



Механізація, електрифікація

УДК 631.363.023

© 2018

ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ КОМБІНОВАНИМ ЗМІШУВАЧЕМ

М.І. Черновол¹, М.О. Свірень², Р.В. Кісільов³

¹доктор технічних наук, член-кореспондент НААН

²доктор технічних наук

³кандидат технічних наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет
просп. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25030, Україна
e-mail: ¹rector@kntu.kr.ua, ²kaf_sgm_kntu@ukr.net, ³ruslan_vik@ukr.net*

Надійшла 24.11.2017

Мета. Підвищити якість та удосконалити технологічний процес змішування кормів завдяки застосуванню нової конструкції змішувача, обґрунтувати його раціональні параметри. **Методи.** Теорії математичного моделювання, основ машиновикористання в тваринництві. **Результати.** Розроблено розрахункову модель функціонування конструктивно-технологічної схеми комбінованого змішувача і математичну модель динамічної взаємодії лопатей мішалки з кормовим монолітом. Установлено, що технологічна ефективність приготування однорідної суміші залежить від фізико-механічних властивостей її компонентів, впливу і взаємодії форми і геометричних параметрів атакуючої поверхні лопатей, кута нахилу, кроку установки та режимів роботи змішувача. **Висновки.** Результати проведених досліджень підтверджують можливість підвищення ефективності технології приготування повноцінних збалансованих кормосумішей для великої рогатої худоби завдяки інтенсифікації процесу змішування з застосуванням конструкції комбінованого стрічково-лопатевого змішувача.

Ключові слова: змішувач кормів, корми, тваринництво, лопатева мішалка, кормосуміш, зоотехнічні вимоги.

Підвищення ефективності галузі тваринництва істотно залежить від якості приготування кормів, оскільки вони у структурі собівартості продукції становлять 30–60% витрат [1–3]. Прогресивні технології, які дають змогу повною мірою реалізувати генетичний потенціал тварин, через відсутність потрібного технічного забезпечення не отримали великого поширення.

Наявні конструкції змішувачів кормів для великої рогатої худоби не повністю забезпечують зоотехнічні вимоги до приготування багатокомпонентних збалансованих повнораціонних кормових сумішей, мають великі енергетичні витрати та високу питому матеріалоемність. Тому дослідження, спрямовані на розробку робочих органів для змішувачів кормів, які забезпечать

створення вискоєфективної кормової бази за низьких витрат енергії та матеріалів, мають народногосподарське значення [4–6].

Мета досліджень — підвищення якості та удосконалення технологічного процесу змішування кормів завдяки застосуванню нової конструкції змішувача та обґрунтування його раціональних параметрів.

Методи досліджень. Під час проведення теоретичних досліджень використовували методи теорії математичного моделювання, основ машинивикористання у тваринництві.

Результати досліджень. Розроблено розрахункову модель функціонування конструктивно-технологічної схеми комбінованого змішувача і математичну модель динамічної взаємодії лопатей мішалки з кормовим монолітом. Установлено, що технологічна ефективність приготування однорідної суміші залежить від фізико-механічних властивостей її компонентів, впливу і взаємодії форми і геометричних параметрів атакуючої поверхні лопатей, кута нахилу, кроку установки та режимів роботи змішувача [7–9].

Для усунення цих недоліків традиційних змішувачів пропонується вдосконалений змішувач з комбінованою схемою руху сировини багатосекційними гвинтовими, стрічковими і плоскими лопатями (рис. 1).

Для розпушування маси, інтенсифікації процесу і підвищення динамічності змішування компонентів у мікрооб'ємах гвинтові і плоскі лопаті дообладнано радіальними лопатями.

Процес змішування кормів удосконаленим змішувачем виконується таким чином.

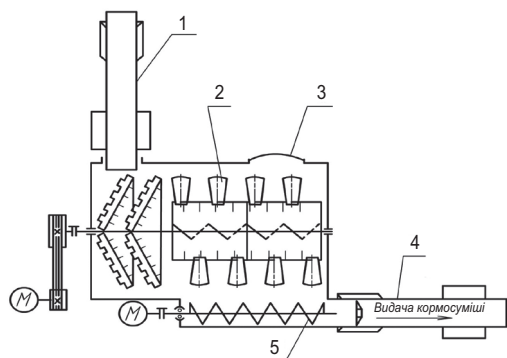


Рис. 1. Технологічна схема стрічково-лопатевого змішувача кормів: 1, 4 – транспортери скребкові; 2 – мішалка; 3 – люк оглядовий; 5 – шнек вивантажувальний

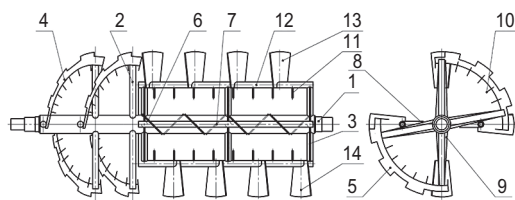


Рис. 2. Технологічна схема вдосконаленої комбінованої мішалки: 1 – вал; 2 – стійка гвинтової мішалки; 3 – косинка лопатевої мішалки; 4, 5 – гвинтова стрічка; 6, 7 – ліва лопать; 8 – стійка лопатевої мішалки; 9 – косинка гвинтової мішалки; 10, 11 – радіальні пальці; 12 – горизонтальна труба; 13, 14 – права лопать

Відповідні дози компонентів кормосуміші пошарово завантажуються збірним транспортером у бункер, поступово вирівнюється їх потік з одночасним змішуванням сировини стрічковими довгими гвинтовими лопатями з пальцями і далі суміш подається у багатосекційну мішалку з плоскими лопатями (рис. 2). Лопаті верхнього ряду з правим кутом нахилу відокремлюють порцію суміші по ширині лопаті і переміщують у радіальному, коловому й осьовому напрямках у правий кінець мішалки, а другий ряд, з лівим кутом нахилу — в лівий кінець мішалки, створюючи разом з радіальними пальцями велику мікрооб'ємну масу суміші з дискретним умістом часток змішувальних компонентів. При цьому, частки кожного компонента суміші потрапляють в область взаємодії складних рухів, перетинів і зіткнень, періодично переміщуючись з одного потоку до іншого, що забезпечує інтенсивний масообмін і прискорює процес змішування кормів.

Переміщення кормосуміші по поверхні лопатей з різним кутом нахилу в зоні інерційного (вільного) руху здійснюється в режимі підвищеної динамічності процесу та збільшеної кількості зіткнень і перетинів у радіальному і осьовому напрямках, що визначається формою і розмірами атакуючої лопаті, кроком їх розташування, кутом нахилу та кінематичними режимами роботи лопатей (рис. 3).

Визначення кінематики руху частки суміші проводили з урахуванням сил тертя та кута нахилу лопатей [10, 11, 12]. За наявності тертя залежно від кута нахилу лопаті до осі вала α переміщення матеріальної

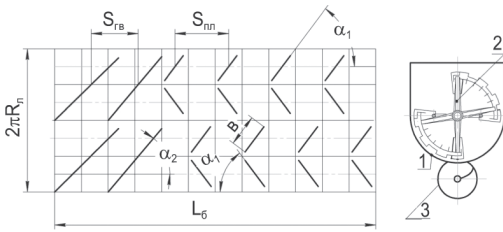


Рис. 3. Схема розташування гвинтових і плоских лопатей з різним напрямком кута нахилу їх до осі, що встановлені по периферії: 1 – корпус; 2 – мішалка; 3 – шнек вивантажувальний

точки компонента суміші в осьовому напрямку відбудеться за час проходження лопаті на величину h_o (рис. 4):

$$h_o = S \frac{\cos \alpha \cdot \cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \quad (1)$$

відстає в осьовому напрямку на величину:

$$Z_o = S \frac{\sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\sin \varphi} \quad (2)$$

відстає в коловому напрямку:

$$\lambda = S \frac{\cos \alpha \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \quad (3)$$

де α — кут нахилу лопаті; φ — кут тертя частки по поверхні лопаті; S — проекція ширини лопаті.

Осьова швидкість переміщення частки суміші визначається за допомогою виразу:

$$v_o = S(1 - \mu) = S \left[1 - \frac{\sin \alpha (\sin \alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \right] \quad (4)$$

де μ — коефіцієнт осьового відставання часток залежно від кутів α і φ .

Аналіз рівнянь (1), (2) і (4) свідчить, що переміщення часток суміші в осьовому напрямку і осьова швидкість їх руху залежать від кута нахилу лопатей до осі вала мішалки α , кута тертя суміші по поверхні лопаті і коефіцієнта осьового відставання матеріальних часток суміші μ (рис. 5, 6). Зі збільшенням кута α за постійного коефіцієнта тертя f зменшується осьове відставання переміщення часток суміші, а за постійного кута нахилу лопаті α зі збільшенням коефіцієнта тертя f також зростає осьове відставання і знижується осьова швидкість їх руху.

Для плоских лопатей з кутом нахилу $\alpha = 40-50^\circ$ з'являються «мертві зони» за коефіцієнта тертя $f \geq 0,6-0,7$, що не відповідає

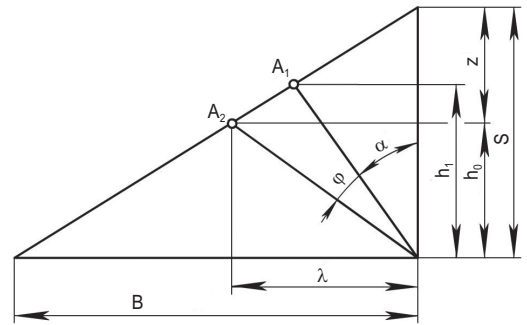


Рис. 4. Переміщення матеріальної частки в осьовому напрямку за час проходження нею лопаті

технологічним вимогам щодо змішування кормів, а дискретні частки мають тільки обертальний рух.

У процесі руху мішалки під час відокремлення суміші лопатями частки отримують імпульс від радіального і нормального зусилля $P'_p = P_H \cdot \cos \alpha$ і $P'_o = P_H \cdot \sin \alpha$ (α — кут нахилу лопаті до осі обертання вала).

Крім того, під дією нормальної складової сили R у площині руху часток по лопаті виникає сила тертя $F = f \cdot P_H$, яка спрямована проти відносного руху часток по лопаті. Сила тертя F розділяється на колову і осьову складові:

$$F'_p = F \cdot \sin \alpha = f \cdot P_H \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

$$F'_o = F \cdot \cos \alpha = f \cdot P_H \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

Враховуючи отримані вектори за напрямками руху, отримуємо колове і осьове зусилля:

$$P_p = P'_p + F'_p = P_H (\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha) \quad (7)$$

$$P_o = P'_o + F'_o = P_H (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \quad (8)$$

У разі неповного заповнення бункера змішувача нормальна складова P_H визначається за формулою:

$$P_H = 9,81 \gamma \cdot h_{\text{сер}} \cdot F_n \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (9)$$

де $h_{\text{сер}}$ — середня глибина найбільшого заглиблення лопаті, м; F_n — проекція площі лопаті на напрямок обертання мішалки, m^2 ; φ — кут внутрішнього тертя, град.; γ — об'ємна маса суміші, kg/m^3 .

Потрібна потужність приводу лопатей мішалки визначається за виразом, кВт:

$$N_n = \frac{1}{1000} (P_p v_p + P_o v_o) Z_n \quad (10)$$

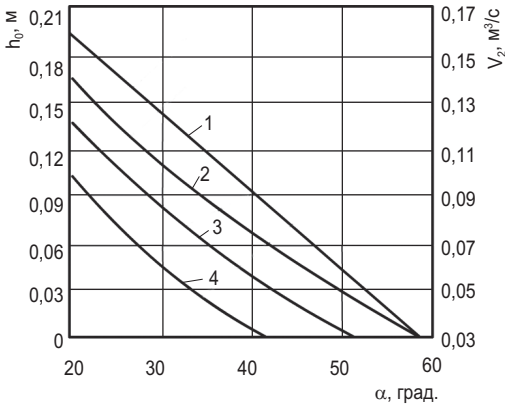


Рис. 5. Залежність величини осевого переміщення h_0 і осевої швидкості руху V_z часток суміші від кута нахилу лопатей α : 1 — швидкість руху V_z при $f=0,4$; 2, 3, 4 — осеве переміщення h_0 при $f=0,4$; 0,7; 1,2 відповідно

де Z_n — кількість лопатей, які одночасно занурені в кормосуміш.

Отже, загальна потужність приводу мішалки змішувача визначається так:

$$N_M = N_{гн} + N_{пл} + N_{гст} + N_{пст} + N_n + N_{гор.тр} + N_f + N_{пм}, \quad (11)$$

де $N_{гн}$, $N_{пл}$, $N_{гст}$, $N_{пст}$, N_n , $N_{гор.тр}$, N_f , $N_{пм}$ — витрати потужності на привод відповідно гвинтових і плоских лопатей, радіальних пальців, горизонтальних труб, тертя мішалки від корпусу та підшипників вала, кВт.

Потужність на привод гвинтових і плоских лопатей:

$$N_{гн} = \frac{P_p \vartheta_p + P_o \vartheta_o}{10^3} Z_n, \quad (12)$$

де P_p , P_o — колове і осьове зусилля, Н; ϑ_p , ϑ_o — колова і осьова швидкість руху сумішки, м/с; Z_n — кількість одночасно занурених лопатей.

Потужність на привод стійок гвинтових і плоских лопатей:

$$N_{ст} = \frac{M_{ст} \cdot Z_{ст} \cdot \omega}{10^3}, \quad (13)$$

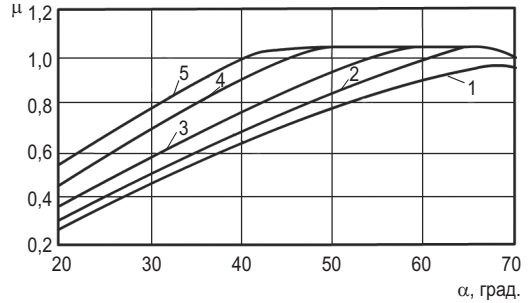


Рис. 6. Залежність коефіцієнта осевого відставання часток суміші від кута α і коефіцієнта тертя f : 1 — $f=0,4$; 2 — $f=0,51$; 3 — $f=0,7$; $f=1,0$; 4 — $f=1,2$; 5 — $f=1,73$

де $M_{ст}$ — крутний момент від сили опору стійки, Н · м;

$$M_{ст} = g \cdot l \cdot \frac{R}{2} h_{сер} \cdot a \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (14)$$

де l — довжина стійки, м; $\frac{R}{2}$ — співвідношення довжини стійки і сили опору, м; $h_{сер}$ — середня глибина занурення стійки в масу корму, м; a — ширина стійки, м; φ — кут укосу корму, град.

Потужність на привод радіальних пальців, кВт:

$$N_n = \frac{M_n \cdot Z_n \cdot \omega}{10^3}, \quad (15)$$

де M_n — крутний момент від сили опору пальця, Н · м;

$$M_n = P_n \cdot l_n \cdot d_n \cdot R_n, \quad (16)$$

де P_n — питомий опір суміші, Н/м²; l_n — довжина пальця, м; d_n — діаметр пальця, м; R_n — середній радіус обертання пальців, м.

Потужність на привод горизонтальних труб, кВт:

$$N_{гор.тр} = \frac{M_{тр} \cdot Z_{тр} \cdot \omega}{10^3}, \quad (17)$$

де $M_{тр}$ — крутний момент від сили опору горизонтальної труби, Н · м;

$$M_{тр} = P_n \cdot L \cdot d_{тр} \cdot R_{тр}. \quad (18)$$

Висновки

Результати проведених досліджень підтверджують можливість підвищення ефективності технології приготування повноцінних збалансованих кормосумішей

для великої рогатої худоби завдяки інтенсифікації процесу змішування з застосуванням конструкції комбінованого стрічково-лопатєвого змішувача, з розробкою

теоретичних основ взаємодії компонентів корму з його робочими органами та обґрунтуванням їх основних конструктивних і технологічних параметрів. Запропонована конструкція змішувача забезпечує однорідність суміші $V_0=95-98\%$ та потрібну

технологічну ефективність і надійність виконання процесу з мінімальними витратами енергії, що відповідає чинним зоотехнічним вимогам ($V_0=90-92\%$) до однорідності приготування повноцінних сумішей для великої рогатої худоби.

Черновол М.И.¹, Свирень Н.А.², Кисилев Р.В.³
Центральноукраїнський національний технічний університет, просп. Университетский, 8, г. Кропивницький, 25030, Україна; e-mail: ¹rector@kntu.kr.ua; ²kaf_sgm_kntu@ukr.net; ³ruslan_vik@ukr.net
Приготовление кормовых смесей комбинированным смесителем

Цель. Повысить качество и усовершенствовать технологический процесс смешивания кормов за счет применения новой конструкции смесителя, обосновать его рациональные параметры. **Методы.** Теории математического моделирования, основ машиноиспользования в животноводстве. **Результаты.** Разработана расчетная модель функционирования конструктивно-технологической схемы комбинированного смесителя и математическая модель динамического взаимодействия лопастей мешалки с кормовым монолитом. Установлено, что технологическая эффективность приготовления однородной смеси зависит от физико-механических свойств ее компонентов, влияния и взаимодействия формы и геометрических параметров атакующей поверхности лопастей, угла наклона, шага установки и режимов работы смесителя. **Выводы.** Результаты проведенных исследований подтверждают возможность повышения эффективности технологии приготовления полноценных сбалансированных кормосмесей для крупного рогатого скота путем интенсификации процесса смешивания с применением конструкции комбинированного ленточно-лопастного смесителя.

Ключевые слова: смеситель кормов, корма, животноводство, лопастная мешалка,

кормосмеси, зоотехнические требования.

Chernovol M. I., Sviren M. A., Kisiliov R. V.
Central-Ukrainian national technical university, Universytetskyi avenue, 8, Kropyvnytskyi, Ukraine; e-mail: ¹rector@kntu.kr.ua; ²kaf_sgm_kntu@ukr.net; ³ruslan_vik@ukr.net

Preparation of feed mixtures by the combined blender

The purpose. To raise quality and to improve the process of mixing together of feedstuffs due to application of new construction of the blender, to justify its rational parameters. **Methods.** Theory of mathematical simulation, bases of use of machinery in animal husbandry. **Results.** The computational model of operation of mechanically-technological scheme of the combined blender and mathematical model of dynamic interaction of agitator blades with feed monolith is developed. It is established that technological efficiency of preparation of uniform mix depends on physico-mechanical properties of its ingredients, influence and interaction of the shape and geometrical parameters of attacking surface of blades, angle of inclination, step of device and operating conditions of the blender. **Conclusions.** Results of probes confirm an opportunity of heightening efficiency of technique of preparation of high-grade balanced feed mixtures for cattle by intensification of process of mixing together with application of construction of the combined belt-blade blender.

Key words: blender of feedstuffs, feedstuffs, animal husbandry, blade mixer, feed mixtures, zootechnical demands.

Бібліографія

1. Кравчук В. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів/В. Кравчук, М. Луценко, М. Мечта. — К.: Фенікс, 2008. — 104 с.
2. Лазаревич А.П. Однотипові кормосуміші для молочної худоби/А. П. Лазаревич// Тваринництво України. — 2007. — № 4. — С. 33–35.
3. Design considerations of mixer-pelleting machine for processing animal feeds/D. Adgidzi, A. Mu'azu, S.T. Olorunsogo, E.L. Shiawoya//7th

annual engineering conference, School of Engineering and Engineering Technology, FUT Minna. 28–30 June 2006. — 3 p.

4. Хмельовський В.С. Оцінка рівномірності змішування кормів/В.С. Хмельовський//36. тез доповідей XII Міжнар. наук.-практ. конф. «Обухівські читання» (21 березня 2017 р.) НУБІП України. — К., 2017. — С. 77–78.

5. Ревенко И. Качество приготовления и эффективность использования концентрированных и комбинированных кормов/И. Ревенко,

Ю. Ревенко//MOTROL. — Lublin-Rzeszow, 2013. — V. 15, № 3. — С. 356–361.

6. *Аналіз конструкцій технічних засобів для виробництва вологих високосасвоєваних кормів*/ І.А. Шевченко, В.М. Павліченко, В.В. Лиходід, В.М. Забудченко//Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. — Кіровоград: КНТУ, 2013. — Вип. 43. — Ч. 1. — С. 179–185.

7. *Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва*/І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. — К.: Кондор, 2009. — 730 с.

8. *Якість змішування компонентів раціону — основа підвищення продуктивності тварин*/В.В. Шацкий, Д.А. Мілько, Б.В. Болтянський та ін.//Пр. Таврійського держ. агротехнолог. ун-ту. — Мелітополь: ТДАТУ, 2013. — Вип. 1. — Т. 3. — С. 43–50.

9. *Завражнов А.И. Механизация приготовления и хранения кормов*/А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. — М.: Агропромиздат, 1990. — 336 с.

10. *Шацкий В.В. Математическое моделирование динамичности плотности и качества кормовой смеси для животных*/В.В. Шацкий//Наук. вісн. Таврійського держ. агротехнолог. ун-ту. — 2012. — Вип. 2. — Т. 2. — С. 3–19.

11. *Шабельник Б.П. Теорія та розрахунок машин для тваринництва*/Б.П. Шабельник, М.М. Троянов. — Х.: ХДТУСГ, 2002. — 216 с.

12. *Механико-технологическое обоснование процесса смешивания концентрированных кормов цилиндрическими винтовыми барабанами: монография*/А.Ю. Марченко, Г.В. Серга, В.Ю. Фролов, Д.П. Сысоев. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — 112 с.