

К.Д. Матвеев, доц., канд. техн. наук, П.Г. Лузан, доц., канд. техн. наук,
Р.В.Кісільов, здобувач, В.О. Матвеева, інж., О.В. Гончар, магістрант
Кіровоградський національний технічний університет

Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи лопатевої мішалки

В статті проведений аналіз останніх досліджень і публікацій по змішуванню кормів та запропонована вдосконалена конструкція лопатевого змішувача кормів. Теоретично обґрунтовано режими роботи лопатевої мішалки, конструктивні параметри та продуктивність. Приведені умови руху частки вздовж мішалки і в радіальному напрямку, що забезпечує потоково-контурну схему руху кормосуміші по поверхні лопаті і в зоні інерційного руху в режимі підвищеної динамічності процесу. Підвищення продуктивності експериментальної мішалки підтверджується обґрунтованою формулою продуктивності змішувача.

кормосуміш, змішувач, гранулометричний склад, компоненти, інерційний рух

В сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу країни велике значення має економія ресурсів, підвищення ефективності продуктивної віддачі кормів, як одного з важливих факторів інтенсифікації галузі тваринництва [1]. В кормовиробництві це стосується впровадження сучасних технологій виробництва,

© К.Д. Матвеев, П.Г. Лузан, Р.В. Кісільов, В.О. Матвеева, О.В.Гончар, 2010
заготівлі і зберігання різних видів якісних кормів та підготовки їх до згодовування [2]. Приготування кормів до згодовування і збалансованих кормосумішей з різних компонентів сприяє підвищенню продуктивності тварин, поліпшенню стану і вгодованості, зменшенню витрат кормів і покращенню якості продукції [3].

Постановка проблеми. Однією з відповідальних операцій при приготуванні збалансованих і повнораціонних кормосумішей є змішування різних кормів, компонентів, білково-вітамінних макро- і мікродобавок. В системі використання механізованих кормоцехів за кордоном і в Україні найбільш широко розповсюджені шнекові, стрічкові, лопатеві і комбіновані змішувачі різних конструкцій і взаємодії робочих органів з сировиною, але вони не відповідають встановленим вимогам за якістю кормосуміші. До цього часу не виявлені раціональні параметри робочих органів і режимів їх роботи.

Аналіз досліджень і публікацій. Великий фундаментальний вклад у створення і розвиток засобів комплексної механізації процесів приготування кормових сумішей, дозування і змішування кормів зробили відомі вітчизняні і зарубіжні вчені Кукта Г.М., Григорьев А.М., Зенкова Р.Л., Лапшин А.А., Макаров Ю.І., Войтюк Д.Г., Мянд А.Е., Сироватка В.І., Резнік Є.І., Вагін Є.А., Завражнов А.І. і багато інших. В цих роботах сформульовані основні положення теорії змішування кормів, встановлені загальні залежності між факторами, що впливають на процес і конструктивно-режимні параметри змішувачів та основні технології приготування кормових сумішей [4, 5]. За останні роки в США, ФРН, Данії, Франції та інших країнах все більше приділяють уваги приготуванню багатокомпонентних кормосумішей безпосередньо на фермах [6, 7]. Прикладом виробництва сучасних найбільш поширених типів кормоцехів зі змішувачами можуть бути фірми Harvester, Шварц, Butler, KUHN, Stortis P.A., Siloking та інші. Незважаючи на значну кількість наукових напрацювань, актуальною

залишається проблема вибору перспективних технічних рішень робочих органів, покращення якісних показників та їх обґрунтування.

Мета досліджень – підвищення якості і ефективності приготування кормосумішей на фермах ВРХ шляхом удосконалення лопатевої мішалки та визначення конструктивних і технологічних параметрів плоских і гвинтових лопатей. Предмет досліджень – технологічні та конструктивно-кінематичні параметри мішалки змішувача кормів.

Аналіз результатів досліджень. Сучасне сільськогосподарське машинобудування розширило виробництво одновальних змішувачів кормів періодичної дії із застосуванням шнекових, стрічкових і лопатевих механізмів, що характеризується відносною простотою, малою металомісткістю та підвищеною величиною корисної дії.

Робочий цикл змішувачів періодичної дії складається з таких послідовних операцій: завантаження віддозованих компонентів (силос, солома, сінаж, коренеплоди, концкорми тощо), перемішування їх і вивантаження готової кормосуміші, після цього цикл повторюється. У змішувачах періодичної дії склад суміші і тривалість процесу змішування змінюється для доведення компонентів у кормосуміші до однорідної маси. Аналіз якісних показників роботи існуючих змішувачів свідчить про недостатню стабільність і складність процесу, компоненти кормосуміші подаються нерівномірно, а однорідність змішування суміші не відповідає вимогам, що потребує тривалого часу (10...15 хв) на доведення кормосуміші до однорідної маси.

Для усунення вказаних недоліків пропонується потоково-контурна схема руху матеріалу в змішувачі за рахунок використання більш досконалої конструкції мішалки з плоскими або гвинтовими лопатями, що встановлені на горизонтальних трубах по периферії мішалки з різним напрямком кута нахилу їх до осі мішалки в парних (сусідніх) рядах з відповідним кроком вздовж осі, а для інтенсифікації процесу і підвищення динамічності змішування компонентів в мікрооб'ємах та однорідності суміші на протилежній поверхні труб розміщені радіальні пальці (рис. 1).

Процес змішування кормів експериментальною мішалкою виконується таким чином. Лопаті верхнього ряду з правим кутом нахилу відокремлюють порцію кормосуміші по ширині лопаті і переміщують в радіальному, коловому і осьовому напрямку в правий кінець змішувача, а другий ряд з лівим кутом нахилу – в лівий кінець мішалки. Переміщення кормосуміші по поверхні лопаті і в зоні інерційного (вільного) руху здійснюється в режимі підвищеної динамічності процесу, що визначається формою атакуючої лопаті, кроком розташування і розмірами лопатей.

Режим роботи лопатевого змішувача повинен забезпечувати умови технологічного процесу змішування кормів у тихохідному ($K = \frac{\omega^2 R_l}{g} < 30$) або швидкохідному ($K > 30$) режимі. Швидкість руху лопатей мішалки розраховують з умови, що відцентрова сила $m\omega^2 R_l$, яка діє на частку вздовж лопаті, не повинна перевищувати силу ваги цієї частки, інакше вона зійде з лопаті і вийде із активного процесу перемішування компонентів суміші. Колова швидкість руху лопатевої мішалки визначається з формули:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R_l}}, \quad (1)$$

де R_l – найбільший радіус обертання лопаті, м.

Для забезпечення нормальної роботи мішалки при змішуванні кормів з гранулометричним складом часток компонентів кормосумішей для ВРХ і зменшення ударних навантажень на робочі органи мішалки кутлова швидкість може бути прийнята $\omega = 0,5 \omega_{кр}$.

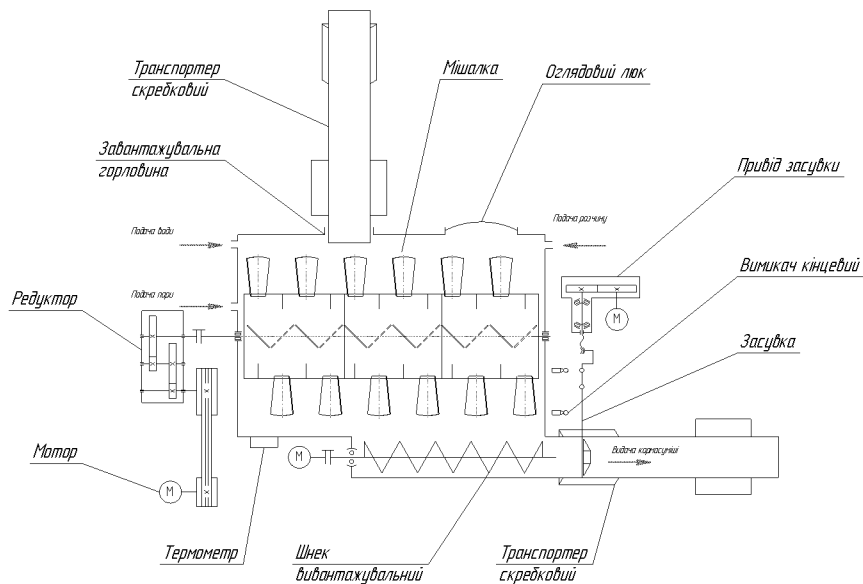


Рисунок 1 - Технологічна схема лопатевого змішувача кормів

Проекція лопаті на розгорнуту площину дна корпусу змішувача має вигляд

$$b = \frac{\rho^\circ \pi}{180} R_l = \rho R_l, \quad (2)$$

де ρ° , ρ - центральний кут лопаті в градусах і радіанах.

Крок між лопатями визначається з формули

$$t = \frac{\rho R_l \sin \alpha}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}, \quad (3)$$

де α – кут установки лопаті до осі мішалки;

φ – кут тертя суміші по лопаті.

Загальний напрям вектора швидкості руху часток потоку суміші (R_l) під дією лопаті мішалки складається з геометричних напрямків колової $v_{\text{кол.}}$, осьової $v_{\text{ос.}}$ та швидкості руху часток вздовж лопаті $v_{\text{лоп.}}$, значення яких визначається згідно таких залежностей:

$$v_{\text{кол.}}(R_l) = \omega R; \quad (4)$$

$$v_{\text{ос.}}(R_l) = v_{\text{кол.}}(R_l) \operatorname{tg} \alpha = \omega R_l \operatorname{tg} \alpha; \quad (5)$$

$$v_{\text{лоп.}}(R_l) = \frac{dS}{dt}. \quad (6)$$

Під час переміщення кормосуміші траєкторія руху матеріальної частки корму під дією поверхні лопаті мішалки представляє собою криву у просторі, яка аналогічна гвинтовій лінії з перемінним кроком і перемінним зовнішнім діаметром. Коли частка знаходиться на поверхні лопаті біля внутрішньої поверхні корпусу змішувача, вона рухається по дузі A_0A_1 та вздовж осі вала під дією сил: сила ваги mg , відцентрова сила $m\omega_1 R_l$, реакція поверхні корпусу змішувача N , сила тертя частки по поверхні корпусу F , реакція поверхні лопаті N_1 , сила тертя частки по лопаті мішалки F_0 і рушійна сила T (рис. 2).

Умови руху частки вздовж вісі мішалки буде забезпечена, коли $T > F_0$, тобто частка суміші рухається по поверхні лопаті мішалки:

$$(F + mg \sin \beta) \cos \alpha > (F + mg \sin \beta) \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi_1. \quad (7)$$

Отже, геометричною умовою забезпечення руху частки буде тоді, коли $\alpha < 90 - \varphi_1$.

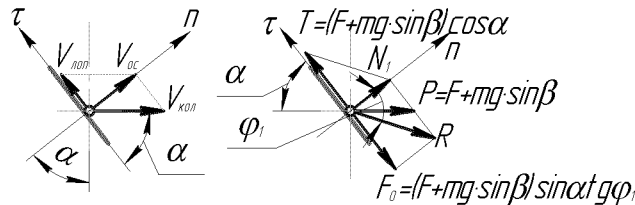
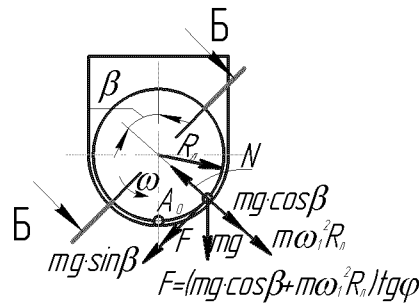


Рисунок 2 - Схема дії сил на частку при обертанні лопаті змішувача

У випадку, коли лопаті розташовані паралельно одна до одної і перпендикулярно до осі вала, поступальний рух часток вздовж осі вала практично припиняється. При $\alpha=90^\circ$ лопаті розташовуються паралельно осі і мішалка перетворюється в барабан, в результаті чого маса корму може тільки обертатися. Якщо врахувати величину осьового відставання часток коефіцієнтом μ в залежності від кутів α і φ

$$\mu = \frac{\sin \alpha \sin (\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (8)$$

то область позитивних швидкостей змінюється таким чином: при $\alpha=0$, $\sin \alpha=0$, $\mu=0$ швидкість руху $v=v_{\max}=\omega R_l \operatorname{tg} \alpha$, при $\mu=1$, $\alpha=90-\varphi$, $v=0$. У першому випадку корм рухається вздовж осі вала, а проміжок, в якому $v=0$, приймає вигляд:

$$\frac{\pi}{2} - \varphi < \alpha < \frac{\pi}{2} + \varphi. \quad (9)$$

Тобто, результуюча зовнішніх сил, які діють на частку, знаходиться у внутрішній частині конуса тертя і тому швидкість по відношенню до похилої поверхні лопаті дорівнює нулю, частки в осьовому напрямку не переміщуються, а обертаються разом з лопаттю навколо вала. Проведені розрахунки імпульсів зовнішніх сил показали, що максимальна їх величина досягає при $\alpha=45 \dots 50^\circ$ для плоских лопатей, а для гвинтових наближається до $46 \dots 47^\circ$.

При збільшенні висоти і ширини лопаті від $0,4 R_l$ до $0,75 R_l$ часткам прикладається $75 \dots 78\%$ максимального імпульсу. Збільшення площі лопаті недоцільно тому, що збільшуються енергетичні затрати.

Таким чином, загальна осьова швидкість руху корму у змішувачі буде визначатися

$$v_o = \frac{\rho}{2\pi} \omega R_l K_1 K_2, \quad (10)$$

де K_1 – коефіцієнт, який враховує обертання маси корму лопаттю і зону вільного (інерційного) руху, $K=0,9 \dots 0,95$;

$$K_2 = \frac{\sin \alpha}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi} \quad \text{– коефіцієнт, який враховує вплив кута тертя і кута}$$

встановлення лопаті до осі вала мішалки;

ρ – центральний кут лопаті.

Площа бокової поверхні секторної лопаті

$$F_n = \frac{\rho\pi(D^2 - d^2)}{4 \cdot 360} = \frac{\rho F_m}{360}, \quad (11)$$

де $F_m = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$ – площа перерізу корпусу змішувача, м²;

D і d – діаметр зовнішньої і внутрішньої кромки лопаті.

Співвідношення площ $\frac{F_n}{F_m} = \frac{\rho}{360} = \beta_0$ характеризується коефіцієнтом

співвідношення бокової проекції площі лопаті до площі перерізу корпусу змішувача.

Продуктивність лопатевої мішалки

$$Q = \psi K F_n \omega R_n \gamma K_1 K_2 (Z-1) m, \quad (12)$$

де K – кратність обробітку однієї порції за 1 оберт вала мішалки;

ψ – коефіцієнт заповнення лопаті змішувача;

Z – кількість лопатей в рядах з кроком t;

m – кількість рядів лопатей мішалки;

F_n – площа бокової поверхні лопаті, м²;

ω – кутова швидкість руху лопатей, с⁻¹;

R_n – радіус мішалки, м.

Годинна продуктивність лопатевої мішалки з урахуванням кількості повторних циклів змішування

$$Q_{зм} = 3,6Q/n_{ц}, \text{ т/год.} \quad (13)$$

Висновки

1. Переваги розробленої конструкції вдосконаленого лопатевого змішувача забезпечують потоково-контурну схему руху кормосуміші в змішувачі по поверхні лопаті і в зоні інерційного руху в режимі підвищеної динамічності процесу, що покращує однорідність суміші, підвищує продуктивність і знижує енергетичні затрати.

2. Обґрунтовані конструктивно-технологічні параметри лопатей, що встановлені по периферії мішалки рядами з різним напрямком кута нахилу їх до осі мішалки в парних (сусідніх) рядах з відповідним кроком установки вздовж осі.

3. Теоретично визначено продуктивність вдосконаленої мішалки.

Список літератури

1. Кельнер В.Р., Коноплев Е.Г. Приготовление и использование полнорационных кормов в промышленном животноводстве. – М.: ВНИИТЭСХ, 1972.
2. Приготовление, хранение и раздача кормов на животноводческих фермах / Алябьев Е.В., Вагин Б.И., Красников В.В. и др. – М.: Колос, 1977.
3. Лысенко В.П. Приготовление кормовых смесей для КРС // Животноводство. – 1973. – №9.
4. Кукта Г.Т. Технология переработки и приготовления кормов. – М.: Колос, 1986.
5. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 304 с.
6. Резник Е.И., Рыжов С.В. Развитие зарубежной техники для заготовки и раздачи кормов // Тракторы и сельхозмашины. – 1985. – №1.
7. Новое в механизации приготовления кормов / Сыроватка В.И., Клычев Е.М., Карташов С.Г. – М.: ВНИИТЭИсельхозВАСХНИЛ, 1980.

К. Матвеев, П. Лузан, Р. Кисилев, В. Матвеева, О. Гончар

Обоснование конструктивных параметров и режимов работы лопастной мешалки

В статье проведен анализ последних исследований и публикаций по смешиванию кормов и предложена усовершенствованная конструкция лопастного смесителя кормов. Теоретически обоснованы

режимы работы лопастной мешалки, конструктивные параметры и производительность. Приведены условия движения частицы вдоль мешалки и в радиальном направлении, которое обеспечивает поточно-контурную схему движения кормосмеси по поверхности лопасти и в зоне инерционного движения в режиме повышенной динамичности процесса. Повышение производительности экспериментальной мешалки подтверждается обоснованной формулой производительности смесителя.

K. Matveev, P. Luzan, R. Kisilev, V. Matveeva, O. Gonchar

Ground of structural parameters and modes operations of blade mixer

Studies are brought in article on mix provender. The advanced design of the blade mixer is offered. He consists of leading gross, rack, horizontal pipes with flat blade. The corner of the slopping of the blades different to axis of the mixer in fresh rows. For improvement of the process of the mix in designs are bolted radial finger. The technological scheme characterizes the principle robots mixer. The state of working mixer characterizes the angular velocity of the blades, step of the installing the blades, axial velocity of the motion stern, corner of the slopping of the blades. All are these factors raise capacity of the experimental mixer.

Одержано 13.09.09