

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.3

Кваліфікаційна робота на
правах рукопису

Ніколайчук Назар Володимирович

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Удосконалення конструкції прес-гранулятора біомаси**

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
асистент Тимків В.В.

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Ніколайчук Н.В. Удосконалити конструкцію прес-гранулятора біомаси. Кваліфікаційна робота подається на розгляд комісії на правах рукопису. Вона являє собою закінчену працю на здобуття ОС бакалавр зі спеціальності 208 «Агроінженерія», Поліський національний університет м. Житомир – 2025р. Факультет інженерії та енергетики. Зміст роботи полягає в удосконаленні конструкції прес-гранулятора з метою підвищення надійності, зниження матеріалоемності та конструктивної складності обладнання, та підвищення його універсальності стосовно різних сфер використання. Воно направлене на розробку оригінальної конструкції матриці для пресування біомаси.

Ключові слова: прес-гранулятор, біомаса, матриця, ніж, гранули, брикети.

ANNOTATION

Nikolaychuk N.V. To improve the design of a biomass press granulator. The qualification work is submitted for consideration by the commission as a manuscript. It is a completed work for obtaining the Bachelor's degree in specialty 208 "Agroengineering", Polissia National University, Zhytomyr - 2025. Faculty of Engineering and Energy.

The content of the work is to improve the design of a press granulator in order to increase reliability, reduce material consumption and structural complexity of the equipment, and increase its versatility in relation to various areas of use. It is aimed at developing an original design of a matrix for pressing biomass.

Keywords: press granulator, biomass, matrix, knife, granules, briquettes.

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
1.1. Обґрунтування механізації виробничого процесу приготування гранульованих кормів	
1.2. Розрахунок обсягу роботи кормоцеху	
1.3. Продуктивність технологічних ліній	
1.4. Розрахунок поточкових технологічних ліній	
1.5. Розрахунок та підбір обладнання для гранулювання	
1.6. Визначення площі кормоцеху	
Висновок до розділу 1	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СВІТОВОГО РІВНЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ПРЕСОВАНОЇ МАСИ	
2.1. Аналіз технологій приготування комбікормів	
2.2. Аналіз конструкцій обладнання для приготування комбікормів	
Висновки до розділу 2	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА БІОМАСИ	
3.1. Зоотехнічні вимоги до пресування кормів	
3.2. Аналіз існуючих конструкцій обладнання для пресування кормів	
3.3. Вдосконалення конструкції прес-гранулятора	
3.4. Розрахунки конструкції гранулятора	
Висновки до розділу 3	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	
ДОДАТКИ	

У зниженні темпів приросту продукції тваринництва, що спостерігається на протязі останніх років, обумовлюється поряд з важливими чинниками, негативним станом у енергозабезпеченні. Неповнота у забезпеченні енергією, її висока ціна, кормами низькою їх якістю призводить до того, що продуктивно-генетичний потенціал тварин реалізовано лише приблизно на 40% - 60%. Кормові компоненти є в значній мірі основними для економічних показників, так, як у структурі вартості тваринницької продукції їх доля складає приблизно 70% витрат. Поряд з цим за умови підвищення якісних показників у кормовиробництві, покращенні їхньої продуктивної дії, зниження втрат поживних речовин при псуванні коли проходить заготівля, консервування та зберігання, переробка відходів галуззі рослинництва є важливою та необхідною умовою для зростання продуктивного потенціалу тварин та ефективності виробництва галузі.

Причиною у зменшенні виробництва кормів є вкрай гостра нестача кормозбиральних машин в с-г підприємствах за кількісними та якісними показниками. Основна маса кормів готується за технологіями, які переважно використовують старі машини, що вкрай важко використати технологій сьогодення по заготівлі біомаси.[2]

Зростання концентрації та спеціалізації виробництв в країнах Європи та США виставляє новітні вимоги у підвищенні ефективності використання, та найновітні технічних засобів, що обумовлюється постійним внесення змін у конструктивні рішення машин. Істотно підвищується та урізноманітнюється технічний рівень машин та їх робочих органів, що призводить до збільшення рівня гідрофікації, автоматизації, електрифікації та довговічності.[2,3]

Широке використання при конструюванні машин знаходять полімерні, композитні матеріали з елементами гідроавтоматики та електроніки.

Останнім часом за кордоном при заготівлі енергетичних культур домінують гнучкі технології, що мають високу ефективність при заготівлі кормів мінімізуючи втрати поживних речовин при зберіганні.[5]

Метою роботи – є підвищення універсальності при виробництві комбікормів, пресованої біомаси на фоні зниження витрат енергії.

Предметом досліджень є конструкція прес-гранулятора біомаси.

Об'єкт досліджень- є технологія та сам технологічний процес у виробництві пресованої біомаси.

Методами досліджень є накопичення інформації її аналіз, що має на меті удосконалення прес-гранулятора.

За матеріалами виконаної роботи наявні дві публікації в збірнику наукових праць «Наукові читання – 2025» від 23 квітня 2025 р.:

Ніколайчук Н.В. Огляд технологій виробництва пелет та брикетів з соломи. Студентські наукові читання : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 45-46.

Ніколайчук Н.В. Огляд конструкцій обладнання для виробництва пелет та брикетів з соломи. Студентські наукові читання : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С.78-79

В результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено конструкцію універсального прес-гранулятора біомаси, який можна використовувати як при виробництві комбікормів та пресування біомаси для енергетичних потреб.

Робота має обсяг 32 сторінки машинописного тексту та має наступну структуру : анотацію, вступну частину, пояснювальну записку з трьох розділів, з висновків та списку літературних джерел та три аркуші формату А1.

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Обґрунтування механізації виробничого процесу приготування гранульованих кормів.

Технологічний процес приготування комбікорму включає в себе наступні операції, що наведено на схемі:

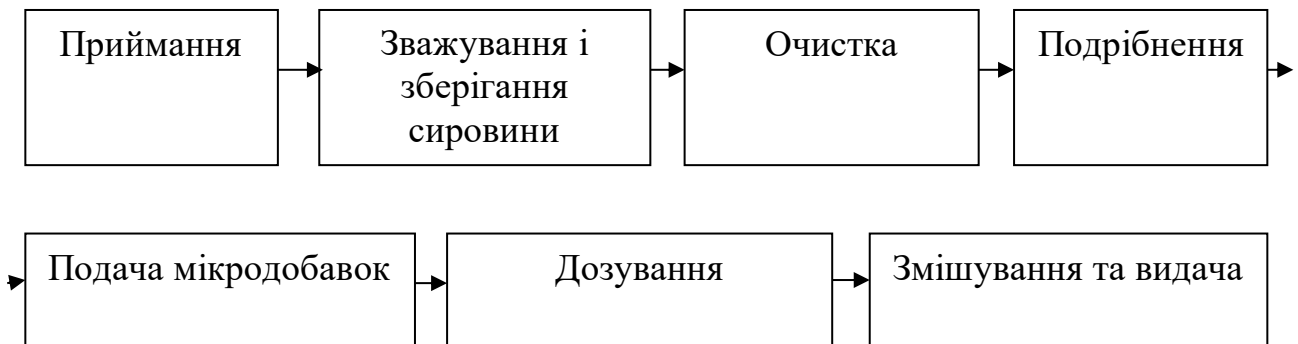


Рис. 1.1. Технологічна схема приготування кормів

Опис тех. схеми приготування гранульованих кормів.

Враховуючи ґрунтово-погодні умови нашої зони, та те що на ній вирощують наступні види зернових культур: пшениця, жито , ячмінь, овес, кукурудза) , їх можна використовувати в якості сировини, БВД та мікродобавки плануємо закуповувати . [5]

Схема приготування буде мати наступний вид:

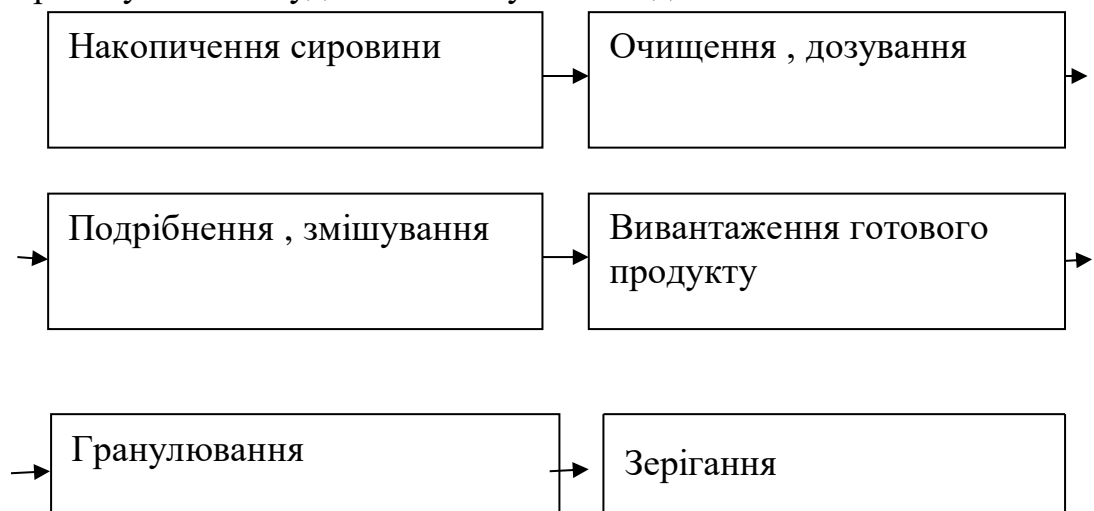


Рис. 4.2 Технологічна схема приготування пресованих кормів з використанням УМК-Ф-2

Дана схема відзначається, як простотою так і дає готувати комбікорми не використовуючи складне обладнання. При розрахунку процесів з виробництва гранульованої біомаси будемо проводити на прикладі продукування комбікормів. До складу входять:[9]

пшениця -30%, овес -10%, кукурудза-40%, БВД -15%, мікродобавки -5%

1.2. Розрахунок обсягів роботи кормоцеху

Обсяг роботи кормоцеху на добу становить:

$$G_{\text{сум}} = (1 + \frac{W_{\text{сум}} - W_{\text{ф}}}{1 - W_{\text{сум}}}) \sum G_{\text{доб}}, \quad (1.1)$$

Де $W_{\text{сум}}$ і $W_{\text{ф}}$ – вологість згідно завдання та фактична по складових елементах, % $W_{\text{ф}}=0,13\%$

Середньозважена вологість $W_{\text{сум}}=0,145$

$G_{\text{доб}}$ – потреба в кормах на добу. $G_{\text{доб}}=3 \text{ Т.}$ [7]

Тоді:

$$G_{\text{сум}} = (1 + \frac{0,45 - 0,13}{1 - 0,145}) \times 3 = 3,05 \text{ Т.}$$

1.3. Продуктивність технологічних ліній

В склад комбікормового агрегату входять такі лінії:

лінія по накопиченню та подачі компонентів комбікормів; дозованої подачі, подрібнення зі змішуванням, вивантаження.

Продуктивність тех. лінії Q_i , визначаємо за залежністю:

$$Q_i = \frac{G_{\text{доб}}}{T_i}, \quad (1.2)$$

де T_i – час обробки певних видів кормів, $T_i = 3 \text{ год.}$

Тоді отримаємо:

$$Q_i = \frac{3}{3} = 1 \text{ т/год.}$$

Основною в лінії є лінія змішування, так як у нас тех. операція є подрібнювання та змішування компонентів визначимо за формулою:

$$Q_3 = \frac{G_{\text{доб}}}{T_{\text{доп}}} \left(\frac{1}{K_{\text{ТВ}}} + \frac{1}{K_{\text{р}}} - 1 \right), \quad (1.3)$$

де $K_{\text{ТВ}}$ – рівень використання кормоцеху, $K_{\text{ТВ}} = 0.85$;

$K_{\text{р}}$ – коефіцієнт використання транспортних засобів, $K_{\text{р}} = 0.8$.

$T_{\text{доп}}$ – час на роботу кормоцеху. $T_{\text{доп}} = 4$ год.

Підставляємо значення:

$$Q_3 = \frac{3}{4} (1,17 + 1,25 - 1) = 1,06 \text{ т/год.};$$

Продуктивність машин в лінії подачі та дозування сировини складає:

$Q_{\text{п}}, Q_3 = 1$ т/год; лінії подрібнення-змішування $Q_3 = 1,06$ т/год.

1.4. Розрахунок потокових технологічних ліній

Робота кормоцеху в ПТЛ використовує компоненти сумішей, таких як БВД, та мікродобавки. Ємкість бункера-накопичувача становить:

$$V = \frac{G_j}{\rho \times P}, \quad (1.4)$$

де G_j – кількість; j – добова потреба в кормі:

$$G_j = G_{\text{доб.}} \times L; \quad (1.5)$$

де L – вміст БВД в комбікормі $L = 15\%$.

$$\text{Звідки } G_j = 3 \times 0,15 = 450 \text{ кг,}$$

ρ_j – об'ємна вага, $\rho_j = 0,455$ м;

P – коефіцієнт на заповнення ємкості бункера $p = 0,85$;

$$\text{Звідки } V = 450 / (0,455 \times 0,85) = 1,16 \text{ м.}$$

З врахуванням того, що необхідний запас сировини складає 8-10 днів то місткість бункера приймемо $V_{\text{б}} = 10 \text{ м}^3$. Для цього використаємо серійний бункер типу БСК-10.

Мікродобавки як правило поставляються в мішках масою 50 кг.:

$$G_{\text{м.д}} = G_{\text{доб.}} \times L;$$

$$G_{\text{м.д}} = 3 \times 0,05 = 0,15 \text{ т} \quad L = 0,05\% \quad (1.6)$$

Кількість кормів, що входять в склад агрегату становить: [11]

$$n_{\text{под}} = Q_i / Q_{\text{м}}; \quad (1.7)$$

де Q_i – необхідна продуктивність лінії:

$$Q_i=1,06 \text{ т/год};$$

Q_M –продуктивність машини ДЗК-1.

$$Q_M=1 \text{ т/год.}$$

$$\text{Звідки } n_{\text{под}}=1,06/1=1,06;$$

Тоді приймаємо 1 дробарку типу ДЗК-1.

1.5. Розрахунок та підбір обладнання для гранулювання

Технічна продуктивність гранулювання :

$$P_3=3600 \cdot 3.14 \cdot d_{\phi}^2 \cdot V_{\text{ср1}} \cdot \gamma \cdot i_1 \cdot Z \cdot K_1 \cdot K_2 / 4 ; \quad (1.8)$$

Тоді $P_e=3600 \cdot 3.14 \cdot 0.005^2 \cdot 0.246 \cdot 660 \cdot 4097 \cdot 2 \cdot 0.14 \cdot 0.85 / 4 = 11185 \text{ кг/год}$ або 11.2 т/год.

По технічній характеристиці вибираємо гранулятор на базі преса ПГМ-10

1.6. Визначення площі кормоцеху

Площу кормоцеха визначимо методом коефіцієнтів:

$$F_{\text{к.у.}} = \sum_{i=1}^n K \times F_{\text{мі}} , \quad (1.9)$$

де $F_{\text{мі}}$ - площа агрегату УМК-Ф-2 ; $F_{\text{мі}}=5,4 \text{ м}^2$;

K - коефіцієнт для поправки, $K=L \dots 3$.

$$\text{Тоді } F_{\text{к.у.}}=2,5 \times 5,4=13,5 \text{ м}^2$$

Висновок до розділу 1. Отже, лінія пресування установки УМК-Ф-2 має наступні лінії: прийом та нагромадження сировини, дозована подача, змішування з подрібненням, вигрузкою, пресування зі зберіганням продукту (Рис. 1.2).

Добова потреба в кормах складає 3,05 т, продуктивність лінії 1,06 т/год, встановлена потужність приводу лінії подрібнення 23 кВт, гранулювання 50 кВт. Завдяки підбраному обладнанню технологічна лінія виробництва комбікормів буде мати наступні переваги:

- менш метало'ємна за рахунок вдосконаленої матриці та дешевша в експлуатації з врахуванням заміни елементів матриці ;
- зменшаться потреби в складських приміщеннях при використанні прес-гранулятора .

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СВІТОВОГО РІВНЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ

2.1. Аналіз технологій приготування комбікормів

Комбікорм, який збалансований за поживністю може повністю забезпечувати потреби тварин та птиці в усіх необхідних мікро та макроелементах.

Концентрат — це комбікорми з високим протеїном, та вмістом мінеральних речовин та добавок. Дається разом з різними групами кормових компонентів, що забезпечує якісну годівлю тварин.

Для збалансування додають добавки, що можуть бути білкові, білково-вітамінні, мінеральні.

Премікси — це сумішка подрібнених до потрібної величини мікродобавки та наповнювача, що використовується для балансування комбікормів та виробництві БВД.[9]

Основу комбікорму складають : зернові злакових та бобових культур; відходи елеваторного виробництва, борошняно-круп'яних та харчових виробництв; грубих кормів; трав'яного борошна; дріжджів кормових; (відходів) екстракційного, крохмального виробництв. Сировинна база комбікормового виробництва налічує майже декілька тисяч кормових ресурсів, з яких близько 80 % вироблено у с -г.

Процес виробництва комбікормів проводиться на комбікормових підприємствах та здійснюється по Правилах організації та ведення тех. процесу на комбікормових підприємствах. Ці правила передбачають наступні кроки:[10]

- очистка сировини від різного виду домішок;
- відокремлення плівок від ядра;

- подрібнення ;
- дозована подача зі змішуванням;
- пресування комбікормів;
- зберігання .

Обґрунтовано продуктивність комбікормових підприємств: до 16 і більше тонн за годину.

2.2. Аналіз існуючих конструкцій обладнання для виробництва комбікормів

На рис. 2.1. подано схему виробництва розсипних комбікормів в складі агрегату УМК-Ф-2 «Харківчанка» що має продуктивністю до 4 т/год.[5]

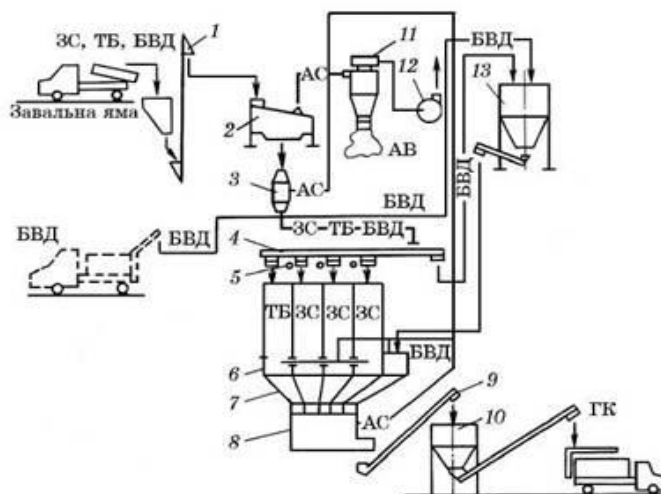


Рис. 2.1. Схема виробництва комбікормів агрегатом УМК-Ф-2:

1 — транспортер; 2 — сепараторний блок; 3 — магнітоуловлююча колонка; 4 — шнек розподілу ; 5 — задвижка; 6 — бункери запасу; 7 — верхні бункери; 8 — подрібнювач; 9 — шнек похилий; 10 — бункери для готових кормів; 11 — циклон-відокремлювач; 12 — вентиляторний блок; 13 — бункер БВД;

Пресування кормів - це процес зворотній їх подрібненню. Якщо при подрібненні метою є зменшення крупності часток, то при пресуванні - їх укрупнення до зернистого чи кускового стану.

Залежно від призначення і гранулометричного складу спресований корм розділяють на гранули і брикети.

Гранули - це спресовані сипкі кормові компоненти до щільності 800-1300 кг/м³, розмір або діаметр яких становить до 25 мм..

Брикети - це спресовані трав'яна, солом'яна січка або кормові сумішки із включенням грубих кормів, які мають циліндричну чи будь-яку іншу форму (розміром більше 25 мм) і щільність 500-900 кг/м³. Державним стандартом щільність брикетів і гранул, призначених для наступної переробки або закладання на зберігання строком понад два місяці, встановлена в межах 700-1200 кг/м³, крихкість - не більше відповідно 12 і 15 %.[5,6]

Величина гранул та брикетів залежить від виду та віку тварин і птиці. Відповідно до діючих вимог діаметр гранул" для курчат повинен становити 2-3 мм, для дорослої птиці - 4-6, для молодняку свиней - до 10, для овець і телят - 5-7, для великої рогатої худоби -14-20 мм. Діаметр брикетів для великої рогатої худоби 165 мм розмір брикетів прямокутної форми 60 x 50 мм.[7]

Порівняно з розсипними пресовані корми мають такі переваги:

- у результаті підвищення щільності зменшується їх об'єм і, завдяки цьому, скорочується потреба в тарі та місткості сховищ для зберігання, зростає ефективність використання транспортних засобів;
- скорочуються втрати кормів та їх поживної цінності в процесі транспортування, зберігання та роздавання;
- виключається вибіркове поїдання окремих кормових компонентів тваринам и чи птицею.

Особливої уваги заслуговує пресування в гранули трав'яного борошна і зерно-трав'яних сумішей з включенням до 30-40 % соломи. Останні можуть використовуватись як основний корм на відгодівлі молодняку (з додаванням в раціон грубих кормів чи силосу) або ж як додатковий при згодовуванні зеленої маси влітку. Треба мати на увазі, що при гранулюванні понад 20 % зернової суміші піддається желатинізації, що сприяє зниженню витрат зерна на виробництво молока і м'яса приблизно на 5-6 %.[10]

Якість спресованих кормів визначається в основному, їх складом, вологістю, зовнішнім виглядом (гладенька або шорстка поверхня), щільністю на крихкість, останнім часом набуває застосування методика визначення міцності гранул та брикетів за напругою руйнування. Крихкість, з одного боку, характеризує міцність спресованого матеріалу, з іншого ж, не враховує

спроможності тварин споживати такий корм без попередньої підготовки (зволоження, руйнування). Дослідами встановлено, що допустима міцність гранул на роздавлювання для корів становить 1,25-1,4 МПа, для свиней -0,60-0,62 МПа.

Гранулювання комбікормів призводить до збільшення об'ємної маси, що знижує розпиленість продуктів. При гранулюванні довше зберігаються всі поживні елементи та краще проходить їх засвоєння організмами тварин та риб. Вони виробляються для всіх видо-вікових груп тварин та птиці.

Гранулювання проводять установками типу ДГ, Б6-ДГВ, ОГМ. До їх складу входить гранулятор, колонка охолодження, сепаруючий блок.

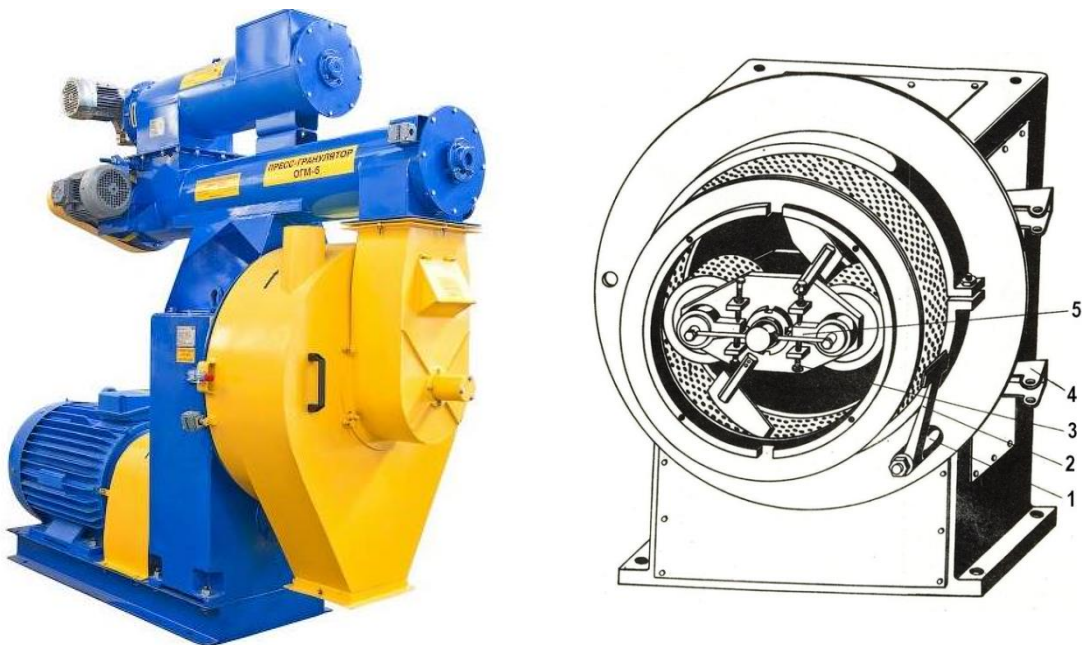


Рис. 2.2. Пресс-гранулятор типу ОГМ : а) загальний вигляд ;
б) пресуючи камера.

Висновок до другого розділу. Аналіз світового рівня технологій виробництва гранульованих кормів дає можливість вибрати нам технологічну лінію приготування кормів, яка буде мати наступний склад :

- базовим комплектом обладнання буде кормоцех УМК-Ф-2, оскільки він вітчизняного виробництва, малогабаритний, відзначається низькою металомісткістю;

- гранулювання сировини будемо проводити прес-гранулятором ПГМ-1.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА КОМБІКОРМІВ

3.1. Зоотехнічні вимоги до пресування біомаси

Пресування кормів можна здійснювати вологим і сухим способами. При вологому способі розсіпні корми зволожують гарячою водою температурою 70-80 °С до відносної вологості 30-35 %. Після процесу пресування або скочування борошнистих кормів у кульки вологі гранули надходять на сушарки, де вони висушуються гарячим повітрям до вологості 12 %. Отримані таким способом гранули міцні і здатні протягом тривалого часу не розбухати у воді. Однак необхідність сушки гранул ускладнює їх виробництво і збільшує собівартість. Крім того, вихідні компоненти повинні мати дрібний помел.

Найпоширеніший сухий спосіб, який характеризується простотою технології та обладнання, високою продуктивністю і можливістю збереження введених й кормову сумішку вітамінів та антибіотиків. У цьому випадку процес гранулювання складається з трьох послідовних етапів: кондиціонування (нормалізація) матеріалу, тобто надання йому відповідної вологості і температури; пресування і формування гранул; охолодження і відокремлення крихти.[5]

Для нормального протікання процесу гранулювання трав'яного борошна або комбікормових сумішок оптимальна вологість повинна бути 15-16 %, температура - 60-70 °С. При цьому досягаються найменші значення коефіцієнтів зовнішнього тертя, які знижуються зі збільшенням тиску. У даному випадку під дією зовнішніх сил збільшується пластична деформація часток, а витискувана волога відіграє роль мастила. Під дією пари при кондиціюванні комбікормова сумішка зволожується з 12—14 до 15—16 %, частки корму набувають відповідної в'язкості і пластичності, в процесі пресування маса нагрівається до 75-90 °С і відбувається часткова декстринізація крохмалю зерна. Процес гранулювання

протікає ефективніше при дрібному помелі, оскільки при цьому коефіцієнти тертя менші, ніж при крупному.[7,4,5]

3.2. Аналіз існуючих конструкцій обладнання для пресування кормів

Для ущільнення кормів використовують прес-гранулятори, прес-екструдери і брикетні преси різноманітних технологічних схем і конструктивних рішень їх робочих органів. Відомі такі типи робочих органів грануляторів та брикетних пресів (рис. 3.1): поршневі, штемпельні (плунжерні), рулонні, транспортерні, шнекові, вальцеві, матричні.

Поршневі та рулонні преси використовуються переважно при заготівлі кормів і розглядаються в курсі "Сільськогосподарські машини". В практиці ж кормоприготування найпоширенішого застосування набули преси з матричними і частково штемпельними або плунжерними робочими органами. Матричні преси можуть бути з кільцевою та плоскою матрицею. Кільцеві матриці можна встановлювати як горизонтально, так і вертикально, плоскі тільки горизонтально.[5]

Процес ущільнення в матричних пресах відбувається таким чином. Матеріал, який подається в робочу зону, утворену внутрішньою поверхнею матриці і зовнішньою поверхнею вальця, спочатку стискується, а потім продавлюється в канали. При цьому зі збільшенням величини заповнення каналів тиск пресування зростає. Як тільки тиск пресування зрівняється з силою тертя спресованого матеріалу по стінках каналів, він виштовхується і нерухомим ножем розділяється на окремі гранули заданих розмірів.

Довжина пресувальних каналів повинна забезпечувати достатній опір для отримання гранул та брикетів заданої щільності і час перебування, необхідний для релаксації (зняття) напруженості. В разі недотримання останньої вимоги в результаті пружної післядії сформовані гранули і брикети будуть менш міцними.

У матричних пресах забезпечується безперервність процесу, що поряд з великою кількістю пресувальних каналів забезпечує достатню продуктивність.

Крім того, вони мають меншу металомісткість і характеризуються відсутністю знакозмінних навантажень.

Недоліки матричних пресів - висока енергомісткість процесу внаслідок додаткового перетирання кормів роликками, підвищені, вимоги до підготовки матеріалу як за рівномірністю фракційного складу, так і щодо вологості, складність виготовлення матриць, а також високе нагрівання підшипникових вузлів. До цього можна додати, що з пере мичок, сумарна площа яких становить 25-50 % всієї площі робочої поверхні матриці, матеріал зіштовхується в канали вальцями. Це призводить до інтенсивного тертя, підвищення температури корму і зношування матриці.[6]

Процес гранулювання корму у пресі з кільцевою матрицею розділяється на кілька етапів: збільшення насипної щільності матеріалу до 900 кг/м^3 за рахунок видалення повітря при відносно невеликих тисках; зростання щільності матеріалу до 1200 кг/м^3 пропорційно питомому тиску (з часток видаляються повітря і вільна волога, відбуваються незворотні деформації); власне пресування з ущільненням корму від 1200 кг/м^3 і вище при швидкому збільшенні тиску (матеріал проявляє властивості пружнов'язкого тіла, робота частково переходить у тепло).

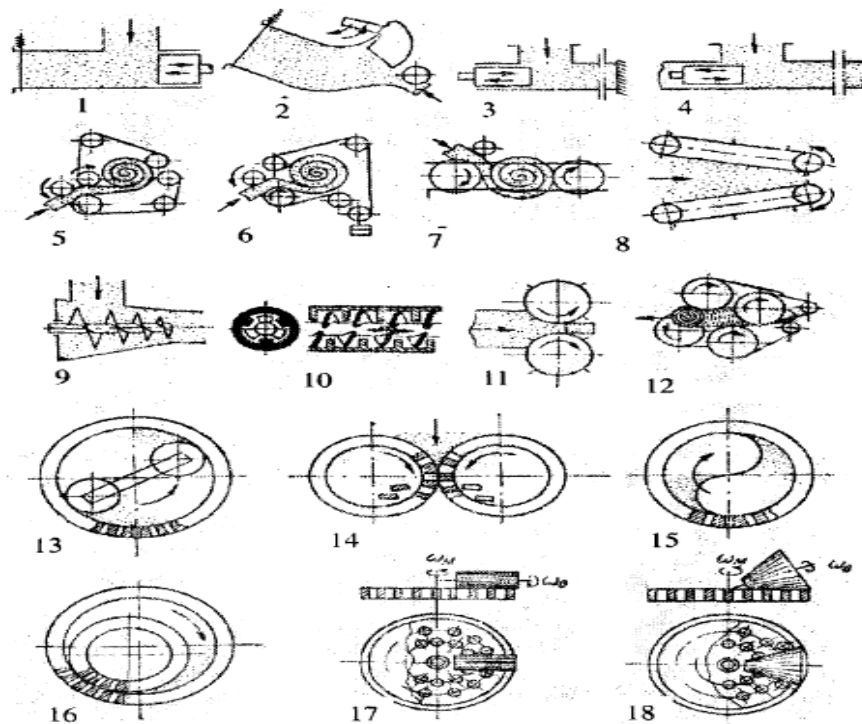


Рис. 3.1. Типи робочих органів обладнання для пресування кормів:
1,2 - поршневі; 3, 4 - штемпельні; 5,6,7 - рулонні; 8 - транспортерні;
9,10 - шнекові; 11,12 - вальцеві; 13-16 - вальцеві з кільцевою матрицею; 17,18 - вальцеві з плоскою матрицею

З підвищенням щільності гранул різко зростає енергомісткість процесу. Знизити її можна шляхом створення оптимальних умов для пресування даного матеріалу (волога, температура, коефіцієнти тертя) або введення в'язучих речовин. Так, при гранулюванні сухого жому введення меляси і карбаміду (до 5 %) дозволяє зменшити необхідні зусилля і потужність під час гранулювання, підвищити продуктивність, а отже, і знизити енергомісткість процесу майже в 1,5-1,8 разу.[2]

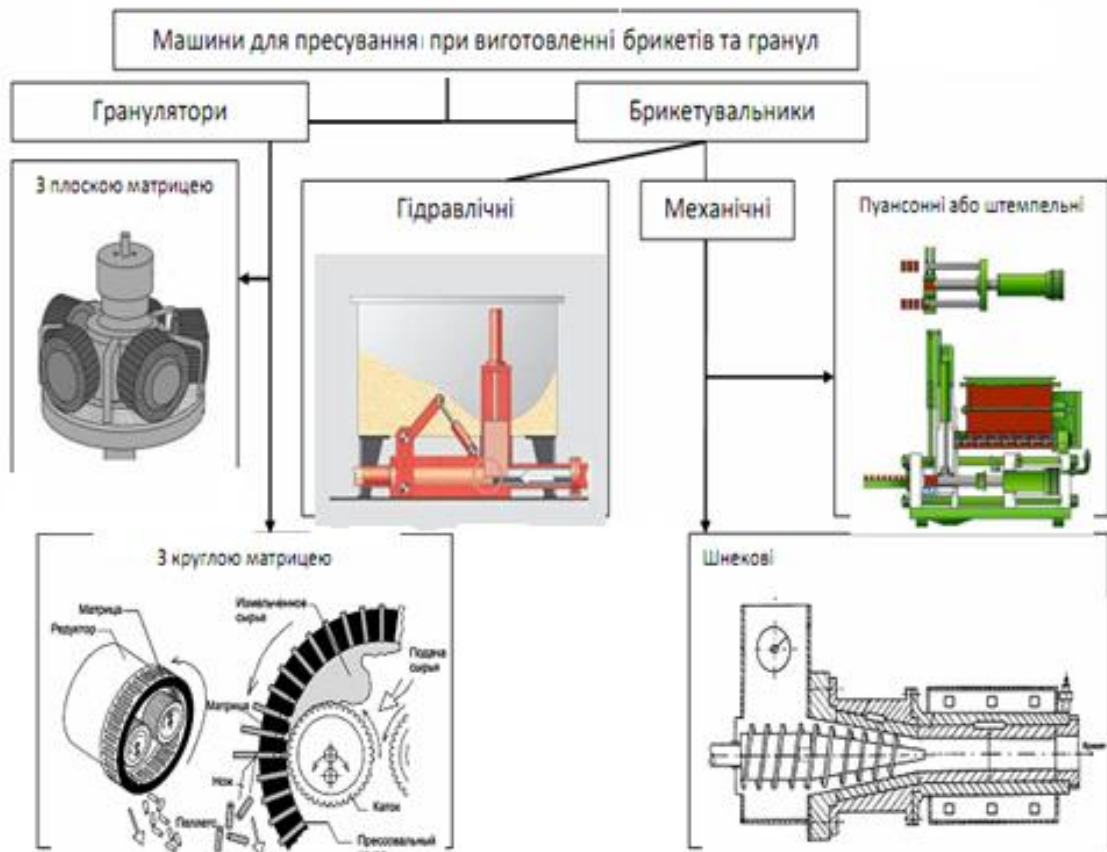


Рис. 3.2. Класифікація машин для пресування комбікормів

У штемпельних пресах процес брикетування здійснюється штемпелем, який здійснює зворотно-поступальні рухи. При цьому корм через завантажувальне вікно подається в пресувальний канал, де стискається штемпелем. При досягненні зусилля, що перевищує силу тертя спресованого матеріалу по стінках каналу, матеріал виштовхується з наступним розділенням на окремі брикети.

Такі робочі органи мінімально додатково подрібнюють матеріал, забезпечують тривалішу витримку брикетів під тиском, а відповідно і отримання брикетів кращої якості з різних кормів. Штемпельні преси також пристосовані

для охолодження камери, і тому корм в них не перегрівається (температура його знаходиться в межах 50-60 °С). Всі ці переваги дозволяють застосовувати штемпельні преси в сучасних технологічних процесах брикетування трав'яної січки і повнораціонних кормових сумішок зі збереженням початкової структури корму, що особливо важливо для великої рогатої худоби, зокрема, корів. Основний недолік штемпельних брикетних пресів - це відносно низька продуктивність. Матеріаломісткість штемпельних пресів вища, ніж матричних. У них утруднена подача в канал пресування матеріалу з малою об'ємною масою.

Великого поширення набули матричні прес-гранулятори , а особливо з кільцевою матрицею (Рис.3.3.б)



а)



б)



в)

Рис. 3.3. Прес-гранулятор :

- а) загальний вигляд; б) пресуючий вузол з кільцевою матрицею ;
- в) пресуючий вузол з плоскою матрицею матрицею.

3.3. Вдосконалення конструкції прес-гранулятора .

Прес-гранулятор складається з живильника, змішувача, пресуючої секції, підйомника матриці, комунікацій підведення, електроустаткування.

Живильник призначений для рівномірного подання матеріалу в змішувач. Через нижній патрубок в змішувачі матеріал поступає в пресуючу секцію, де відбувається його гранулювання, а потім самопливно виводиться з пресу.

Живильник має зварний корпус, який встановлюється над корпусом змішувача. Корпус це труба, в яку встановлений шнек. Вал шнека спирається на підшипники, встановлені в корпусі. Обертання шнека здійснюється від мотор-редуктора типу 4AP132S- потужністю 5.5 кВт, із струмовим трансформатором. Частота обертання змінюється в діапазоні від 13 до 130 об/хв, залежно від навантаження на шнек. У верхній частині корпусу є вікно для завантаження продукту, і люк, закритий кришкою для огляду та очищення. Знімний фланець служить для монтажу і демонтажу шнека. Корпус живильника кріпиться до корпусу змішувача за допомогою поворотного фланця, який дозволяє повертати живильник на будь-який кут відносно осі гранулятора з метою зручності його установки у виробничому приміщенні і обслуговування.[1]

Корпус змішувача також зварний. Він встановлюється над пресуючою секцією. У корпусі на підшипнику встановлений вал. Вал складається з двох частин: одна частина у вигляді шнека. Розвантаження продукту робиться через вікно в нижній частині корпусу. На торці змішувача є знімний фланець, до якого кріпиться корпус підшипника. Вал змішувача приводиться в рух від мотор-редуктора типу MEZ 4AP132S-4 потужністю 5.5 кВт, встановленого на кронштейні корпусу змішувача.

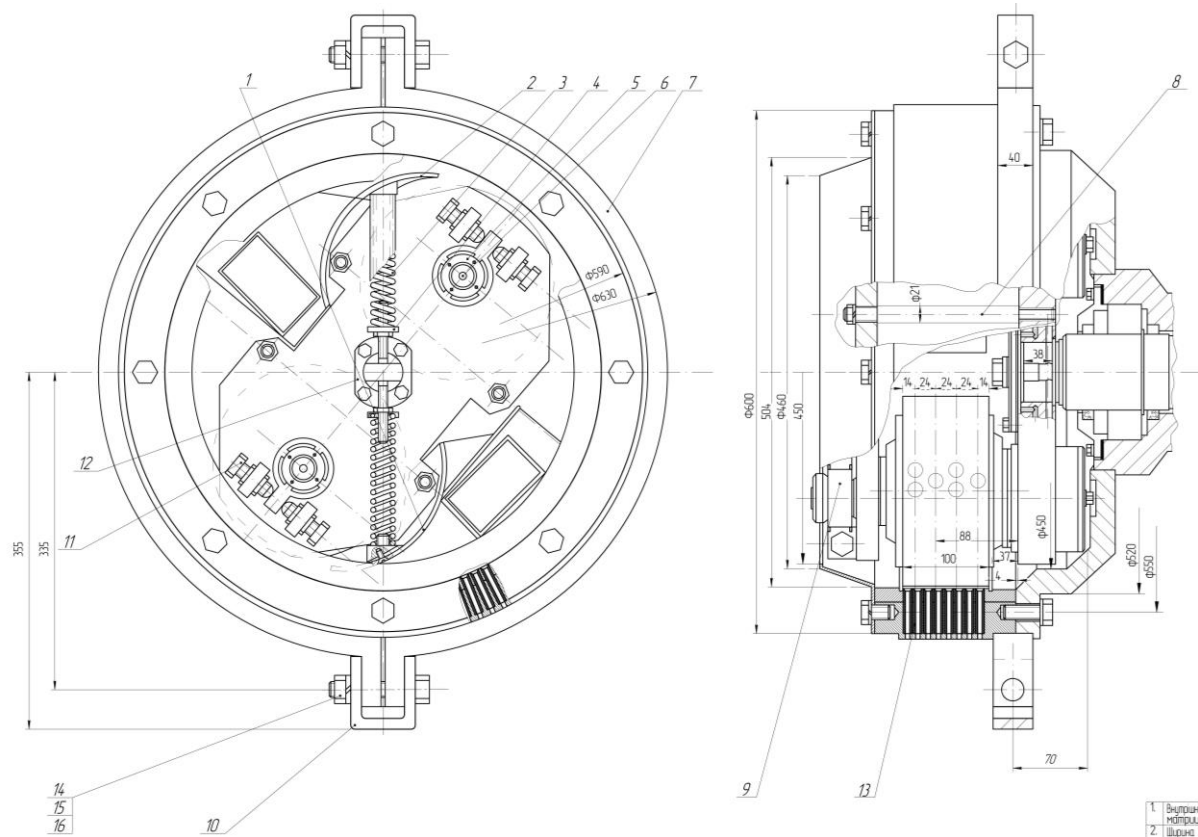


Рис. 3.4 Пресуючий вузол (матриця)

1- лопать нижня; 2- лопать верхня; 3- пружина; 4 - шайба; 5- кришка; 6- вісь;
7- напівкільце; 8- шпилька; 9- втулка ; 10- кронштейн; 11- болт спеціальний
M16x1; 12-корпус ;13- збірна матриця ; 14- болт M18x2 ; 15 - гайка M18 ; 16
- шайба 18Н.

3.4. Розрахунки конструкції гранулятора

Вихідні дані:

Продуктивність преса 10 т/год;

Внутрішній радіус матриці $R=D/2=500/2= 250$ мм;

Товщина матриці $\delta=55$ мм;

Частота обертання матриці $n_m=207,9$ об/хв;

Встановлена потужність двигуна 50 кВт ;

Приймаємо клиновидні ремені "SPC", що передають найбільшу потужність одним ременем. Ремінь SPC, при частоті обертання валу двигуна-740 об/хв; при малому діаметрі шківів 280 мм і передатному відношенні $i=3$, передає потужність 14.46 кВт.

Передатне відношення при цих даних:

$$i=740/(207,8 \cdot 0.98)=3.63. \quad (3.1)$$

Діаметр великого шківів :

$$d_2 = d_1 \cdot i = 280 \cdot 3,63 = 1016,4 \text{ мм.} \quad (3.2)$$

Міжцентрова відстань при довжині ременів :

$$L=3550 \quad A=653,6$$

$$L=4000 \quad A=907,6$$

$$L=4500 \quad A=1174.$$

Проміжок між зовнішніми колами шківів відповідно складе:

$$303,6 \text{ мм; } 248,2 \text{ мм; } 514,4 \text{ мм.}$$

Відповідно кут обхвату : $\alpha = 112,4$ град ; $131,3$ град; $142,4$ град.

Розрахунок кількості ременів (за чеською методикою).

Найбільшу потужність передає ремінь SPC, при наших параметрах це $P_{рем} = 14,46$.

Коефіцієнт C_1 визначається по формулі:

$$C_1 = (d_2 - d_1) / A = (1016,4 - 280) / 907,6 = 0,81. \quad (3.3)$$

По таблиці $C_1 = 0,87$.

Коефіцієнт C_2 враховує початкове навантаження

$$C_2 = 1,1 \text{ (при 10-16 годин роботи).}$$

Коефіцієнт C_3 довжину ременя $C_3 = 0,94$.

Кількість ременів рівна:

$$Z_1 = N \delta v \cdot C_2 / (P_{рем} \cdot C_1 \cdot C_3) \quad (3.4)$$

$$\text{Звідки, } Z_1 = 90 \cdot 1,1 / (14,46 \cdot 0,87 \cdot 0,94) = 8,37 = 9 \text{ ременів.}$$

$$Z_2 = 110 \cdot 1,1 / (14,46 \cdot 0,87 \cdot 0,94) = 10,23 = 10 \text{ ременів.}$$

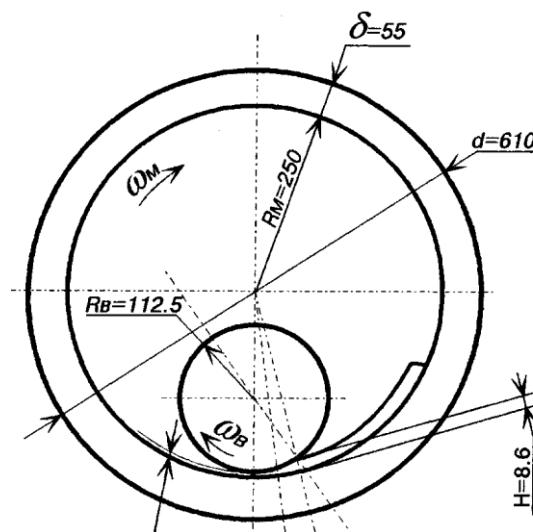


Рис. 3.6. Розрахункова схема матриці гранулятора

Проведемо технологічний розрахунок матриці

Початкові дані для $d_{\phi}=5\text{мм}$;

Продуктивність $\Pi = 10$ т/год ;

Щільність готових гранул $g = 660$ кг/м³;

Відносна щільність гранул $g_{\text{від}} = 4.3$;

Товщина матриці $\delta = 55$ мм ;

Коефіцієнт перфорації $K_{\Pi} = 0.5$.

Розрахункова щільність гранул усередині каналу матриці :

$$r = k \cdot g = 1,25 \cdot 660 = 825 \text{ кг/м}^3. \quad (3.5)$$

Коефіцієнт ,що враховує пружне розширення гранул після витримки в стислому стані:

Тиск ,необхідний для отримання гранул такої щільності.

$$P = z(ea(d-d_0) - 1) = 0,6(e \cdot 5,1 \cdot 0,001(825-413) - 1) = 4,9 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

Коефіцієнти, залежні від фізико-механичних властивостей комбікормів і що характеризують опір матеріалу стискуванню :

$$z = 0,6 \text{ МПа} ; \quad a = 5,1 \cdot 0,001.$$

Початкова щільність комбікормів у фільерах матриці :

$$r_0 = 413 \text{ кг/м}^3$$

Секундна продуктивність матриці :

$$\Pi_0 = \Pi \cdot 1000 / 3600 = 10 \cdot 1000 / 3600 = 2,78 \text{ кг/с}. \quad (3.7)$$

Площа робочої поверхні матриці :

$$F = \Pi_0 \cdot t / K_{\Pi} \cdot d \cdot r = 2,78 \cdot 2 / (0,5 \cdot 0,055 \cdot 825) = 0,245 \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

Час витримки спресованого матеріалу :

$$t = 2 \text{ с}$$

Внутрішній радіус матриці :

$$R_M = F / (2 \cdot p \cdot b) = 0,245 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,156) = 0,25 \text{ м} \quad (3.9)$$

Ширина матриці :

$$b = 0,156 \text{ м}$$

Радіус валиків :

$$R_B = Y \cdot R_M = 0,45 \cdot 0,25 = 0,1125 \text{ м} \quad (3.10)$$

Коефіцієнт співвідношення радіусів валиків і матриці :

$$Y = 0,45$$

Висота матеріалу, що захоплюється валками :

$$\begin{aligned} H &= R_M - \sqrt{(R_M - R_B)^2 + R_B^2 + 2R_B(R_M - R_B) \cdot \cos(g/(1 - R_B/R_M))} = \\ &= 0,25 - \sqrt{((0,25 - 0,1125)^2 + 0,1125^2 + 2 \cdot 0,1125(0,25 - 0,1125) \cdot \cos 0,8628)} = \\ &= 0,0086 \text{ м} = 8,6 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Приймаємо 8 мм

Середній коефіцієнт тертя комбікорму об поверхню перемичок матриці :

$$f = 0,3$$

Кут зачеплення γ має бути не більше кута тертя f :

$$\gamma = f = 0,3 = 16,7 \text{ град}. \quad (3.12)$$

Кут захоплення матриці :

$$a = \gamma / (1 - R_B/R_M) = 16,7 / (1 - 0,1125/0,25) = 30,4. \quad (3.13)$$

Висота спресованого продукту :

$$h = H / \gamma_{\text{омн}} = 0,0086 / 4,3 = 0,002 \quad (3.14)$$

Мінімальна частота обертання матриці :

$$\begin{aligned} n_{\min} &= 1/2 \cdot \sqrt{g/(R_m \cdot \sin f)} = 1/2 \cdot \sqrt{9,81/(0,25 \sin 16,7)} = 1,861 \text{ об/с} \\ &\text{або } 111,6 \text{ об/хв}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Максимальна частота обертання матриці :

$$\begin{aligned} n_{\max} &= 1/(2 \cdot 3,14) \cdot \sqrt{s/K_c \cdot d_{\phi} \cdot \gamma \cdot R_M} = 1/6,28 \cdot \sqrt{1600/(1,5 \cdot 0,005 \cdot 660 \cdot 0,305)} = \\ &5,184 \text{ об/с або } 311,0 \text{ об/хв}. \end{aligned} \quad (3.16)$$

Допустима напруга розриву для гранул:

$$s = 1600 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт співвідношення довжини гранул до їх діаметру:

$$K_c = 1,5$$

Зовнішній радіус матриці :

$$R_H = R_M + \delta = 0,25 + 0,055 = 0,305. \quad (3.17)$$

Таблиця 3.2

Параметри матриці гранулятора :

Внутрішній діаметр матриці, мм	500
Ширина робочої частини матриці, мм	100
Товщина матриці, мм	55
Зовнішній діаметр матриці, мм	610

Рекомендується для приводу електродвигун: $N=50$ кВт; $n=740$ об/хв. Вибираємо електродвигун типу 315L08 де: $N=50$ кВт ; $n=740$ об/хв ; $\eta=0.94$; $P=450$ кг.

Як видно з приведеного розрахунку, робота, що витрачається на зіштовхування матеріалу з перемичок матриці, складає близько 57%, збільшення коефіцієнта перфорації матриці ці витрати знижує.

Висновок до третього розділу. Як уже було відмічено гранульовані корми перед розсипними мають наступні переваги:

- в результаті ущільнення зменшується їх об'єм і завдяки цьому скорочується потреба в тарі та місткості сховищ для зберігання;
- виключається вибіркоче поїдання окремих кормових компонентів;
- скорочуються втрати кормів та їх поживної цінності.

Отже, доцільно використовувати в технологічних лініях після приготування комбикормів прес-гранулятори. Проте вартість складових частин пресуючого вузла досить висока , тому необхідно збільшити ресурс цих деталей та знизити їх вартість . Запропонована конструкція вдосконаленої матриці дозволяє зменшити витрати при заміні тільки спрацьованих частин матриці , а не всієї. Ця конструкція також може бути використана в інших господарствах для відновлення зношених серійних матриць, що продовжить термін їх експлуатації і економить кошти.

ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є наступне :

- на сьогоднішній день галузь тваринництва поступово нарощує темпи виробництва, збільшується поголів'я. Через низьку продуктивність, застарілі технології, продукція цієї галузі має високу собівартість і є не конкурентоздатною на ринку;
- основу ведення галузі тваринництва становить кормова база, в якій найбільш цінними є концентровані корми;
- аналіз світового рівня технологій вказує на наступне, комбікормові заводи традиційної технології виробництва в основі мають як плюси , так і мінуси. Великі комбікормові заводи краще технічно оснащено, глибша переробка вхідної сировини, контроль за якісними показниками на всіх ділянках виробництва, отримання широкого набору та великих обсягів збалансованих комбікормів. Через великі витрати по доставці основної сировини, енерго та матеріало витрат що впливає на кінцеву вартість продукції, фермерським господарствам що мають невелике поголів'я тварин та птиці є нераціональним використання потужностей великих комбікормових заводів. На сьогодні існує тенденція з використання комбікормових агрегатів на шасі автомобіля . Взагалі гранулювання комбікормів є занадто енерговитратним, що призводить до того, що біля 80 % вироблено в розсипному вигляді. Гранулятори в технологічних лініях широко використовуються на великих комбікормових підприємствах, що мають значні питомі витрати при гранулюванні. Проте вартість складових частин прес-гранулятора досить висока і при ТО затрачаються значні кошти.

Тому актуальним є збільшення ресурсу складових частин та зменшення їх вартості. Поставлена задача вирішується завдяки тому, що матриця гранулятора, що включає циліндричну обичайку з радіальними циліндричними отворами по всій циліндричній поверхні складається з зовнішньої і внутрішньої обичайок різної товщини, а в отвори по всій товщині матриці вставлено циліндричні трубки, що фіксують взаємне положення обичайок.

Крім того , установка трубок в отвори матриці дозволяє при необхідності

міняти діаметр гранул, підтримувати діаметр отворів на постійному рівні, зменшити тертя в місцях стикування обичайок, і головне, попередити зміщення отворів обох обичайок при роботі без використання з'єднувальних наскрізних штифтів.

В другому розділі розроблено технологію та підібрано наступне обладнання кормоцех на базі УМК-Ф-2 буде мати наступні технологічні лінії: приймання та накопичення сировини, дозування, подрібнення та змішування, вивантаження, гранулювання та зберігання готової продукції. Потреба в кормах складає 3,05 т, продуктивність лінії 1,06 т/год, встановлена потужність приводу лінії подрібнення зерна 23 кВт, гранулювання 50 кВт. Завдяки підбраному обладнанню технологічна лінія виробництва комбікормів буде мати наступні переваги:

- менш металоємна; менш енергоємна; зменшаться потреби в складських приміщеннях.

ЛІТЕРАТУРА

1. В. Кравчук, М. Луценко, М. Мечта. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів. К: Фенікс, 2008 – 104 с.
2. Гелетуха Г.Г., Железна Т. А., Матвеев Ю. Б., Кучерук П. П., Крамар В. Г. Дорожня карта розвитку біоенергетики України до 2050 року. Аналітична записка UABIO № 26. <https://uabio.org/materials/uabio-analytics/>
3. Герук С.М., Обіход А.І., Сукманюк О.М. «Інженерно-технічні вимоги до написання дипломних (курсівих) проектів і робіт (спеціальностей 091902; 090215; 090219). – Житомир: Видавництво «Державний агроекологічний університет, 2006. – 256 с.
4. Девяткин А.І. Раціональне використання кормів в промисловому тваринництві / А.І.Девяткин, М.М.Ливенцев. -Россельхозиздат, 1996. – 87с .
5. Денисов Н.І. Виробництво комбикормів / Н.І. Денисов,М.Т. Таранов. - М.: Колос, 1999. - 160 с.
6. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р.<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
7. МакарецвН.Г. Годівля сільськогосподарських тварин: Підручник /Н.Г.Макарецв. - М.:Агропромвидав, 2000. - 248 с.
8. Малиновський А.С. Микитюк В.М., Герук С.М. «Стандарт підприємства проекти (роботи) курсові та дипломні» Житомир: Видавництво «Державний агроекологічний університет», 2005. – 158 с.
9. Норми і раціони годівлі сільськогосподарських тварин: Довідник-посібник . Частина 1 - М.: Знання, 1995. -399с.
- 10.Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва комбикормової продукції : затв. Міністерством агропромислового комплексу України 20.03.98. – К.: ВІПОЛ, 1998. – 220 с.

ДОДАТКИ