потреба у використанні додаткових транспортних механізмів для переміщення гарячих гранул угору. На діючих комбікормових заводах трапляються різні

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

варіанти компонування обладнання, тому нерідко виникає необхідність застосування значної кількості транспортних засобів.

Під час конструктивної підготовки до монтажу або демонтажу обладнання складають пояснювальну записку та розробляють графічну частину проєкту. Вихідними даними для цього є паспорт обладнання та схема інженерної споруди.

Технологічна підготовка монтажних або демонтажних робіт передбачає складання графіка надходження обладнання на виробничий майданчик, а також графіка виконання робіт.

У карті організації праці зазначають засоби виконання робочого процесу, порядок планування та оснащення робочого місця, а також кількісний і кваліфікаційний склад виконавців.

#### Монтаж прес-гранулятора

На підприємство прес-гранулятор надходить у зібраному вигляді окремими секціями пресувальної та змішувальної частин. До моменту монтажу і пуску в експлуатацію обладнання повинно зберігатися в закритих приміщеннях, які захищають його від дії атмосферних опадів та забруднення.

Гранулятор встановлюють у приміщенні категорії «Б» відповідно до вимог СНіП 31-03-2001. Перед початком монтажних робіт необхідно перевірити комплектність обладнання, наявність кріпильних елементів, підготувати потрібний інструмент, матеріали та вантажопідйомні пристрої.

Перед встановленням обладнання слід виконати протяжку всіх болтових з'єднань, оскільки під час транспортування вони могли послабитися. Також проводять попередню прив'язку обладнання до приміщення з урахуванням взаємного розташування машин, прокладання трубопроводів і комунікацій, які з'єднують окремі агрегати між собою та з інженерними мережами підприємства.

До монтажу самого прес-гранулятора встановлюють металоманітні пристрої, а також засоби для подавання продукту в дозатор преса і відведення готових гранул.

Прес монтують на спеціально підготовленому майданчику з бетонним або асфальтобетонним покриттям. Товщина покриття повинна становити не менше

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

400–500 мм. Обладнання закріплюють за допомогою анкерних болтів. Монтажний майданчик має бути розташований вище рівня охолоджувальної колонки, щоб забезпечити самопливне надходження гранул до охолоджувача.

Потік гранул, що надходить до охолоджувача, повинен бути спрямований уздовж його осі та рівномірно розподілятися між двома охолоджувальними камерами. При цьому не допускається спрямування потоку безпосередньо на датчики рівня.

Монтаж секцій виконують, починаючи з нижньої частини, перевіряючи їх горизонтальність і співвісність. Основа пресувальної частини встановлюється на сталеву несучу раму. Між ними розміщується гумова прокладка, яка укладається по всій довжині рами та зменшує передачу вібрацій.

Над пресувальною частиною за допомогою фланцевого з'єднання закріплюють патрубок подвійного змішувача і прес-гранулятора. Корпуси агрегатів з'єднуються болтовими з'єднаннями через виступи, передбачені на торцевих стінках корпусів.

Для забезпечення можливості демонтажу відстань від заднього фланця змішувача до стіни приміщення повинна бути не меншою ніж 1500 мм.

Після встановлення секцій прес-гранулятора на запроектоване місце підключають систему подавання пари відповідно до передбаченої схеми. Потім поруч із пресом, у зручному для обслуговування місці, встановлюють шафу керування. Панель керування розміщують у щитовому приміщенні, яке має бути вибухобезпечним. Після завершення монтажу корпус прес-гранулятора та шафу керування обов'язково заземлюють.

Далі перевіряють стан обмоток електродвигунів, опір яких повинен становити 1 МОм, а також контролюють натяг пасів приводних передач. Після цього обладнання підключають до електричної мережі.

Короткочасним увімкненням електродвигунів перевіряють правильність напрямку руху всіх робочих органів і плавність роботи прес-гранулятора на холостому ході. Тривалість такої перевірки не повинна перевищувати 2 хвилин, оскільки за більш тривалої роботи без продукту може початися руйнування

										Арк.
										41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

рифленої поверхні роликів і матриці. Під час випробування візуально контролюють надійність кріплення деталей.

З метою притирки підшипників прес-гранулятор обкатують під навантаженням у такій послідовності:

- протягом 14–20 годин обладнання працює з продуктивністю не більше 3000–4000 кг/год;
- протягом наступних 5–6 діб продуктивність поступово збільшують до 6000–7000 кг/год.

Перед введенням обладнання в експлуатацію виконують ретельний зовнішній огляд, видаляють сторонні предмети із зон обслуговування, змащують підшипники та всі деталі, що працюють в умовах тертя, а також регулюють положення роликів відносно матриці.

Перед запуском необхідно забезпечити подавання пари до змішувача та надходження продукту в камеру гранулювання. Для цього вмикають парогенератор і заповнюють накопичувальні бункери. Охолоджувальну колонку запускають для забезпечення своєчасного відведення готових гранул.

Після цього вмикають приводи гранулятора, змішувача та живильного шнека на мінімальній частоті обертання. За манометром перевіряють тиск пари, який повинен становити 1–2 бар. Пара має бути сухою.

Після отримання сигналу про надходження продукту до живильного шнека поступово збільшують частоту його обертання та вмикають подачу пари. Параметри пари регулюють доти, поки пропарений комбікорм не відповідатиме встановленим технологічним вимогам.

Температуру пари підвищують поетапно разом зі збільшенням навантаження, на 5–10 °С, до досягнення робочого значення. Частоту обертання шнека та подачу пари також збільшують поступово, доки прес-гранулятор не вийде на максимальне робоче навантаження. За потреби регулюють положення ножів для отримання гранул заданої довжини.

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Після досягнення максимально допустимого навантаження та стабільної роботи прес-гранулятора вмикають автоматичне керування процесом гранулювання.

Після завершення процесу гранулювання частоту обертання живильного шнека знижують до мінімального значення та зменшують подачу пари. Через 1–2 хвилини живильний шнек вимикають. Після повного виходу продукту зі змішувача відключають змішувач, а потім припиняють подачу пари.

Гранулятор не вимикають доти, доки з робочої зони не вийдуть останні гранули. Щоб запобігти утворенню конденсату, після зупинки обладнання відчиняють дверцята прес-гранулятора.

У процесі експлуатації прес-гранулятора можуть виникати такі несправності:

- поява стороннього шуму може бути наслідком надмірного зношування підшипників, пресувальних роликів або матриці. У такому разі відповідні вузли підлягають заміні;
- перегрівання підшипникових вузлів виникає через перекіс корпусів підшипників, недостатню кількість мастила або його забруднення. Для усунення несправності підшипник змащують або розбирають для остаточного виявлення дефектів;
- зношування рифленої поверхні роликів усувають відновленням робочої поверхні, якщо це можливо, або заміною роликів на нові;
- якщо гранулятор не запускається або зупиняється під час роботи, необхідно перевірити, чи не відключене обладнання лінії після гранулятора, а також справність електродвигунів;
- якщо електродвигун взагалі не запускається, причиною може бути нещільно закрита відкидна кришка або дверцята, а також спрацювання датчиків безпеки;
- недостатня продуктивність за готовим продуктом може бути пов'язана з неправильним зазором між роликами і матрицею або забиванням отворів

										Арк.
										43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

матриці. У такому випадку встановлюють необхідну відстань між роликами та матрицею, демонтують матрицю і прочищають її отвори;

- зниження продуктивності прес-гранулятора може бути спричинене незадовільною якістю сировини або виходом з ладу одного з пресувальних роликів.

Після закінчення строку служби матриці та роликів їх демонтують і замінюють новими. Для зняття роликів їх необхідно повернути навколо власної осі, однак це можливо лише після демонтажу регулювальної, або натискної, пластини, у якій вони закріплені.

Спочатку послаблюють гайки та болти регулювальної пластини, видаляють запобіжний штифт, після чого знімають саму пластину. Це дає можливість повернути ролики навколо осі та витягти їх із гнізд торцевої стінки тримача.

Відстань між матрицею і роликами регулюється за спеціальними мітками, тому додатково вимірювати зазор між цими елементами не потрібно.

Перед демонтажем роликів перевіряють ступінь зношування їх робочої поверхні та монтажних місць. Якщо стан роликів є незадовільним, їх замінюють.

Для демонтажу матриці використовується лебідка, встановлена на пресі. Зняття матриці починають із демонтажу планшайби. Для цього троси лебідки підтягують так, щоб за допомогою спеціального гака підхопити планшайбу з невеликим натягом. Це необхідно для запобігання її падінню після відкручування кріплення.

Після цього викручують болти та знімають кришку, тобто планшайбу матриці. Далі переходять безпосередньо до демонтажу матриці.

Спочатку знімають кришки гідроциліндрів, розташованих на задній стінці тримача матриці позаду бокових дверцят. Потім на шпильки, що виступають із гідроциліндрів, встановлюють гайки та частково їх відкручують. Аналогічні дії виконують із короткими шпильками, які виступають із задньої стінки тримача.

Щоб матриця відійшла від торцевої поверхні тримача, до гідроциліндрів подають повітря під тиском 300 бар, яке створюється спеціальним компресором.

									Арк.
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

Після цього матрицю закріплюють до спеціального підйимального пристрою, а троси лебідки підтягують для створення необхідного натягу та запобігання її падінню.

Після виконання цих операцій остаточно викручують болти із задньої частини гідроциліндрів і знімають матрицю. Потім тиск знижують до 0 бар, після чого гідроциліндри повертаються у вихідне положення.

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3.  
КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Енергетичний розрахунок

Проводиться розрахунок приводу пресуючої секції, що складається з асинхронного трифазного електродвигуна і пасових передач.

Визначаємо максимальний осьовий тиск пресування (в МПа) [2, с.220]

$$P_{max} = C \cdot [e^{a(\rho-\rho_0)} - 1] = 0,5 \cdot [2,71^{2,59 \cdot 10^{-3}(1200-400)} - 1] = 3,45, (3.1)$$

де  $C = 0,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{кг}$  і  $a = 2,59 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$  – постійні для даного матеріалу коефіцієнти, які залежать від його структурних властивостей;

$\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$  - задана густина гранул;

$\rho_0 = 400 \text{ кг/м}^3$  - початкова густина комбікорму.

Визначаємо час перебування (в с) монолітів в каналі, виходячи з формули визначення площі матриці [2, с.220]

$$S_M = \frac{q \cdot t_{обр.}}{K_L \cdot L \cdot \rho} \quad (3.2)$$

де  $q = (10000/3600) \text{ кг/с}$  – продуктивність гранулятора;

$K_L = (0,4 \div 0,5)$  – коефіцієнт перфорації матриці;

$C = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує розширення монолітів після виходу із каналів;

$L = 0,06 \text{ м}$  – довжина каналу пресування.

Приймаємо, виходячи з особливостей конструкції матриці;

$\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$  – задана густина гранул;

$S_M = 0,589 \text{ м}^2$  – площа гранулювання матриці.

Приймаємо, виходячи з особливостей конструкції матриці.

Звідси,

$$t_{обр.} = \frac{S_M \cdot K_L \cdot L \cdot C \cdot \rho}{q} = \frac{0,589 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 0,06 \cdot 1200}{\left(\frac{10000}{3600}\right)} = 8,4 \quad (3.3)$$

Приймаємо  $t_{обр.} = 9 \text{ с}$ .

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо число каналів (в шт.) пресування [2, с.220]

$$Z_k = \frac{4 \cdot q \cdot t_{обр.}}{\pi \cdot d_k^2 \cdot L \cdot \rho \cdot \beta_3} = \frac{4 \cdot \left(\frac{10000}{3600}\right) \cdot 9}{\pi \cdot 0,0047^2 \cdot 0,06 \cdot 1200 \cdot 0,95} = 21066, \quad (3.4)$$

де  $\beta_3 = 0,95$  – коефіцієнт заповнення каналу матеріалом;

$d_k = 0,0047$  м – діаметр каналу (фільтри) матриці;

Визначаємо кут (в град.) пресування [2, с.221]

$$\alpha = \frac{\varphi}{1 - \frac{r}{R}} = \frac{30^\circ}{1 - \frac{0,16}{0,375}} = 52,3, \quad (3.5)$$

де  $\varphi = (25 \div 35)^\circ$  - кут тертя матеріалу;

$\frac{r}{R} = (0,42 \div 0,45) = \frac{0,16}{0,375}$  - відношення між радіусом вальця і радіусом матриці.

Приймаємо  $\alpha = 52^\circ$

Визначаємо число каналів (в шт.), в яких одночасно відбувається пресування [2, с.222]

$$Z_o = \frac{Z_k \cdot Z_v \cdot \alpha}{360} = \frac{21066 \cdot 2 \cdot 52}{360} = 6086, \quad (3.6)$$

де  $Z_v = 2$  шт – число вальців.

Визначаємо силу тертя (в Н), яка виникає в каналі при русі гранули [2, с.222]

$$F_{тр} = \pi \cdot f \cdot \frac{\mu}{1 - \mu} \cdot d_k \cdot L \cdot P_{max} = \pi \cdot 0,6 \cdot \frac{0,25}{1 - 0,25} \cdot 0,0047 \cdot 0,06 \cdot 3,45 \cdot 10^6 = 611,3, \quad (3.7)$$

де  $f = (0,5 \div 0,8)$  – коефіцієнт тертя матеріалу об стінки каналу;

$\mu = 0,25$  – коефіцієнт Пуассона.

Визначаємо швидкість переміщення (в м/с) гранули в каналі [2, с.222]

$$V_c = \frac{4 \cdot q}{K_\pi \cdot \rho \cdot Z_v \cdot \pi \cdot d_k^2 \cdot Z_k} = \frac{4 \cdot \left(\frac{10000}{3600}\right)}{0,5 \cdot 1200 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,0047^2 \cdot 21066} = 6,4 \cdot 10^{-3}, \quad (3.8)$$

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $Z_k = 21066$  шт – число каналів пресування.

Визначаємо потужність (в кВт), яка необхідна для переміщення гранул в каналах матриці [2, с.223]

$$N = \frac{F_{mp} \cdot V_c \cdot K_\phi \cdot Z_o \cdot K}{1000 \cdot \eta} = \frac{611,3 \cdot 6,4 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 6086 \cdot 1,25}{1000 \cdot 0,97} = 153,5, \quad (3.9)$$

де  $K_\phi = 5$  – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості корму.

Приймаємо для трав'яного борошна, оскільки воно має трохи вищі показники ніж комбікорм, що забезпечить безумовне пресування.

$K = 1,25$  – коефіцієнт перенавантаження двигуна в момент пуску;

$\eta = (0,95 \div 0,97)$  – к.к.д. пасової передачі.

Підбираємо двигун загального призначення, асинхронний трифазний, типу 5AM315S4, чотирьохполюсний, потужністю  $N_{ном} = 160$  кВт, синхронною частотою обертання  $n = 1500$  об/хв., к.к.д.  $\eta = 96,0\%$ ,  $\cos \varphi = 0,89$ , масою  $m = 1110,0$  кг [4, с.189]

### 3.2 Кінематичний розрахунок

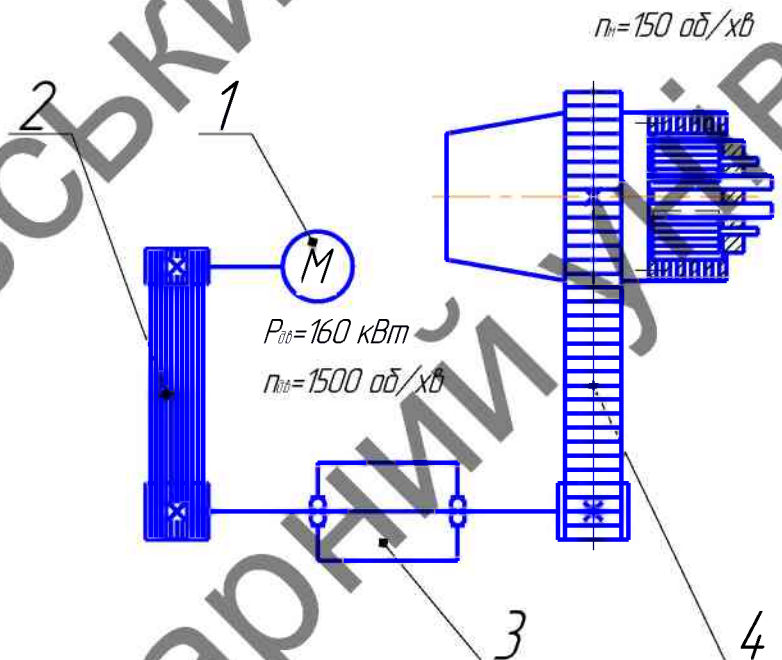


Рис. 3.1 - Кінематична схема приводу

1 - електродвигун 5AM315S4;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- 2 - клинопасова передача;
- 3 - підшипниковий вузол;
- 4 - зубчастопасова передача.

Визначаємо максимальну частоту обертання (в об/с) матриці [2, с.222]

$$n_{max} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{l \cdot (R+L) \cdot \rho}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1500}{0,008 \cdot (0,375+0,06) \cdot 1200}} = 3,0, \quad (3.10)$$

де  $\sigma = (1,3 \div 1,7)$  кПа – міцність гранул на розрив;  
 $l = (1,5 \div 2)d$  – довжина гранул. Приймаємо  $l = 0,008$  м;  
 $L = 0,06$  м – довжина каналу матриці;  
 $\rho = 1200$  кг/м<sup>3</sup> – задана густина гранул.  
 Приймаємо  $2,5$  об/с =  $150$  об/хв.

Визначаємо загальне передаточне відношення приводу

$$U_{заг} = \frac{n_{ном}}{n_M} = \frac{1480}{150} \approx 10, \quad (3.11)$$

де  $n_{ном} = 1480$  об/хв – номінальна або асинхронна частота обертання двигуна;

$n_M = 150$  об/хв – частота обертання матриці.

Визначаємо передаточне відношення механічних передач.

Передаточне відношення зубчастопасової передачі при попередньо заданих діаметрах шківів.

$$U_{зп.п} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{1245,5}{355} = 3,5, \quad (3.12)$$

де  $D_1 = 355$  мм - діаметр ведучого зубчастопасової передачі;

$D_2 = 1245,5$  мм – діаметр веденого шківа зубчастопасової передачі.

Передаточне відношення клинопасової передачі.

$$U_{кл.п} = \frac{U_{заг}}{U_{зп.п}} = \frac{10}{3,5} = 2,857 \quad (3.13)$$

Визначаємо частоту обертання (в об/хв) кожного з валів:

Вал електродвигуна.

										Арк.
										49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

$$n_{\text{дв}} = n_1 = 1480 \quad (3.14)$$

Ведений вал електродвигуна.

$$n_2 = \frac{n_1}{U_{\text{кл.п}}} = \frac{1480}{2,857} = 518,0 \quad (3.15)$$

Ведучий вал матриці.

$$n_3 = n_2 = 518,0 \quad (3.16)$$

Ведений вал матриці.

$$n_4 = \frac{n_3}{U_{\text{зн.п}}} = \frac{518,0}{3,5} = 148 \quad (3.17)$$

Визначаємо потужності(в кВт) на кожному із валів:

Вал електродвигуна.

$$P_{\text{дв}} = P_1 = 160 \quad (3.18)$$

Ведений вал електродвигуна.

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{кл.п}} = 160 \cdot 0,96 = 153,6, \quad (3.19)$$

де  $\eta_{\text{кл.п}} = (0,95 \div 0,97)$  – к.к.д. клиннопасової передачі.

Ведучий вал матриці.

$$P_3 = P_2 = 153,6 \quad (3.20)$$

Ведений вал матриці.

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{\text{зн.п}} = 153,6 \cdot 0,97 = 148,99 \quad (3.21)$$

Визначаємо крутні моменти(в Н·м):

Вал електродвигуна.

$$T_1 = T_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\frac{\pi \cdot n_{\text{ном}}}{30}} = \frac{160000}{\frac{\pi \cdot 1480}{30}} = 1032,4, \quad (3.22)$$

де  $\omega_{\text{ном}}$  - номінальна кутова швидкість, рад/с.

Ведений вал електродвигуна.

$$T_2 = T_1 \cdot U_{\text{кл.п}} \cdot \eta_{\text{кл.п}} \cdot \eta_{\text{п.п}}^2 = 1032,4 \cdot 2,857 \cdot 0,96 \cdot 0,99^2 = 2775,3 \quad (3.23)$$

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ведучий вал матриці.

$$T_3 = T_2 = 2775,3 \quad (3.24)$$

Ведений вал матриці.

$$T_4 = T_3 \cdot U_{зн.л} \cdot \eta_{зн.л} = 2775,3 \cdot 3,5 \cdot 0,97 = 9422,14, \quad (3.25)$$

### 3.3 Конструктивний розрахунок

Розрахунок клинопасової передачі

Визначаємо розрахункову потужність(в кВт)[3, с.47]

$$N_0 = N \cdot k_T = 160 \cdot 1,2 = 192, \quad (3.26)$$

де  $k_T = 1,2$  – коефіцієнт режиму роботи по табл.3.1[3, с.30]

Вибираємо переріз узькопрофільного пасу SPC фірми«Stomil Sanok S.A» по номограмі (мал. 3.1) [3, с.28]

Визначаємо крутний момент (в Н·м) ведучого шківa[5, с.137]

$$T_1 = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n_1} = \frac{30 \cdot 160000}{\pi \cdot 1480} = 1032,4 \quad (3.27)$$

Визначаємо діаметр (в мм) меншого шківa[5, с.137]

$$d_1 \approx (3 \div 4) \cdot \sqrt[3]{T_1} \approx (3 \div 4) \cdot \sqrt[3]{1032,4 \cdot 10^3} \approx (303,2 \div 404,27) \quad (3.28)$$

Заокруглюємо по табл. 7.7. до мінімального стандартного значення  $d_1 = 315$  мм.[5, с.131]

Визначаємо діаметр (в мм) більшого шківa[3, с.48]

$$d_2 = d_1 \cdot U_{кл.л} = 315 \cdot 2,857 = 899,95, \quad (3.29)$$

де  $U_{кл.л} = 2,857$  – передаточне відношення клинопасової передачі.

Заокруглюємо по ГОСТ 17383-73  $d_2 = 900$  мм[5, с.120]

Визначаємо міжосьову відстань (в мм) в інтервалі[3, с.48]

$$\begin{aligned} a(d_1 + d_2)(315 + 900)_{min} \\ a(d_1 + d_2)(315 + 900)_{max} \end{aligned} \quad (3.30)$$

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо міжосьову відстань  $a = 955$  мм

Визначаємо довжину (в мм) паса [3, с.48]

$$L = 2 \cdot a + 1,57 \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} =$$
$$= 2 \cdot 955 + 1,57 \cdot (315 + 900) + \frac{(900 - 315)^2}{4 \cdot 955} = 3908,1 \quad (3.31)$$

Заокруглюємо по табл. 7.7  $L_p = 4000$  мм. [5, с.131]

Уточняємо міжосьову відстань (в мм) [3, с.48]

$$a = p + \sqrt{p^2 - q} = 522,505 + \sqrt{522,505^2 - 42778,125} = 1002_{\text{мм}}$$

$$p = 0,25 \cdot L_p - 0,393 \cdot (d_1 + d_2) = 0,25 \cdot 4000 - 0,393 \cdot (315 + 900)$$
$$= 522,505$$

$$q = 0,125 \cdot (d_2 - d_1)^2 = 0,125 \cdot (900 - 315)^2 = 42778,125 \quad (3.32)$$

Визначаємо кут (в°) обхвату [5, с.137]

$$\alpha_1^\circ = 180 - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 57 \cdot \frac{900 - 315}{1002} = 146,7 \quad (3.33)$$

Визначаємо потрібне число (в шт.) пасів [3, с.49]

$$z = \frac{N \cdot k_T}{N_1 \cdot k_L \cdot k_\alpha} = \frac{160 \cdot 1,2}{23,74 \cdot 0,94 \cdot 0,92} = 9,35 \quad (3.34)$$

де  $P_0 = 23,74$  кВт – потужність, яка передається одним пасом, табл.3.7 [3, с.37];

$k_L = 0,94$  – коефіцієнт, який враховує вплив довжини паса, табл. 3.3 [3, с.32];

$k_\alpha = 0,92$  – коефіцієнт кута обхвату по табл. 3.2 [3, с.31];

Приймаємо до встановлення 10 шт.

Визначаємо статичну силу (в Н), яка утворюється в тяговій гілці паса [3, с.59]

$$F_0 = \frac{500 \cdot (2,02 - k_\alpha) \cdot N \cdot k_T}{z \cdot v \cdot k_\alpha} + c \cdot v^2 = \frac{500 \cdot (2,02 - 0,92) \cdot 160 \cdot 1,2}{10 \cdot 24,74 \cdot 0,92} + 0,42 \cdot 24,74^2 = 721$$

(3.35)

$$\text{де } v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{\pi \cdot 0,315 \cdot 1500}{60} = 24,74 \text{ м/с} - \text{швидкість паса;}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$c = 0,42 \text{ кг/м}$  – стала, яка враховує відцентрову силу, рис. 5.2[3,с.60]

Визначаємо статичну осьову силу (в Н), яка діє на вал[3, с.62]

$$F_t = 2 \cdot T_s \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 721 \cdot \sin \frac{146,7}{2} \cdot 10 = 13815,4 \quad (3.36)$$

Робочий ресурс (в год) клинопасової передачі[5,с.117]

Відсутність достатньої кількості експериментальних даних для вузьких пасів поки-що не дозволяє розраховувати їх на довговічність. Для них обмежуються перевіркою умови допустимої частоти пробігу пасу в секунду.

$$\mu = 10^3 \cdot v/L_p \leq [\mu] = 10^3 \cdot 24,74/4000 = 6,2 \leq [\mu], \quad (3.37)$$

де  $[\mu] = 30 \text{ с}^{-1}$  для вузьких клинових пасів.

Розрахунок зубчастопасової передачі

По величині передавальної потужності і частоті обертання ведучого шківів визначаємо модуль[6, с.75]

$$m = K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_1 \cdot C_p}{n_1}} = 35 \cdot \sqrt[3]{\frac{153,6 \cdot 1,2}{518}} = 24,8, \quad (3.38)$$

де  $K = 35$  – коефіцієнт, який враховує профіль пасу;

$C_p = 1,2$  – коефіцієнт режиму роботи;

$P_1 = 158,6 \text{ кВт}$  – потужність ведучого вала матриці;

$n_1 = 518 \text{ об/хв}$  – частота обертання ведучого вала матриці.

Отримане значення заокруглюємо до стандартного  $t = 10$  по табл. 34 [6, с.71].

По табл. 39[6, с.75] вибираємо число зубів ведучого шківів  $z_1 = 30$  шт.

Визначаємо число зубів (в шт.) ведучого шківів[6, с.75]

$$z_2 = U \cdot z_1 = 3,5 \cdot 30 = 105 \quad (3.39)$$

де  $U = 3,5$  – це передаточне відношення зубчастопасової передачі.

Визначаємо діаметр (в мм) ведучого і веденого шківів[6, с.75]

$$d = m \cdot z, \quad (3.40)$$

де  $t = 10$  – модуль передачі;

$z$  – число зубів кожного із шківів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$d_1 = 10 \cdot 30 = 300 \text{ мм}; d_2 = 10 \cdot 105 = 1050 \text{ мм}$$

Визначаємо колову швидкість (в м/с) паса[6, с.75]

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 300 \cdot 518}{60 \cdot 1000} = 8,14 \quad (3.41)$$

Визначаємо мінімальну міжосьову відстань (в мм)[6, с.76]

$$a_{min} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2) + C = 0,5 \cdot (300 + 1050) + 30 = 705 \text{ мм} \quad (3.42)$$

де  $C = 3 \cdot t = 30$  – при  $t > 5$  мм.

Визначаємо довжину (в мм) пасу[6, с.7]

$$L' \approx 2 \cdot a + \pi \frac{d_1 + d_2}{2} + \frac{\Delta^2}{a} \approx 2 \cdot 705 + \pi \frac{300 + 1050}{2} + \frac{375^2}{705} = 3730,04 \text{ мм} \quad (3.43)$$

де  $\Delta = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{1050 - 300}{2} = 375$  мм – поправочний коефіцієнт.

Визначаємо число(в шт.) зубів паса[6, с.76]

$$z_p = \frac{L'}{(\pi \cdot m)} = \frac{3730}{(\pi \cdot 10)} = 118,7 \quad (3.44)$$

Найдене значення заокруглюємо до близького значення із табл.40[6, с.76]

$$z_p = 125$$

Уточняємо дійсну довжину (в мм) пасу[6, с.76]

$$L = z_p \cdot \pi \cdot m = 125 \cdot \pi \cdot 10 = 3927 \text{ мм} \quad (3.45)$$

Уточнюємо міжосьову відстань (в мм) [6, с.7]

$$a = 0,25 \cdot \left[ L - \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} + \sqrt{\left( L - \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 - 8\Delta^2} \right] =$$

$$a = 0,25 \cdot \left[ 3927 - \pi \cdot \frac{300 + 1050}{2} + \sqrt{\left( 3927 - \pi \cdot \frac{300 + 1050}{2} \right)^2 - 8 \cdot 375^2} \right] =$$

$$817 \quad (3.46)$$

Визначаємо число зубів (в шт.) в межах кута обхвату з ведучим шківом[6, с.76]

$$z_0 = z_1 \cdot \frac{180 - 57,3 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a}}{360} = 30 \cdot \frac{180 - 57,3 \cdot \frac{1050 - 300}{728}}{360} = 10,0 \quad (3.47)$$

Визначаємо розрахункову колову силу(в кН)[6, с.76]

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$F_{tP} = P_{1P}/v = 153,6/8,14 = 18,87 \quad (3.48)$$

Визначаємо розрахункову питому колову силу (в Н/мм)[6, с.76]:

$$w = w_0 \cdot K_{PД} \cdot K_{Z0} = 42 \cdot 1 \cdot 1 = 42 \quad (3.49)$$

де  $w_0 = 42$ Н/мм – номінальна питома колова сила, табл. 34[6, с.72];

$K_{PД} = 1$  – коефіцієнт, що вводиться при наявності роликів;

$K_{Z0} = 1$  – коефіцієнт, що вводиться при малій кількості зубів ( $z_1 < 6$ ) в зачепленні на малому шківу.

Визначаємо розрахункову допустиму питому колову силу (в Н/мм)[6, с.76]

$$[w] = (w_0 - q \cdot v^2) = (42 - 0,011 \cdot 8,14^2) = 41,27 \quad (3.50)$$

де  $q = 11 \cdot 10^{-3}$  кг/м·мм - лінійна густина 1 м пасу шириною 1 мм

Визначаємо ширину(в мм) пасу[6, с.77]

$$b' = \frac{F_{tP}}{[w]} = \frac{18,87 \cdot 1000}{41,27} = 457, \quad (3.51)$$

Визначаємо фактичну ширину(в мм) пасу[6, с.77]

$$b = \frac{b'}{K_{ш}} = \frac{457}{1,2} = 380 \quad (3.52)$$

Визначаємо питому податливість (в мм/Н) [6, с.78]

$$\lambda_0 = \frac{\lambda}{b} = \frac{16 \cdot 10^{-4}}{380} = 4,2 \cdot 10^{-6} \quad (3.53)$$

де  $\lambda = 16 \cdot 10^{-4}$  мм<sup>2</sup>/Н – податливість витків каркасу пасу, табл. 34[6, с.72]

Визначаємо поправки (в мм) до діаметрів шківів для збільшення кроку з метою рівномірного розподілення сили

$$K_1 = 0,2 \cdot F_{tP} \cdot \lambda_0 \cdot z_1 = 0,2 \cdot 18870 \cdot 4,2 \cdot 10^{-6} \cdot 30 = 0,48 \quad (3.54)$$

$$K_2 = 0,2 \cdot F_{tP} \cdot \lambda_0 \cdot z_2 = 0,2 \cdot 18870 \cdot 4,2 \cdot 10^{-6} \cdot 105 = 1,66$$

Визначаємо діаметри (в мм) вершин зубів шківів[6, с.78]

$$d_{a1} = d_1 - 2 \cdot \delta + K_1 = 300 - 2 \cdot 0,8 + 0,48 = 297,92$$

$$d_{a2} = d_2 - 2 \cdot \delta - K_2 = 1050 - 2 \cdot 0,8 - 1,66 = 1046,74, \quad (3.55)$$

де  $\delta = 0,8\text{мм}$  – відстань від впадини пасу до осі метало тросу.

Визначаємо діаметри (в мм) впадин шківів[6, с.78]

$$d_{f1} = d_{a1} - 1,8 \cdot m = 297,92 - 1,8 \cdot 10 = 279,92, \quad (3.56)$$

$$d_{f2} = d_{a2} - 1,8 \cdot m = 1046,74 - 1,8 \cdot 10 = 1028,74$$

Визначаємо початковий натяг (в Н) пасу[6, с.78]

$$F_0 = 0,1F_{tr} + q \cdot v^2 \cdot b = 0,1 \cdot 18870 + 0,011 \cdot 8,14^2 \cdot 380 = 2164 \quad (3.57)$$

Визначаємо силу (в Н), яка діє на вали[6, с.79]

$$F_0 = 1,5F_{tr} = 1,5 \cdot 18870 = 28305 \quad (3.58)$$

Підбір підшипників кочення

Визначаємо радіальне консольне навантаження (в Н)  $F_k$ , яке діє на вихідному кінці вала по залежності[5, с.143]

$$F_k = \frac{2 \cdot M_1}{D_1} = \frac{2 \cdot 2775,3}{0,3} = 18502, \quad (3.59)$$

де  $M_1 = T_1 = 2775,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$  - крутний момент на ведучому валу;

$D_1 = 0,3 \text{ м}$  - діаметр ведучого шківа зубчастопасової передачі.

Відстань від точки прикладання сили  $F_k$  до точки прикладання реакції близької опори дорівнює  $l_k = 360 \text{ мм}$ . Викреслюємо конструктивну і розрахункову схеми навантаження вала (рис. 3.2, а, б)

Визначаємо реакції опор (в Н) в горизонтальній площині хz від сил  $F_t$  і  $F_k$

$$\sum M_B = 0; F_t \cdot l_1 + R_c \cdot l_2 - F_k \cdot (l_2 + l_3) = 0$$
$$R_c = \frac{F_k \cdot (l_2 + l_3) - F_t \cdot l_1}{l_2} = \frac{18502 \cdot (750 + 360) - 6167,3 \cdot 315}{750} = 24792,69 \quad (3.60)$$

$$\sum M_c = 0; F_t \cdot (l_1 + l_2) - R_B \cdot l_2 - F_k \cdot l_3 = 0$$
$$R_B = \frac{F_t \cdot (l_1 + l_2) - F_k \cdot l_3}{l_2} = \frac{6167,3 \cdot (315 + 750) - 18502 \cdot 360}{750} = -123,39 \quad (3.61)$$

Знак «-» показує, що дійсний напрям реакції протилежний показаному на рисунку.

Перевіряємо правильність визначення реакцій

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum M_D = 0; F_t - R_B - R_C + F_k = 6167,3 + 123,39 - 24792,69 + 18502 = 0 \quad (3.62)$$

Реакції опор визначені правильно.

Будуємо епюру згинаючих моментів (в Н·м) у горизонтальній площині  $M_x$  (рис. 3.2, г)

$$\sum M_B = 0; F_t \cdot l_1 = 6167,3 \cdot 0,315 = 1942,7 \quad (3.63)$$

$$\sum M_C = 0; F_k \cdot l_3 = 18502 \cdot 0,360 = 6660,72 \quad (3.64)$$

Визначаємо реакції опор (в Н) у вертикальній площині  $x_y$  від сили  $F_r$

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0; -F_r \cdot l_1 - R_C \cdot l_2 &= 0 \\ R_C = \frac{-F_r \cdot l_1}{l_2} = \frac{-13815,4 \cdot 315}{750} &= -5802,3 \end{aligned} \quad (3.65)$$

Знак «-» показує, що дійсний напрям реакції протилежний показаному на рисунку.

$$\begin{aligned} \sum M_C = 0; -F_r \cdot (l_1 + l_2) - R_B \cdot l_2 &= 0 \\ R_B = \frac{F_r \cdot (l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{13815,4 \cdot (315 + 750)}{750} &= 19617,7 \end{aligned} \quad (3.66)$$

Перевіряємо правильність визначення реакцій

$$\sum M_D = 0; R_B - R_C - F_r = 19617,7 - 5802,3 - 13815,4 = 0 \quad (3.67)$$

Реакції опор визначені правильно. Будуємо епюру згинаючих моментів (в Н·м) у горизонтальній площині  $M_y$  (рис. 3.2, е)

$$\sum M_B = 0; -F_r \cdot l_1 = -13815,4 \cdot 0,315 = -4351,85 \quad (3.68)$$

$$\sum M_C = 0; -F_r \cdot (l_2 + l_3) = -13815,4 \cdot 1,065 = -14713,4 \quad (3.69)$$

Будуємо епюру обертового моменту (рис. 3.2, е)

Передача обертового моменту відбувається вздовж вісі вала від середини шківів до точки прикладання консольного навантаження. Обертовий момент рівний моменту кручення  $M_{к1} = T_1 = 2775,3 \text{ Н·м}$

Визначаємо сумарні радіальні опорні реакції (в Н)

$$R_{rB} = \sqrt{R_{Bxz}^2 + R_{Bxy}^2} = \sqrt{123,39^2 + 19617,7^2} = 19618,3 \quad (3.70)$$

$$R_{rC} = \sqrt{R_{Cxz}^2 + R_{Cxy}^2} = \sqrt{24792,69^2 + 5802,3^2} = 30595,2$$

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

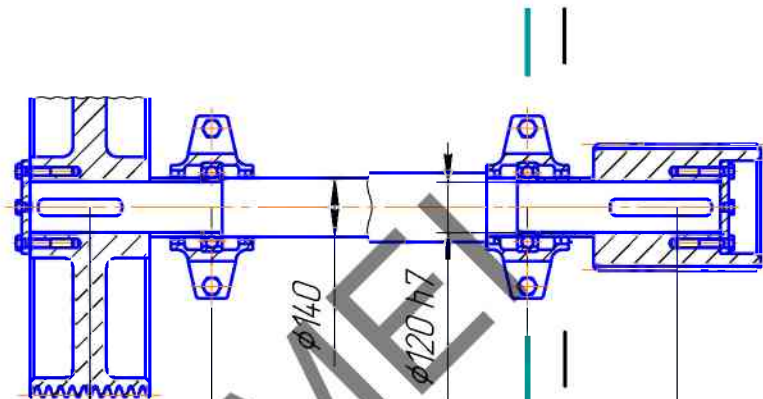


рис. а

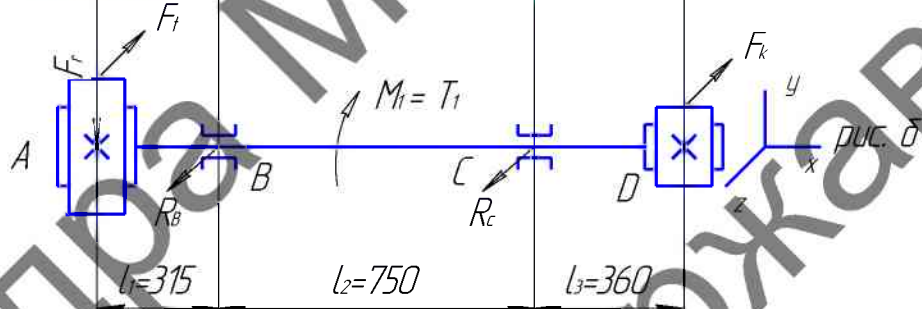


рис. б



рис. в

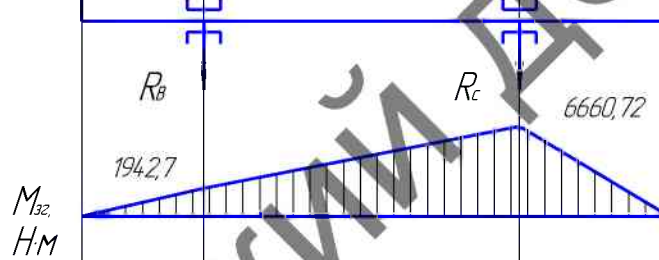


рис. г



рис. д

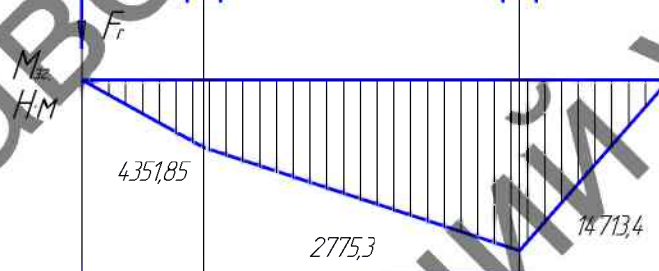


рис. е



рис. е

Перевірочний розрахунок міцності вала

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Арк.  
58

Приймаємо підшипники по більш навантаженій опорі С, тип підшипників намічаємо радіальні шарикові однорядні підшипники 224 по додатку табл. ПЗ [5, с.336]:  $d=120$  мм,  $D=215$  мм,  $B=40$  мм,  $C=122,0$  кН.

Визначаємо еквівалентне навантаження (в Н) по формулі[5, с.146]

$$R_e = V \cdot R_r \cdot K_B \cdot K_T = 1 \cdot 30595,2 \cdot 1 \cdot 1,3 = 39773,8 \quad (3.71)$$

де  $V = 1$  - коефіцієнт обертання внутрішнього кільця;

$R_{ra}$ - сумарна реакція підшипника;

$K_B = 1,3$  - коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1$  - температурний коефіцієнт.

Прийmemo потрібну довговічність підшипників  $L_H = 36000$  год.

Визначаємо розрахункову довговічність (в млн. об.) підшипника[5, с.147]

$$L = 3\left(\frac{C}{R_e}\right) = 3\left(\frac{122,0 \cdot 10^3}{39773,8}\right) = 28,9 \quad (3.72)$$

де  $C=122,0 \cdot 10^3$  Н – динамічна вантажопідйомність підшипника

Визначаємо розрахункову довговічність (в год) підшипника[5, с.147]

$$L_H = (L \cdot 10^6 / 60 \cdot n) = (28,9 \cdot 10^6 / 60 \cdot 518) = 929 \cdot 10^3 \quad (3.73)$$

де  $n = 518$  об/хв - частота обертання ведучого вала матриці

Вказуємо, що ресурс роботи підшипника по ГОСТ 16162-85 не повинен бути меншим 10000 год. Тому тривалість роботи підбраного підшипника задовольняє ці вимоги.

Прийmemo, що нормальні напруження від згину змінюються по симетричному циклу, а дотичні від кручення - по віднульовому (пульсуючому).

Уточнений розрахунок валів складається з визначення коефіцієнтів запасу міцності  $s$  для небезпечних перерізів і порівняння їх з допустимими значеннями  $[s]$ . Міцність додержана при  $s \geq [s]$ . Будемо проводити розрахунок для передбачувано-небезпечних перерізів валу.

Вибираємо матеріал вала по табл. 3.3 [5, с.29]. Враховуючи великі навантаження на вал, приймаємо сталь 40Х твердістю 260 НВ, межею міцності  $\sigma_B = 880$  МПа.

									Арк.
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

Границя витривалості (в МПа) при симетричному циклі згину становить[5, с.30]

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 880 = 378,4 \quad (3.74)$$

Границя витривалості (в МПа) при симетричному циклі дотичних напружень становить[5, с.30]

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 378,4 = 219,5 \quad (3.75)$$

У відповідності з епюрами згинаючих і крутних моментів(див рис. 3.2) і наявністю концентрацій напружень встановлюємо небезпечні перерізи вала, які підлягають перевірконому розрахунку на втомленість. Таким є переріз I - I, що знаходиться під підшипником С.

Сумарний згинаючий момент (в Н·м) в перерізі становить

$$M_{3z} = \sqrt{M_z^2 + M_v^2} = \sqrt{6660,72^2 + 14713,4^2} = 16150,8 \quad (3.76)$$

Крутний момент в перерізі становить  $M_k = T_k = 2775,3 \text{ Н·м}$

Визначаємо осьовий момент опору (в м<sup>3</sup>) перерізу I - I[5, с.271]

$$W_{oc} \approx 0,1 \cdot d_{2n}^3 = 0,1 \cdot (120 \cdot 10^{-3})^3 = 172,8 \cdot 10^{-6} \quad (3.77)$$

Визначаємо полярний момент опору (в м<sup>3</sup>) перерізу I - I[5, с.272]

$$W_p = 2 \cdot W_{oc} = 2 \cdot 172,8 \cdot 10^{-6} = 345,6 \cdot 10^{-6} \quad (3.78)$$

Визначаємо амплітуду нормальних напружень (в Па) циклу[5, с.272]

$$\sigma_a = \frac{M_{3z}}{W_{oc}} = \frac{16150,8}{172,8 \cdot 10^{-6}} = 9,35 \cdot 10^6 \quad (3.79)$$

Визначаємо амплітуду дотичних напружень (в Па) циклу[5, с.272]

$$\tau_a = \frac{M_k}{2 \cdot W_p} = \frac{2775,3}{2 \cdot 345,6 \cdot 10^{-6}} = 4,02 \cdot 10^6 \quad (3.80)$$

Визначаємо коефіцієнти запасу міцності по нормальним  $s_\sigma$  і дотичним  $s_\tau$  напруженням

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma \cdot \sigma_a}{\varepsilon_\sigma}} = \frac{378,4}{6,57 \cdot 9,35} = 6,16 \quad (3.81)$$

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$s_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau} \cdot \tau_a}{\varepsilon_{\tau}}} = \frac{219,5}{3,61 \cdot 4,02} = 15,12 \quad (3.82)$$

де  $k_{\sigma} = 4,6$  - ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напружень(див. табл. 4.7, с.145);

$\varepsilon_{\sigma} = 0,7$  - масштабний фактор для нормальних напружень(див. табл. 4.7, с.145);

$k_{\tau} = 2,17$  - ефективний коефіцієнт концентрації дотичних напружень(див. табл. 4.7, с.145);

$\varepsilon_{\tau} = 0,6$  - масштабний фактор для нормальних напружень(див. табл. 4.7, с.145);

Концентрація напружень обумовлена посадкою внутрішнього кільця з натягом.

Визначаємо результуючий коефіцієнт запасу міцності для перерізу I - I

$$s = \frac{s_{\sigma} \cdot s_{\tau}}{\sqrt{s_{\sigma}^2 + s_{\tau}^2}} = \frac{6,16 \cdot 15,12}{\sqrt{6,16^2 + 15,12^2}} = 5,7 \quad (3.83)$$

Міцність витримана при  $s \geq [s] = 1,8 - 2,1$

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

РОЗДІЛ 4  
ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА

4.1 Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання

Охорона праці являє собою систему заходів, спрямованих на збереження життя і здоров'я працівників під час виконання ними виробничих обов'язків. Вона охоплює правові, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні, організаційно-технічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи, необхідні для створення безпечних умов праці.

На сучасних підприємствах незалежно від форми власності та напряму діяльності охорона праці належить до пріоритетних напрямів організації виробництва. Це пояснюється тим, що значна частина випадків виробничого травматизму виникає саме через порушення або ігнорування вимог безпеки. Дотримання навіть основних правил охорони праці дає змогу суттєво зменшити кількість нещасних випадків на виробництві, оскільки, за оцінками, близько 80–90 % травм пов'язані з недотриманням установлених вимог.

Охорона праці як система охоплює практично всі сфери діяльності людини, пов'язані з виконанням різних видів робіт. Вона поєднує положення технічних і гуманітарних наук та виконує одне з найважливіших завдань — забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я і працездатності працівників. На підприємстві служба охорони праці входить до складу основних виробничо-технічних служб і бере участь в організації безпечного виробничого процесу.

Основними завданнями служби охорони праці є:

- забезпечення безпечного функціонування виробничих процесів, обладнання, будівель і споруд;
- організація забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проведення професійної підготовки, інструктажів і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- пропагування безпечних методів виконання робіт;
- вибір раціональних режимів праці та відпочинку працівників;
- проведення професійного відбору виконавців для окремих видів робіт.

Потокова лінія виробництва гранульованих комбікормів включає прес-гранулятор, охолоджувальну колонку, подрібнювач і просіювач. Робота цього обладнання впливає на санітарно-гігієнічні умови праці, а також може бути пов'язана з виникненням небезпечних ситуацій, аварій і нещасних випадків. Тому для їх попередження необхідно визначити основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для кожної машини лінії. Вони наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Джерела виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Джерела виникнення небезпечних і шкідливих факторів	Небезпечні і шкідливі виробничі чинники
Прес-гранулятор	Шум, вібрація, електричний струм, підвищений тиск і температура, статична електрика, вибухопожежонебезпека
Охолоджувальна колонка	Підвищений рівень пилу, електричний струм, статична електрика
Подрібнювач	Швидкообертові частини, підвищений рівень пилу, електричний струм
Просіювач	Вібрація, підвищений рівень пилу, електричний струм

Заходи з охорони праці при обслуговуванні основного обладнання потокової лінії виробництва гранульованих комбікормів

До обслуговування потокової лінії з виробництва гранульованих комбікормів допускаються лише працівники, які пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктажі з охорони праці, а також мають відповідну кваліфікацію для виконання таких робіт.

Приміщення комбікормового виробництва, у якому здійснюється гранулювання комбікормів, належить до вибухопожежонебезпечних і відноситься до категорії Б, класу В-Па за ПУЕ.

Для запобігання пиловим вибухам на підприємстві необхідно передбачити такі заходи:

- прибирання пилу на робочих місцях не рідше одного разу на 10 днів;
- періодичне очищення повітропроводів від пилу, що накопичується всередині, не рідше одного разу на місяць;
- аспірацію працюючого технологічного обладнання;
- заборону використання відкритого вогню у виробничих приміщеннях;
- установлення магнітних пристроїв для вилучення металоманітних домішок;
- монтаж громовідводів і пристроїв для відведення статичної електрики;
- підтримання у справному стані технологічного, транспортного, аспіраційного та електричного обладнання;
- навчання працівників безпечним методам роботи, виробничим навичкам, нормам, правилам та інструкціям з охорони праці й пожежної безпеки.

З електробезпеки апаратник повинен мати II групу допуску, яка підтверджується один раз на рік з оформленням відповідного протоколу. Присвоєння II групи з електробезпеки допускається після двох місяців роботи з I групою.

Усі металеві частини машин, обладнання та опорних конструкцій повинні бути надійно заземлені.

Одним із основних небезпечних виробничих факторів на зернопереробних і комбікормових підприємствах є шум. Зниження його загального рівня забезпечується технічними заходами, які включають правильний догляд за машинами, своєчасне змащування вузлів і деталей, балансування швидкообертюваних частин, запобігання надмірному зношуванню робочих органів, удосконалення технології ремонту та обслуговування обладнання.

									Арк.
									64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

Важливе значення має також своєчасне проведення технічних оглядів, профілактичних і капітальних ремонтів. Для індивідуального захисту від шуму працівники повинні забезпечуватися відповідними засобами захисту, зокрема берушами або навушниками.

Для зменшення рівня вібрації та шуму обладнання, яке є їх джерелом, повинно встановлюватися на шумоізолювальних фундаментах або спеціальних основах. Такі фундаменти мають бути віброізольовані від підлоги та інших конструктивних елементів будівлі, що дозволяє знизити передачу коливань на приміщення і покращити умови праці персоналу.

Інструкція з охорони праці апаратника комбікормового виробництва (гранулювання комбікормів)

### 1 Загальні вимоги

1.1 До роботи апаратником допускаються працівники віком не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж з пожежної безпеки у службі охорони праці, а також первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці.

1.2 Під час прийняття на роботу та періодично в процесі трудової діяльності апаратник зобов'язаний проходити навчання і перевірку знань з питань охорони праці. Особи, які не пройшли відповідного навчання та перевірки знань, до виконання робіт не допускаються.

### 1.3 Апаратник повинен:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку;
- уважно реагувати на сигнали рухомого транспорту та контролювати роботу діючого обладнання;
- виконувати лише ті роботи, які доручені керівником робіт і щодо яких працівник пройшов інструктаж;
- не торкатися електрообладнання, клем, проводів і не відкривати дверцята електричних шаф;
- не допускати перебування сторонніх осіб на своєму робочому місці;
- не виконувати розпорядження, які суперечать вимогам охорони праці;

									Арк.
									65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

- уміти надавати першу медичну допомогу потерпілим і дотримуватися правил пожежної безпеки;

- знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння та вміти ними користуватися;

- у разі захворювання або неможливості вийти на роботу з інших поважних причин завчасно повідомити про це керівника робіт або іншу відповідальну посадову особу.

1.4 На апаратника під час виконання робіт можуть впливати такі основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- машини, механізми та їх рухомі частини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- пил рослинного походження;
- підвищена температура повітря робочої зони в літній період та знижена температура в зимовий період.

1.5 Апаратник зобов'язаний:

- дбати про власну безпеку і здоров'я, а також про безпеку та здоров'я інших працівників під час виконання робіт або перебування на території підприємства;

- знати й виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва;

- користуватися засобами індивідуального та колективного захисту;
- проходити медичний огляд під час прийняття на роботу та періодичні медичні огляди один раз на рік;

- палити тільки у спеціально відведених для цього місцях;
- вживати необхідних заходів для усунення будь-якої небезпечної виробничої ситуації, яка може призвести до аварії або нещасного випадку.

1.6 У разі порушення вимог цієї інструкції та інструкцій з охорони праці на робочому місці апаратник може бути притягнутий до дисциплінарної,

										Арк.
										66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					



2.5 Перед запуском вальцових подрібнювачів необхідно перевірити відсутність заклинювання валків шляхом ручного повертання ведучого шківів приводу.

2.6 Перед початком роботи на прес-грануляторі з електричним приводом слід перевірити наявність і справність заземлювальних пристроїв, роботу обладнання на холостому ході, наявність огорожень, правильність їх установлення та надійність кріплення.

### 3 Вимоги безпеки під час роботи

3.1 Під час роботи необхідно регулярно оглядати все діюче обладнання для своєчасного виявлення та усунення можливих несправностей.

3.2 Забороняється знімати або надягати приводні паси під час роботи обладнання, а також регулювати натяг пасів чи ланцюгів машин на ходу.

3.3 Перед внутрішнім оглядом машин, виконанням ремонту, тривалим відключенням або усуненням несправностей обладнання необхідно від'єднати його від джерела електроживлення, а за наявності трансмісійного приводу — зняти приводні паси.

3.4 Забороняється запускати та експлуатувати машини, які виділяють пил, з відкритими люками, кришками або дверцятами.

3.5 Ручний відбір проб гранул або розсипного комбікорму з обладнання, у зоні якого є рухомі частини, не допускається. Для цієї операції повинні використовуватися спеціально передбачені люки в продуктопроводах.

Після відбору проб або огляду обладнання люки необхідно щільно закривати. Проби слід відбирати совками через люк випускного патрубку.

3.6 Забороняється залишати працююче обладнання без періодичного нагляду, а також захарашувати проходи навколо машин і механізмів.

3.7 Усі роботи з огляду та ремонту електрообладнання повинні виконуватися тільки після повного зняття напруги.

3.8 Електропроводка не повинна мати пошкоджень ізоляції, а місця підключення мають бути надійно ізольовані.

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

3.9 Огородження приводних механізмів повинні бути справними та надійно закріпленими.

3.10 Обладнання повинно бути підключене до аспіраційної системи.

3.11 Під час виконання робіт біля машин або безпосередньо на них необхідно застосовувати інструмент у відповідному вибухобезпечному виконанні.

3.12 Для підключення переносних світильників під час періодичного огляду важкодоступних місць машин повинні бути передбачені штепсельні розетки напругою 12 В.

3.13 Конструкція магнітних колонок має забезпечувати легке виймання магнітного блока для очищення його від металоманітних домішок.

3.14 У разі появи стороннього шуму, стуку або підвищення вібрації вентилятор чи повітродувку необхідно негайно зупинити, встановити причину несправності та усунути її.

3.15 Під час експлуатації норій слід контролювати надійність кріплення деталей, щоб виключити можливість відриву ковшів і потрапляння їх у продукт, що транспортується.

3.16 Норійна стрічка повинна бути рівномірно натягнута по всій ширині, щоб запобігти її збіганню в барабана.

3.17 Стрічка та ковші не повинні зачіпати стійки труб, кожухи головки і башмака норії. У разі тертя, ударів рухомих частин або завалу норії обладнання необхідно негайно зупинити.

3.18 У норійних трубах повинні бути встановлені оглядові люки для контролю руху стрічки. Під час роботи оглядові люки, дверцята головки і башмака норії мають бути герметично зачиненими.

3.19 У конвеєрах не допускається буксування стрічки на приводному барабані. У разі виявлення такого явища після зупинки конвеєра необхідно збільшити натяг стрічки або підвищити тиск притискного ролика.

									Арк.
									69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

3.20 Усі рухомі частини конвеєрів повинні бути огорожені. Конвеєри в головній і хвостовій частинах мають бути обладнані аварійними кнопками для негайної зупинки.

3.21 Експлуатація шнекових конвеєрів із відкритими кришками забороняється.

3.22 Усі кришки та люки в коробах усіх типів повинні бути герметично закриті, щоб запобігти виділенню пилу у виробниче приміщення.

#### 4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.1 До причин, які можуть спричинити аварійну ситуацію, належать ураження електричним струмом, падіння з висоти, вихід з ладу обладнання або захисних пристроїв, надмірне запилення робочої зони, загоряння та інші небезпечні фактори.

4.2 Якщо виникла ситуація, що може призвести до аварії або нещасного випадку, необхідно негайно припинити роботу, відключити електроенергію або інше джерело живлення, огородити небезпечну зону, не допускати до неї сторонніх осіб і повідомити про подію керівника робіт.

4.3 У разі появи ознак загоряння необхідно:

- зупинити роботу всього обладнання, натиснувши кнопку аварійної зупинки технологічної схеми, насамперед вентиляційних і пневмотранспортних систем;
- відключити обладнання від електричної мережі;
- розпочати гасіння загоряння первинними засобами пожежогасіння;
- повідомити керівника робіт про ситуацію та надалі діяти згідно з його вказівками.

4.4 Якщо виникла пожежа, необхідно розпочати її гасіння наявними засобами пожежогасіння, попередньо відключивши електроживлення. За потреби слід викликати пожежно-рятувальний підрозділ за телефоном 101.

4.5 У разі необхідності термінової евакуації обслуговуючого персоналу потрібно негайно припинити роботу та вимкнути все працююче обладнання від електричної мережі.

										Арк.
										70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

## 5 Вимоги безпеки після закінчення роботи

5.1 Після завершення зміни необхідно прибрати робоче місце, покласти інструмент і пристрої у спеціально відведене місце, а сміття винести.

5.2 Слід оглянути бункери, циклони, повітродувки та територію навколо них.

5.3 Спецодяг і спецвзуття необхідно очистити від пилу.

5.4 Про всі недоліки та несправності, виявлені під час роботи, необхідно повідомити керівника робіт і оператора наступної зміни.

Прес-гранулятор розрахований на роботу від електричної мережі напругою 380/220 В. Живлення до обладнання підводиться чотирипровідною мережею трифазного струму з глухозаземленою нейтраллю. Для забезпечення електробезпеки всі проводи, роз'єми, електроприводи, контрольні прилади та апаратура керування повинні відповідати вимогам безпеки та Правилам улаштування електроустановок.

Приміщення, у якому встановлено прес-гранулятор, згідно з ПУЕ належить до категорії особливо небезпечних, оскільки в ньому наявна струмопровідна підлога, а під час виробничого процесу можливе утворення струмопровідного пилу. Відповідно до вимог ПУЕ електрообладнання повинно виконуватися у пилонепроникному та вибухозахищеному виконанні.

З урахуванням зазначених факторів обов'язковою умовою безпечної експлуатації прес-гранулятора є надійне заземлення обладнання.

### Розрахунок захисного заземлення

Вихідні дані: електроживлення цеху здійснюється від силового трансформатора потужністю  $P=90$  кВА. Нейтраль високовольтного та низьковольтного боку трансформатора нормально ізольована від землі. Навантаження всіх фаз рівномірна. Грунт біля заводу - чорнозем з питомим опором  $\rho = 40$  Ом·м. В якості заземлення використовується заземлення трубчастого типу із сталевих труб діаметром  $d = 0,025$  м, довжиною  $L = 2,5$  м і з'єднаних сталеву смугою шириною  $b = 0,012$  м, до яких приєднуються корпуси електромеханічного обладнання. Розрахункова глибина закладання сполучної

									Арк.
									71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ				

контурної смуги  $h_0 = 0,5$  м, відстань між вертикальними електродами  $a = 2,5$  м, число електродів  $n = 4$  шт.

При розрахунку заземлення спочатку визначаємо електричний опір(в Ом) одиничного вертикального електрода за формулою

$$R_B = 0,16 \cdot \frac{\rho}{L} \cdot \ln \left( 2 \cdot \frac{L}{d} \right) + 0,5 \cdot \ln \left[ \frac{4 \left( h_0 + \frac{L}{2} \right) + L}{4 \left( h_0 + \frac{L}{2} \right) - L} \right] =$$

$$= 0,16 \cdot \frac{40}{2,5} \cdot \ln \left( 2 \cdot \frac{2,5}{0,025} \right) + 0,5 \cdot \ln \left[ \frac{4 \left( 0,5 + \frac{2,5}{2} \right) + 2,5}{4 \left( 0,5 + \frac{2,5}{2} \right) - 2,5} \right] = 14,25 \quad (4.1)$$

де  $\rho = 40$  Ом·м - питомий опір чорнозему;

$L = 2,5$  м - довжина сталевих труб;

$d = 0,025$  - діаметр сталевих труб;

$h_0 = 0,5$  м - глибина закладання сполучної контурної смуги.

В якості електродів використовуємо металевий кутик 25x25x4 мм або сталевий прут діаметром 10 мм і більше.

Розраховуємо сумарну довжину(в м) горизонтального електрода  $L_n$ , що з'єднує вертикальні електроди в контурному заземлювальному пристрої

$$L_n = a \cdot (n-1) = 2,5 \cdot (4-1) = 7,5 \quad (4.2)$$

де  $a = 2,5$  м - відстань між вертикальними електродами;

$n = 4$  шт. - число електродів

Електричний опір(в Ом) цього електрода визначаємо за формулою

$$R_n = 0,16 \cdot \frac{\rho}{L_n} \cdot \ln \frac{L_n^2}{b \cdot h_0} = 0,16 \cdot \frac{40}{7,5} \cdot \ln \frac{7,5^2}{0,012 \cdot 0,5} = 7,8 \quad (4.3)$$

де  $b = 0,012$  м - ширина сталеві сполучної смуги.

Обчислюємо розрахунковий електричний опір(в Ом) заземлюючого пристрою розтіканню струму

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$R = \frac{R_R \cdot R_n}{R_e \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta \cdot n} = \frac{14,5 \cdot 7,8}{14,5 \cdot 0,45 + 7,8 \cdot 0,69 \cdot 4} = 4, \quad (4.4)$$

де  $\eta_n = 0,45$  - коефіцієнт екранування смуги;

$\eta = 0,69$  - коефіцієнт екранування стрижнів.

Допустимий опір заземлення  $R_{\text{доп}} = 30$  Ом.

Оскільки  $R < R_{\text{доп}}$ , то захисне заземлення відповідає заданим умовам і вимогам ПУЕ.

#### 4.2 Охорона навколишнього середовища

Під час експлуатації обладнання, призначеного для гранулювання комбікормів, виробничі процеси можуть чинити певний негативний вплив на довкілля. Основними джерелами такого впливу є пилові викиди, шумове навантаження, теплові виділення, а також відходи, що утворюються у процесі технологічної переробки сировини.

У ході подрібнення, змішування, гранулювання та транспортування кормових компонентів у повітря робочої зони можуть потрапляти дрібнодисперсні частинки кормового пилу. Їх накопичення погіршує санітарно-гігієнічні умови праці, знижує якість повітря у виробничому приміщенні та за відсутності належного очищення може негативно впливати на атмосферне повітря.

Для зменшення кількості пилових викидів на підприємствах комбікормового виробництва застосовують аспіраційні установки, фільтрувальне обладнання та системи очищення повітря. Використання циклонів і пиловловлювачів дає можливість значно скоротити вміст твердих частинок у повітряних потоках, які відводяться з технологічного обладнання.

У процесі роботи підприємства також можливе утворення виробничих відходів і використання води для технологічних та господарських потреб.

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Відпрацьовані стічні води повинні надходити до каналізаційної системи та перед скиданням у навколишнє середовище проходити відповідне очищення. Такий підхід дозволяє зменшити навантаження на водні ресурси та запобігти забрудненню ґрунтів.

Окрему небезпеку для довкілля і виробничого персоналу становлять аварійні ситуації, пожежі та вибухи. У разі виникнення пожежі в атмосферу виділяються продукти горіння, дим і токсичні речовини, які негативно впливають на стан навколишнього середовища та здоров'я людини. Крім того, підвищення температури під час пожежі може спричинити пошкодження обладнання, будівельних конструкцій та інженерних комунікацій.

Особливої уваги потребує контроль за утворенням і накопиченням зернового та кормового пилу. За певних умов пилоповітряні суміші можуть утворювати вибухонебезпечні концентрації, що створює загрозу як для працівників підприємства, так і для навколишнього середовища.

Для зниження негативного впливу виробництва на довкілля необхідно передбачати комплекс екологічних заходів. До них належать використання ефективних систем вентиляції та аспірації, установлення сучасного фільтрувального обладнання, своєчасне збирання й видалення виробничих відходів, а також упровадження засобів пожежної безпеки та автоматичного контролю технологічних процесів.

Отже, застосування сучасних конструктивних і технологічних рішень у машинах для гранулювання комбикормів дозволяє не лише підвищити ефективність виробництва, а й зменшити його негативний вплив на навколишнє середовище.

#### 4.3 Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності

Вихідні дані для виконання економічних розрахунків передбачені завданням і зібрані на комплексі «Агромарс». Основні показники наведено в таблиці 4.2.

										Арк.
										74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					

Таблиця 4.2 – Вихідні дані

Показник	Кількість
Вартість придбання прес-гранулятора С-750, грн	715000
Кількість вивільнених робітників	1
Годинна тарифна ставка, грн	11,75
Кількість робочих змін	2
Корисний фонд робочого часу одного оператора прес-гранулятора, год	1200
Доплати, %	60
Тривалість зміни, год	8
Відрахування на соціальне страхування та інші відрахування, %	37,26
Витрати на охорону праці, %	5
Потужність двигунів на обладнанні, кВт·год: базовий варіант	110
Потужність двигунів на обладнанні, кВт·год: розрахунковий варіант	160
Тривалість роботи електродвигунів за добу, год	16
Коефіцієнт використання потужності електродвигунів	0,9
Тариф за 1 кВт·год електроенергії, грн	1,03
Норма амортизаційних відрахувань, %	15
Норма витрат на ремонт та утримування обладнання, % від амортизаційних відрахувань	50
Плановий фонд робочого часу підприємства, діб	300
Витрати на транспортування обладнання, %	4
Витрати на складсько-заготівельні роботи, %	1,25
Витрати на проектні роботи, %	4
Витрати на монтаж обладнання, %	20
Вартість замінюваного гранулятора Б6-ДГВ, грн	265000
Кількість замінюваних грануляторів	2
Вага одного замінюваного гранулятора, кг	3230
Ціна 1 т металобрухту, грн	1800
Коефіцієнт використання обладнання	0,8
Продуктивність обладнання, т/год: базовий варіант	8
Продуктивність обладнання, т/год: розрахунковий варіант	10

Проведемо розрахунок капітальних витрат на автоматизацію та механізацію виробництва.

Розрахуємо додаткові капітальні витрати (в грн.) по формулі

$$K_{\text{дод}} = K + D - L, \quad (4.5)$$

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

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

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

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

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

$$D = (\Phi_{\text{ст}} \cdot n) \cdot 0,05 = 265000 \cdot 2 \cdot 0,05 = 26500, \quad (4.6)$$

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

$n$  – кількість замінюваного обладнання, шт.

Визначаємо вартість металобрухту (в грн.) по формулі

$$L = (m \cdot n) \cdot c_m = (3,23 \cdot 2) \cdot 1800 = 11628 \quad (4.7)$$

де  $t$  – вага одного замінюваного обладнання, тонн.

Визначаємо величину капітальних витрат (в грн.) по формулі

$$\begin{aligned} K &= K_0 + K_t + K_c + K_{\text{ПР}} + K_M = \\ &= 715000 + 35750 + 8937,5 + 35750 + 178750 = 974187,5 \quad (4.8) \end{aligned}$$

де  $K_0 = 715000$  грн - вартість придбання обладнання;

$K_t = K_0 \cdot 0,05 = 715000 \cdot 0,05 = 35750$  грн - вартість транспортних витрат (5% від вартості обладнання);

$K_c = K_0 \cdot 0,0125 = 715000 \cdot 0,0125 = 8937,5$  грн - вартість заготівельно-складських робіт (1,25% від вартості обладнання);

$K_{\text{ПР}} = K_0 \cdot 0,05 = 715000 \cdot 0,05 = 35750$  грн - вартість проектних робіт (5% від вартості обладнання);

$K_M = K_0 \cdot 0,25 = 715000 \cdot 0,25 = 178750$  – вартість монтажних робіт (20% від вартості обладнання).

						КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Підставляємо дані у формулу 4.1 і отримуємо

$$K_{\text{дод}} = 974187,5 + 26500 - 11628 = 989059,5$$

Проведемо розрахунок зміни поточних витрат

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

$$Зп = T_{\text{сп}} \cdot K_{\text{ф.р.ч.}} \cdot K_{\text{д}} \cdot п = 11,75 \cdot 4800 \cdot 1,5 \cdot 1 = 84600 \quad (4.5)$$

де  $T_{\text{сп}} = 11,75$  – годинна тарифна ставка робітника II розряду, грн.;

$K_{\text{ф.р.ч.}} = 8 \cdot 2 \cdot 300 = 4800$  год - корисний фонд робочого часу робітника;

$K_{\text{д}} = 1,5$  – коефіцієнт що враховує доплати;

$п = 1$  – кількість вивільнених робітників.

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

$$E_{\text{с.ст}} = Зп \cdot V_{\text{с.п}} = 84600 \cdot 0,3726 = 31521,9 \quad (4.6)$$

де  $V_{\text{с.п}} = 0,3726$  % – відрахування за соціальне страхування;

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

$$V_{\text{о.п.}} = Зп \cdot V_{\text{ох.пр.}} = 84600 \cdot 0,05 = 4230 \quad (4.7)$$

де  $V_{\text{ох.пр}} = 0,05$  % – витрати на охорону праці.

Визначаємо економію на електроенергію (в грн.) по формулі

$$E_{\text{ЕЛ}} = \frac{N_{\text{ДВ}} \cdot T \cdot K_{\text{ЕБ}} \cdot K_{\text{ІНТ}} \cdot C_{\text{ЕЛ}}}{K_{\text{ВЛ}}} = \frac{80 \cdot 4800 \cdot 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,03}{0,9} = 335400,96 \quad (4.8)$$

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

Базовий варіант:  $110 \cdot 2 = 220$  кВт.

Розрахунковий варіант: 160 кВт.

Економія:  $N_{\text{ДВ}} = 220 - 160 = 80$  кВт.

$T$  – час роботи електродвигунів;

$K_{\text{ЕБ}} = 1,06$  – коефіцієнт, що враховує втрати електричної

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_41.16.00.00.000.ПЗ

Арк.

77

енергії в мережі заводу;

$K_{\text{ИТТ}} = 0,8$  - коефіцієнт використання потужності устаткування;

$K_{\text{ВЛ}} = 0,9$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

$C_{\text{ЕЛ}} = 1,03$  грн – тариф за 1 кВт\*год електроенергії.

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

$$E = Z_{\text{п}} + E_{\text{с.ст}} + E_{\text{о.п.}} + E_{\text{ел.ен.}} = \\ = 84600 + 31521,9 + 4230 + 335400,96 = 455752,86 \quad (4.9)$$

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

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

$$A = \frac{\Phi \cdot N_A}{100} = \frac{989059,5 \cdot 15}{100} = 148358,9 \quad (4.10)$$

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

$N_A = 15\%$  - річна норма амортизаційних відрахувань.

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

$$V_{\text{п.р.}} = A \cdot 0,5 = 148358,9 \cdot 0,5 = 74179,45 \quad (4.11)$$

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

$$V_{\Sigma \text{В}} = A + V_{\text{п.р.}} = 148358,9 + 74179,45 = 222538,35 \quad (4.12)$$

Проведемо розрахунок показників економічної ефективності.

Визначаємо додатковий прибуток (в грн.) по формулі

$$П_{\text{дод}} = E - V_{\Sigma \text{В}} = 455752,86 - 222538,35 = 233214,51 \quad (4.13)$$

Визначаємо податок на прибуток (в грн.) по формулі

$$n = П_{\text{дод}} \cdot K_{\text{п.п.п}} = 233214,51 \cdot 0,18 = 41978,61 \quad (4.14)$$

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

Визначаємо чистий прибуток (в грн.) по формулі

$$П_{\text{ч}} = П_{\text{дод}} - n = 233214,51 - 41978,61 = 191235,9 \quad (4.15)$$

					КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ	Арк. 78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо строк окупності (в роках) по формулі

$$T_o = \frac{989059,5}{191235,9} = 5,2 \quad (4.16)$$

Визначаємо коефіцієнт економічної ефективності по формулі

$$K_{ef} = \frac{191235,9}{989059,5} = 0,193 \quad (4.17)$$

Визначаємо річний економічний ефект (в грн.) по формулі

$$E_p = 191235,9 - 0,15 \cdot 989059,5 = 42876,97 \quad (4.18)$$

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

Показники економічної ефективності проведених заходів приведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3

Показник	Кількість
Додатковий прибуток, грн.	233214,51
Строк окупності, роки	5,2
Коефіцієнт економічної ефективності	0,193
Додаткові капітальні вкладення, грн.	989059,5
Річний економічний ефект, грн.	42876,97

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі на тему «Конструкторсько-технологічні аспекти проектування машини для гранулювання у комбікормовому виробництві» розглянуто конструкції обладнання, що застосовується для гранулювання комбікормів, а також виконано розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів проекрованої машини.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що використання комбікормів у гранульованому вигляді дає змогу покращити їх фізико-механічні властивості, зменшити втрати продукції під час транспортування та зберігання, підвищити засвоюваність поживних речовин тваринами і загалом забезпечити більш ефективну організацію виробництва.

У роботі досліджено конструктивні особливості сучасних прес-грануляторів, принципи їх функціонування та технологічні схеми виробництва гранульованих комбікормів. Визначено, що найбільш раціональними є машини з кільцевими матрицями, оскільки вони поєднують високу продуктивність, надійність у роботі та порівняно невеликі питомі витрати енергії.

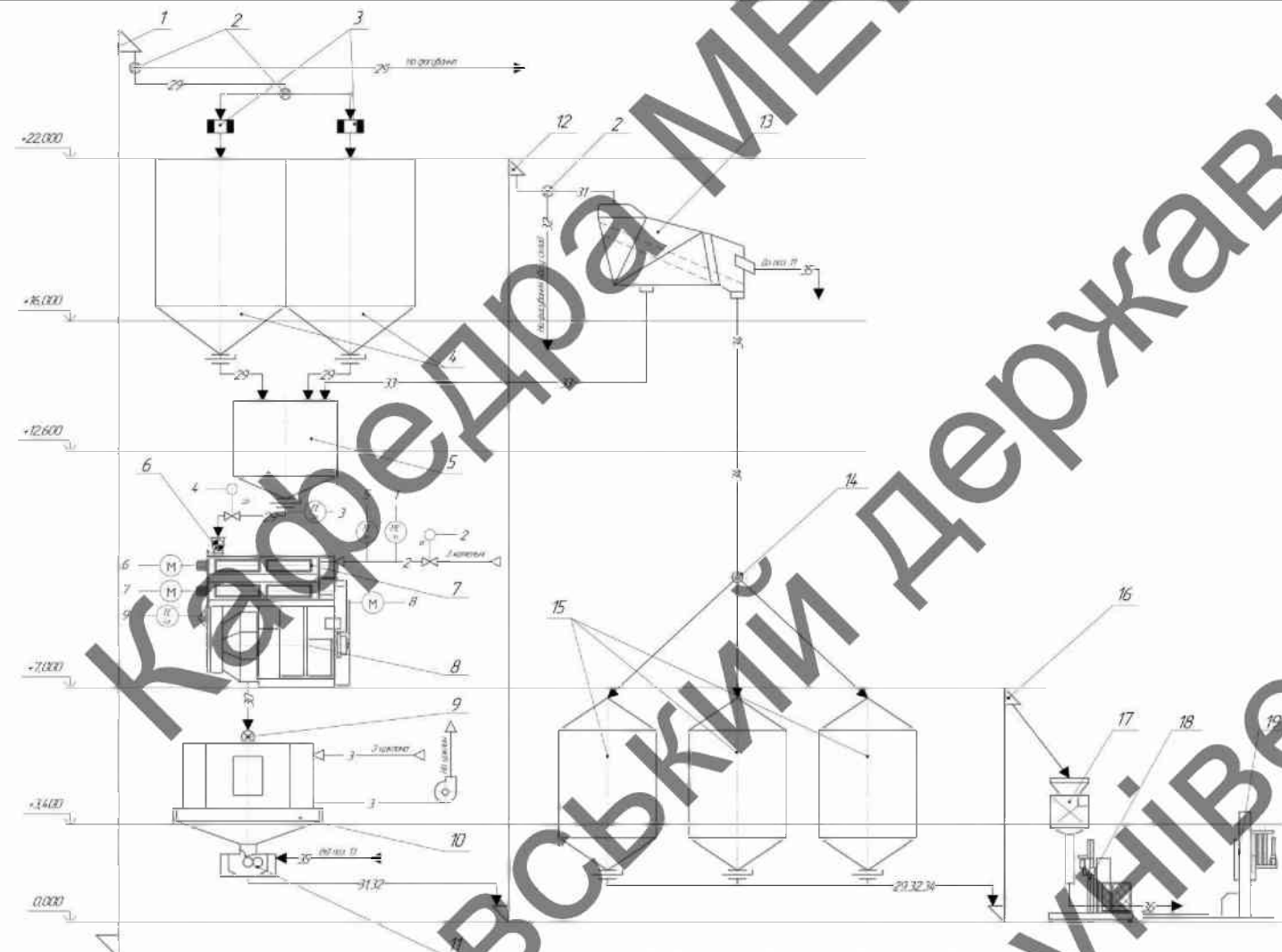
У технологічному розділі проаналізовано процес виготовлення гранульованих комбікормів, розглянуто послідовність основних технологічних операцій і обґрунтовано вибір обладнання для потокової лінії. Виконані технологічні розрахунки дали можливість визначити робочі параметри обладнання та забезпечити необхідну продуктивність виробничого процесу.

У конструкторському розділі проведено енергетичні, конструктивні та кінематичні розрахунки машини для гранулювання. Отримані результати дозволили обґрунтувати основні геометричні параметри робочих органів, підібрати необхідні елементи приводу та встановити раціональні режими роботи обладнання.

У розділі з охорони праці визначено потенційно небезпечні й шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час експлуатації обладнання

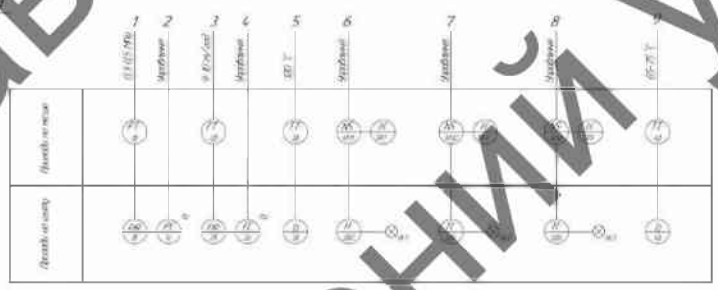
										Арк.
										80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.16.00.00.000.ПЗ					





№	Назначення	Тип	Клас	Примітка
1	Напірний	МП	1	
2	Машини вакуумні	МВ	2	
3	Вакуумні лопатки	ВЛ	1	
4	Термометри настінні	ТН	2	
5	Машини поліпропіленові	ММ	2	
6	Автомати	АТ-31	2	
7	Помпи напірні	ПН	3	
8	Класи управління	КЛ-2	6	
9	Листи плоскі	Л	3	

№	Назва робочого середовища
2	Віра
3	Відбір
29	Коліація (осадки)
30	Коліація (осадки)
31	Танки аераційні
32	Машини
33	Листи
34	Приміт з'ясувати
35	Світ з'ясувати
36	Коліація (осадки)



№	Позначення	Назначення	№	Прим
1	Н-50	Напір	1	
2	КЛ-2	Класи управління	2	
3	ММ-50	Коліація напірні	2	
4	В-70 м	Вакуумні лопатки	1	
5	В-17 м	Вакуумні лопатки	1	
6	ВА-150	Вакуумні насоси	1	
7	С-500	Коліація напірні	1	
8	С-750	Прес-апарат	1	
9	Ш-6	З'єднання шланги	1	
10	ТК-2200	Термометри	1	
11	МР-15-2	Машини	1	
12	Н-20	Напірні насоси	1	
13	Г05-4	Примітки	1	
14	РТ-В-220	Реле	1	
15	СММ-2103	Світ	6	
16	УД-1850	Напірні насоси	2	
17	Танки С-5-50	Вакуумні насоси	2	
18	КВ-63М	Машини поліпропіленові	2	
19	Світ EXP-308	Машини поліпропіленові	2	

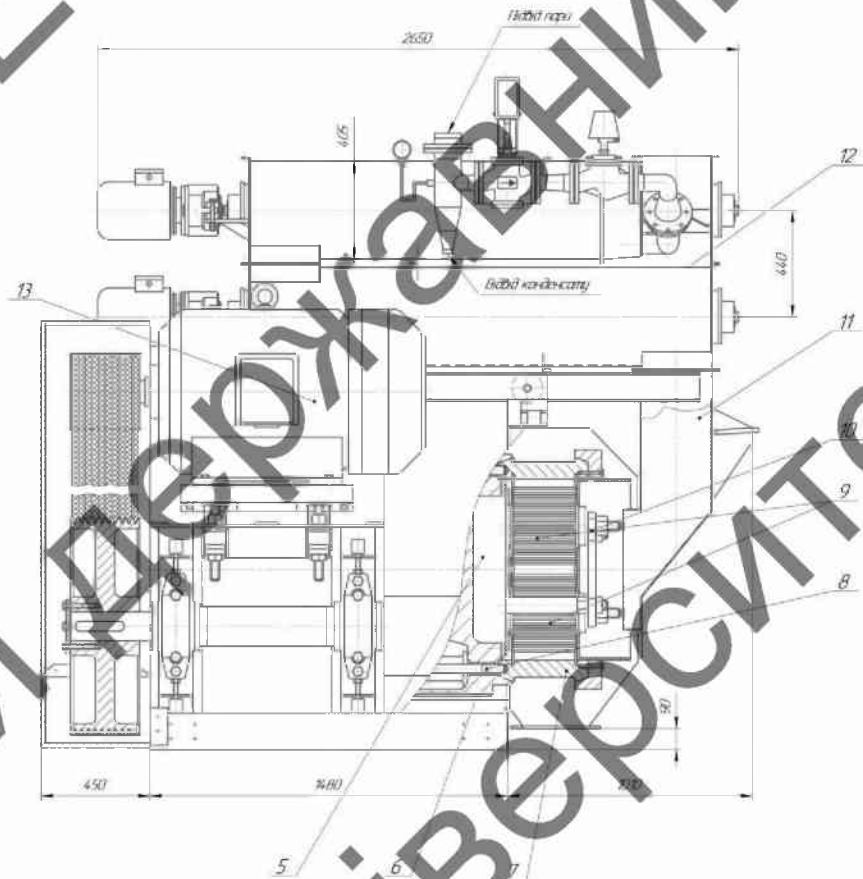
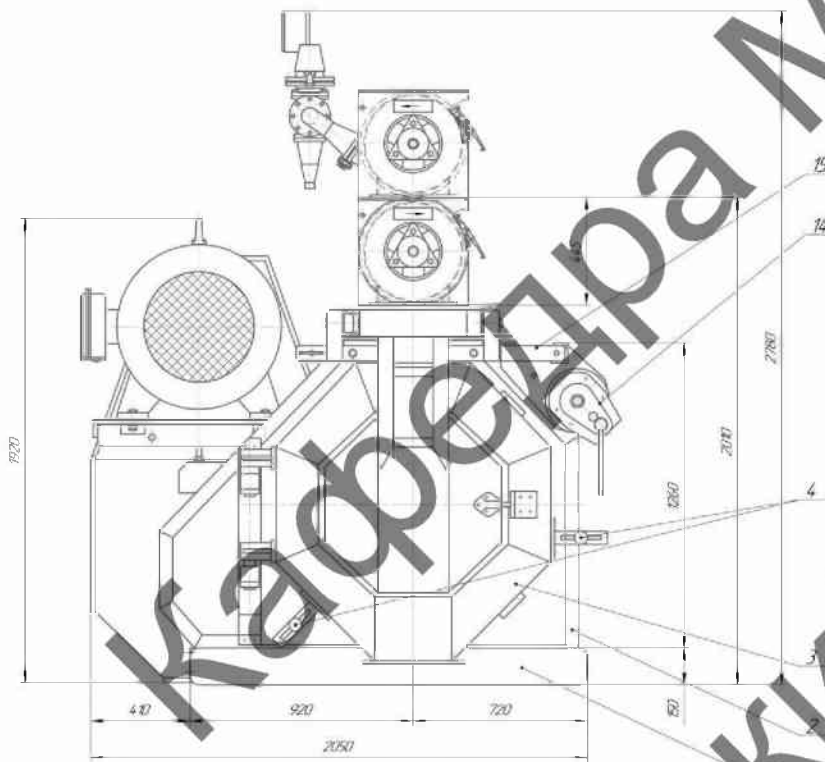
КРБ.1337МВ\_4.16.00.00.000.ТХ

ТОВ «Коліація-Полтава»

№	Дата	Відомості	Відомості
1	2025	Керівник проекту	ІНЖ. П. П. П.
2	2025	Проєктувальник	ІНЖ. П. П. П.
3	2025	Перевірив	ІНЖ. П. П. П.
4	2025	Затвердив	ІНЖ. П. П. П.

Сторінка 1 з 4

Дата видання: 2025



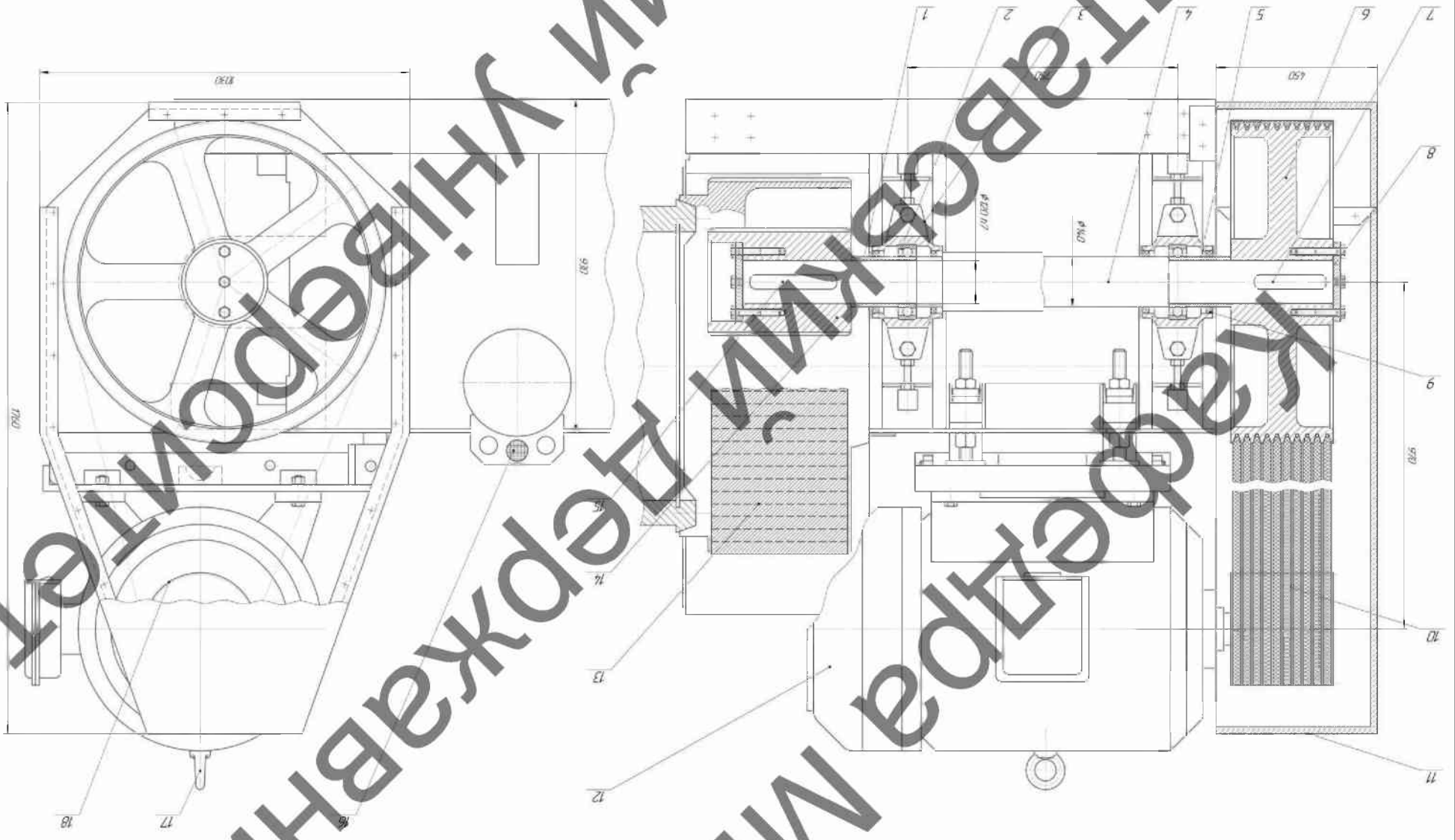
Технічна характеристика

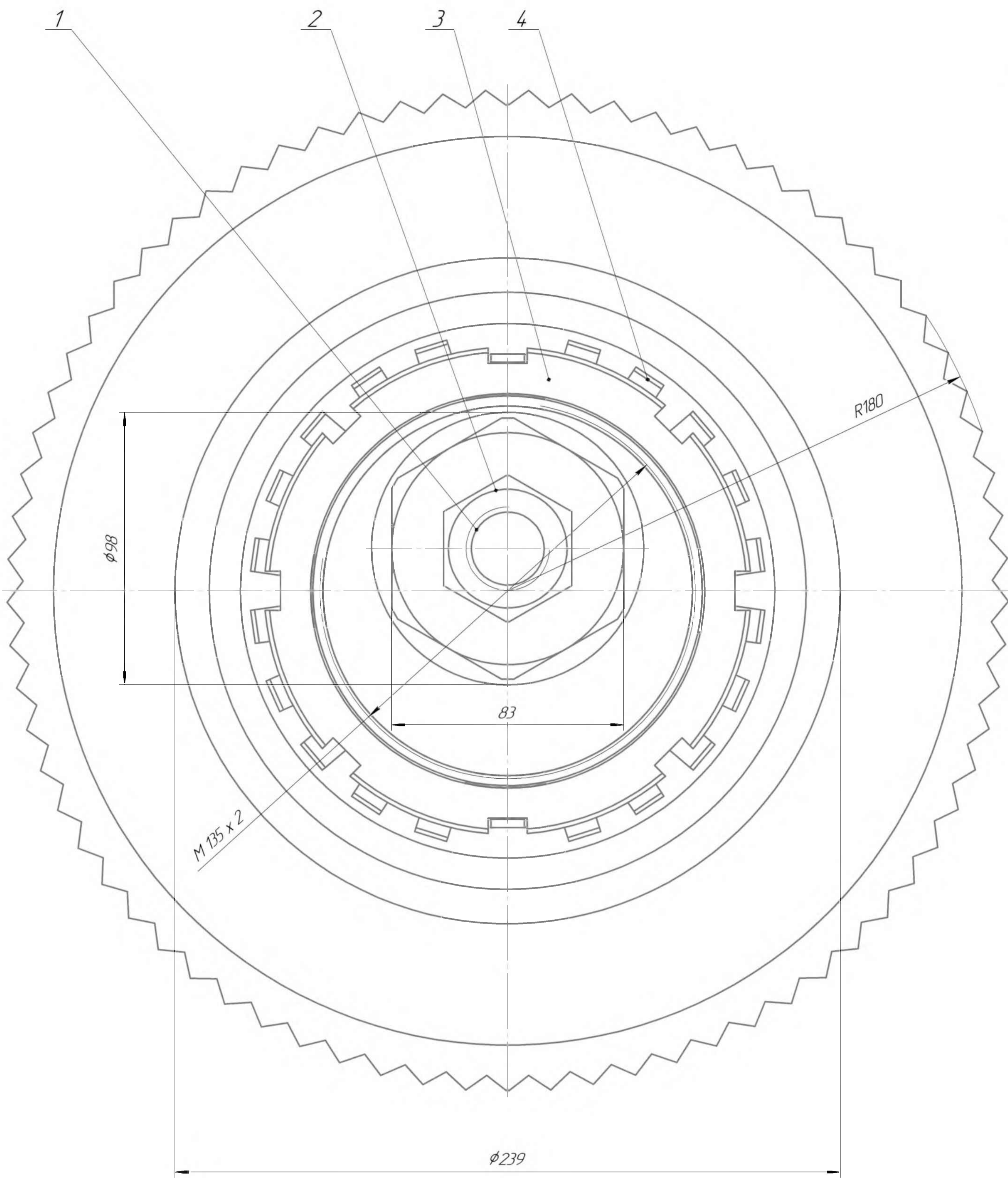
Продуктивність при діаметрі сировини 6,7 мм, т/год	10
Матеріал	
Відсоток діаметра, мм	750
Частота обертання, об/хв	150
Продукт розливи кількість, шт	2
діаметр, мм	320
Електроживлення	
тип	5AM165S4
потужність, кВт	160
Частота обертання, об/хв	1500
Габаритні розміри, мм	
довжина	2940
ширина	2050
висота	2180

		КРБ.133ГМ88_4.1.16.00.00.00.СК	
Лист №	К-діаметр	Лист №	К-діаметр
1/1	133	1/1	133
Прес-гранулятор		К-діаметр	133
		Формат: А1 (горизонт.)	
		Дата: 2026	



КРБ.13.31.МБД_4.1.16.00.13.000 СК		Лист 15		К.П. 15		Итого листов 15	
КРБ.13.31.МБД_4.1.16.00.13.000 СК		Лист 15		К.П. 15		Итого листов 15	
КРБ.13.31.МБД_4.1.16.00.13.000 СК		Лист 15		К.П. 15		Итого листов 15	





					КРБ.133ГМдд_4.1.16.00.09.000 СК					
Эм	Арк	№ докум	Підп	Дата	Ролик пресуючий			Лит	Маса	Масштаб
Розроб		Курдовський			К Р Б					1:1
Керівник		Харченко С.О.			Аркш 4			Архив		
Н.контр		Харченко С.О.			ПДАУ, 2026					
Затв		Попов С.В.								