

УДК 631.363.7

Д.І. Бойко, асп.*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. Петра Василенка, м. Харків, Україна, bojko_di@mail.ru*

Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми багатокomпонентного дозатора-змішувача інгредієнтів комбікормів

В результаті аналізу технологій приготування комбікормів для тварин і птиці, способів дозування і змішування інгредієнтів комбікормів, а також конструкцій дозаторів і змішувачів запропонована нова конструкція дозатора-змішувача в якій операції дозування і змішування інгредієнтів об'єднані в одну технологічну операцію і виконуються одним робочим органом. Головною перевагою запропонованої конструкції є об'єднання операцій дозування і змішування, що значно спрощує конструкцію дозатора-змішувача і зменшує енергетичні витрати для його приводу. Висока якість змішування досягається за рахунок багатокomпонентного зв'язного дозування і тонкошарової взаємодії змішуваних компонентів.

технологія, дозатор, змішувач, енергоємність, якість змішування

Д.И. Бойко, асп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенка,
г. Харьков, Украина*

Обоснование конструктивно-технологической схемы многокомпонентного дозатора-смесителя ингредиентов комбикормов

В результате анализа технологий приготовления комбикормов для животных и птицы, способов дозирования и смешивания ингредиентов комбикормов, а также конструкций дозаторов и смесителей предложена новая конструкция дозатора-смесителя в которой операции дозирования и смешивания ингредиентов объединены в одну технологическую операцию и выполняются одним рабочим органом. Главным преимуществом предложенной конструкции является объединение операций дозирования и смешивания, которое значительно упрощает конструкцию дозатора-смесителя и уменьшает энергетические расходы для его привода. Высокое качество смешивания достигается за счет многокомпонентного связного дозирования и тонкослойного взаимодействия смешиваемых компонентов.

технология, дозатор, смеситель, энергоёмкость, качество смешивания

Постановка проблеми. Приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств пов'язано з багатьма невирішеними питаннями, головним з яких є відсутність необхідного обладнання для дозування і змішування інгредієнтів комбікормів, яке здатне забезпечити значне зниження енергетичних витрат при високій якості кінцевого продукту.

Технологічні операції – дозування і змішування інгредієнтів, в технології приготування комбікормів слідують одна за одною і кожна із них окремо в рівній мірі впливають на якість кінцевого продукту. Це пояснюється тим, що відхилення процентного вмісту окремих інгредієнтів від заданої рецептом величини знижує кормову і біологічну поживності комбікорму, призводить до порушення балансу мінеральних елементів в організмі тварин.

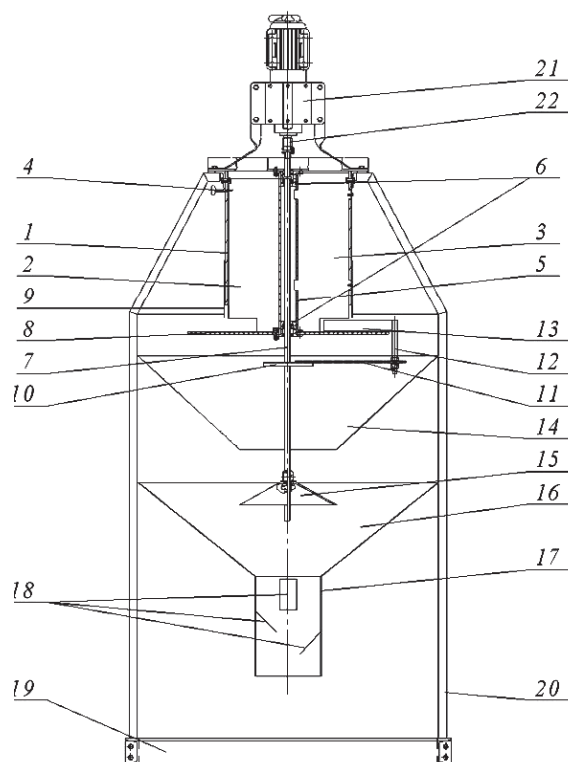
* Науковий керівник: канд. техн. наук, проф. Науменко О. А.

Тому розробка і впровадження нових енергозберігаючих технологій приготування комбікормів і засобів їх механізації, які здатні значно знизити енергетичні витрати і підвищити якість кінцевого продукту є актуальною задачею. З цієї точки погляду перспективним напрямком є створення нових конструкцій дозаторів-змішувачів, в яких необхідно передбачити виконання процесу дозування інгредієнтів і їх змішування одним робочим органом за рахунок механічної дії відцентрових сил.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Агрегати для приготування багатокомпонентних кормових сумішей, зокрема комбікормів, складаються із дозаторів і змішувачів. Різноманітність конструкцій дозаторів і змішувачів визначають багатоваріантність створення агрегатів для приготування комбікормів [1, 2]. Наряду із комбікормовими агрегатами, в яких дозатори і змішувачі використовуються як окремі машини, існують також дозувально-змішувальні агрегати, в яких дозатори і змішувачі існують як одне ціле. Вирішенням проблеми дозування і змішування інгредієнтів комбікормів, створенням конструкцій дозаторів та змішувачів присвячені роботи Сироватки В.І. [3], Веденєєва Ю.Д. [4], Щура Т.Г. [5], Русальова О.М. [6], Славкової Л.Г. [7], Семенцова В.І. [8], Мальцева Г.С. [9], Мальцева В.С. [10], Чілінгаряна Н.О. [11] та ін., які відмічали переваги об'єднання операцій дозування і змішування в одному агрегаті.

Найбільш прийнятними конструкціями агрегатів для приготування комбікормів є дозатори-змішувачі, запропоновані вченими [9-11] ФДБУ ВПО «Самарської державної сільськогосподарської академії».

Дозатор-змішувач конструкції Г.С. Мальцева [9] складається із багатокомпонентного тарілкового дозатора і гравітаційного-відцентрового змішувача (рис. 1).



- 1 – бункер; 2 – перегородка рухома; 3 – нерухома перегородка; 4 – стопорні гвинти; 5 – труба;
6 – підшипник; 7 – вал привідний; 8, 10 – диски; 9 – юбка; 11 – поводок; 12 – шпилька;
13 – скребок; 14 – лійка основна; 15 – розсіювач; 16 – лійка допоміжна; 17 – горловина; 18 – пластини;
19 – основа; 20 – стойка; 21 – мотор-редуктор, 22 – муфта

Рисунок 1 – Дозатор-змішувач інгредієнтів комбікормів

Дозуюча частина пристрою складається із бункера, розділеного на сектори перегородками. В нижній частині бункера встановлений диск. Активними робочими органами дозатора є скребки, які приводяться в обертовий рух мотором-редуктором. Змішувальна частина пристрою складається із основної і додаткової лійок між якими на обертовому валу встановлений конус. В горловині додаткової лійки встановлені пластини, що сприяють більш інтенсивному змішуванню.

Працює дозатор-змішувач наступним чином. У відповідні секції бункера завантажуються інгредієнти комбікормів, які під дією гравітаційних сил висипаються на диск. При обертанні скребок інгредієнти скидаються на першу лійку, де розділяються на два потоки. Один потік проходить через вирізи в лійці, а другий через горловину подається на обертову лійку, де відбувається їх змішування.

В подальшому В.С. Мальцев [10] удосконалив конструкцію дозатора-змішувача, обладнавши його незалежними приводами скребок і додаткової лійки, а Чілінгарян Н.О. [11] виконав скребки дозатора криволінійними. Головною перевагою наведеної конструкції дозатора-змішувача є мала енергоємність процесу, тому що для приводу скребок необхідна мала потужність. Однак, на наш погляд, наведений дозатор-змішувач має складну будову за рахунок наявності окремого змішувального пристрою, який також потребує енергетичних витрат на його привід.

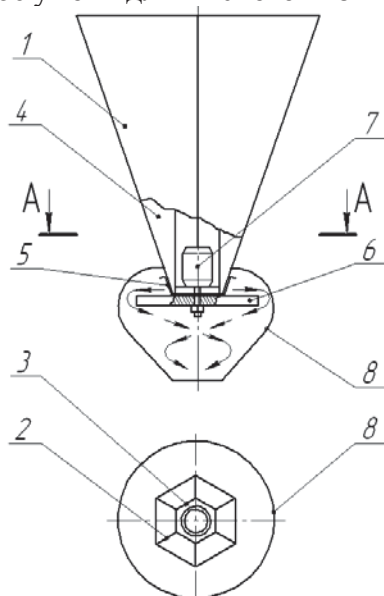
Мета досліджень. Метою даної роботи є аналіз існуючих конструкцій дозаторів-змішувачів інгредієнтів комбікормів, виявлення їх переваг і недоліків та розробка перспективної конструкції в якій необхідно передбачити інтенсифікацію процесу шляхом об'єднання операцій дозування і змішування за рахунок їх виконання одним робочим органом.

Виклад основного матеріалу. З аналізу конструкцій дозаторів і змішувачів сипких матеріалів відомо, що найменші енергетичні витрати на їх привід мають дозатори і змішувачі відцентрового типу [8, 9-11]. Тому за основу конструкції приймаємо дозатор-змішувач відцентрового типу, робочим органом якого має бути обертовий диск, який розташований в нижній частині наддозаторних бункерів. Дозування сипких матеріалів в даному випадку буде відбуватися за рахунок створення шару сипкого матеріалу на диску біля вивантажувального отвору кожного із бункерів і подальшого його руху по диску внаслідок дії відцентрових сил при його обертанні. Змішування інгредієнтів буде відбуватися внаслідок почергового завантаження шарів інгредієнтів на диск і їх розосереджування по площині диска, а також взаємодії потоків інгредієнтів із вивантажувальним кожухом і перетинання їх траєкторій.

Запропонований дозатор-змішувач інгредієнтів комбікормів [12] (рис. 2) складається з накопичувального бункера 1, який розділений перегородками 2 і частинами призматичної труби 3 на окремі відсіки 4, кількість яких відповідає кількості змішуваних компонентів. В нижній частині відсіків розташовані гравітаційні дозатори, виконані в вигляді регульованих випускних отворів з заслінками 5 і горизонтально розташованого обертового диска 6, який закріплений на валу електродвигуна 7. Робочі елементи дозатора-змішувача розташовані в вивантажувальному кожусі 8, який виконаний у вигляді поверхні обертання відрізка кривої лінії в площині XOZ навколо осі Z (рис.3).

Дозатор-змішувач інгредієнтів комбікормів працює наступним чином. Інгредієнти комбікормів завантажуються в окремі відсіки 4 накопичувального бункера 1. Потім за допомогою заслінок 5 встановлюється необхідна продуктивність кожного дозатора, що забезпечує необхідне співвідношення змішуваних інгредієнтів. При цьому під дією гравітаційних сил на обертовому диску 6 формуються окремі шари компонентів суміші. Далі, при включенні електродвигуна 7, компоненти суміші під дією відцентрових сил розосереджуються по площині диска 6 і, рухаючись з прискоренням по криволінійним

траєкторіям по диску 6, частково змішуються. Після сходження компонентів суміші з диска 6 вони по спіральній траєкторії рухаються в напрямку вивантажувального отвору. В результаті взаємодії потоків компонентів суміші з вивантажувальним кожухом, який постійно звужується, згідно з законом збереження кількості руху, відбувається збільшення їх швидкостей, перетинання траєкторій і досягнення турбулізації потоку на виході із змішувача, що створює умови для якісного їх змішування.



1 – бункер; 2 – перегородки; 3 – труба призматична; 4 – відсіки бункера;
5 – заслінка; 6 – диск обертовий; 7 – електродвигун; 8 – кожух вивантажувальний

Рисунок 2 – Конструктивна схема дозатора-змішувача інгредієнтів комбікормів

Таким чином, забезпечуючи задану дозовану подачу кожного із інгредієнтів комбікормів, забезпечується підвищення якості дозування, а взаємодія сформованих потоків з кожухом змішувача забезпечує якісне їх змішування.

Для визначення продуктивності дозатора-змішувача складемо рівняння динаміки елементарного об'єму сипкого матеріалу, який знаходиться на диску $\Delta V = r \Delta \varphi \Delta r H$ (рис. 3)

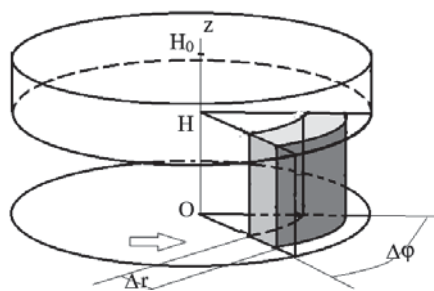


Рисунок 3 – Розрахункова схема до визначення продуктивності дозатора-змішувача

Враховуючи, що сипкий матеріал має щільність γ , маса об'єму ΔV дорівнюватиме:

$$\Delta m = \gamma r \Delta \varphi \Delta r H . \quad (1)$$

Взаємодія частинок сипкого матеріалу між собою зводиться до тиску $p = p(z)$, який дорівнює гідростатистичному тиску [13]

$$p = \gamma g (H_0 - z), \quad (2)$$

де H_0 – висота шару сипкого корму на диску;

z – змінна координата.

Тоді стовп сипкого матеріалу висотою H_0 буде чинити тиск на площадку диска розміром $\Delta \Sigma = r \Delta \varphi \Delta r$

$$\Delta \vec{P} = -\vec{e}_z p(0) \Delta \Sigma = -\vec{e}_z \gamma g H_0 r \Delta \varphi \Delta r, \quad (3)$$

де $\vec{e}_z$ – орта циліндричної системи координат;

$p(0)$ – тиск сипкого матеріалу на диск при $z=0$;

$\Delta \Sigma$ – розмір площадки на яку чинить тиск стовп сипкого матеріалу.

В силу цього, об'єм ΔV буде зазнавати сили тертя ΔT , яка протилежно направлена по відношенню до відносної швидкості частинки сипкого матеріалу

$$\Delta T = -f_v \gamma r \Delta \varphi \Delta r H_0 \frac{\vec{r} - \Omega r \vec{e}_\varphi}{|\vec{r} - \Omega r \vec{e}_\varphi|}, \quad (4)$$

де f_v – коефіцієнт внутрішнього тертя сипкого матеріалу;

Ω – кутова швидкість обертання диску;

$\vec{e}_\varphi$ – орта циліндричної системи координат.

Уважаючи, що Δr і $\Delta \varphi$ є малими величинами, а H постійною, тоді в цьому випадку радіус-вектор $\vec{r} = \vec{r}(t) = r(t) \vec{e}_r[\varphi(t)]$ однозначно визначає положення елементарного об'єму ΔV на поверхні диску. Рівняння динаміки для ΔV витікає із другого закону Ньютона:

$$\Delta m \vec{\ddot{r}} = \Delta \vec{T} + \Delta \vec{P} + \Delta \vec{N}, \quad (5)$$

де $\Delta \vec{N}$ – сила реакції зв'язку (диска), яка направлена по нормалі до поверхні диска.

Диференціюючи радіус-вектор по часу, отримаємо вираз для швидкості і прискорення елементарного об'єму ΔV :

$$\begin{aligned} \vec{\dot{r}} &= \dot{r} \vec{e}_r + r(\dot{\varphi} - \Omega) \vec{e}_\varphi \\ \vec{\ddot{r}} &= (\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2) \vec{e}_r + (r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}) \vec{e}_\varphi \end{aligned} \quad (6)$$

Підставивши формули (3), (4) і (6) в рівняння (5) і скоротивши загальний співмножник в усіх членах рівняння та спроектувавши векторну рівність на напрямки ортів циліндричної системи координат $(\vec{e}_r, \vec{e}_\varphi, \vec{e}_z)$, отримаємо наступне рівняння:

$$\ddot{r} = r\dot{\phi} - \frac{f_v g H_0}{H} \frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r(\dot{\phi} - \Omega)^2}}$$

$$\ddot{\phi} = -2 \frac{\dot{r}\dot{\phi}}{r} - \frac{f_v g H_0}{H} \frac{\dot{\phi} - \Omega}{\sqrt{\dot{r}^2 + r(\dot{\phi} - \Omega)^2}}. \quad (7)$$

$$\Delta N = \gamma g H_0 r \Delta \phi \Delta r$$

Для визначення руху сипкого середовища достатньо інтегрувати перші два рівняння, які є звичайними диференціальними рівняннями другого порядку. Для визначення їх однозначного вирішення необхідно задати початкові умови – сформулювати задачу Коші. В силу осової симетрії задачі достатньо розглянути рух однієї частинки сипучого матеріалу. Траєкторії руху других частинок можна отримати повертанням відповідної картини руху цієї вибраної частинки на відповідний кут ϕ .

Задамо початкові умови в наступному вигляді:

$$r(0) = r_0, \quad \dot{r}(0) = r_1, \quad \phi(0) = 0, \quad \dot{\phi}(0) = \Omega r_0. \quad (8)$$

Після вирішення задачі (7), (8) секундна продуктивність дозатора-змішувача буде визначатися за формулою:

$$Q = 2\pi R_0 H v_r(R_0). \quad (9)$$

Результати числового визначення продуктивності наведені на рис. 4. Зліва наведені розподілення впродовж r радіальних складових швидкостей, значення яких визначає продуктивність при різних значеннях кутової швидкості. Праворуч наведені графіки залежності продуктивності дозатора-змішувача від кутової швидкості диска.

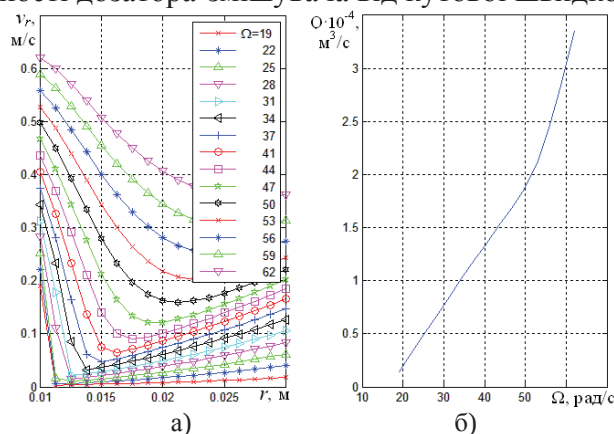


Рисунок 4 – Графічні залежності а) радіальних складових швидкостей шару сипкого матеріалу по диску від r ; б) залежності продуктивності дозатора-змішувача від кутової швидкості диска

В результаті аналізу графічних залежностей встановлено, що при малому значенні r радіальні швидкості спочатку зменшуються, а потім зростають. Продуктивність дозатора-змішувача з збільшенням кутової швидкості зростає в лінійній залежності.

Висновки. В результаті аналізу конструкцій дозаторів-змішувачів визначені напрямки їх удосконалення і запропонована нова конструкція дозатора-змішувача, в якій процес дозування і змішування виконується одним робочим органом, що забезпечить значне зниження енергетичних витрат на процес приготування комбікормів. Проведеними теоретичними дослідженнями встановлений взаємозв'язок продуктивності дозатора-змішувача від його конструктивно-кінематичних параметрів.

Список літератури

1. Каталымов А.В. Дозирование сыпучих и вязких материалов [Текст] / А.В. Каталымов, В.А., Лабартович. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов [Текст] / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
3. Сыроватка В.И., Приготовление комбикормов, обогатительных и лечебных добавок [Текст] / В.И. Сыроватка. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 45 с.
4. Вединеев, Ю.Д. Дозаторы непрерывного действия [Текст] / Ю.Д. Вединеев. – М.: Энергия, 1978. – 184 с.
5. Щур Т.Г. Обґрунтування параметрів процесу дозування та розробка конструкції конусного дозатора біологічно активних кормових добавок : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Т.Г. Щур. – Харків, 2009. – 20 с.
6. Русальов О.М. Обґрунтування параметрів процесу дозування і розробка решітного дозатора концентрованих кормів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / О.М. Русальов. – Харків, 2010. – 20 с.
7. Славкова Л.Г. Обґрунтування параметрів процесу і розробка гравітаційного змішувача концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Л.Г. Славкова. – Харків, 2014. – 20 с.
8. Семенов В.І. Обґрунтування параметрів процесу збагачення комбикормів біологічно активними кормовими добавками : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В.І. Семенов. – Харків, 2008. – 20 с.
9. Мальцев, Г. С. Улучшение показателей приготовления концентрированных кормов с разработкой и обоснованием параметров дозатора-смесителя непрерывного действия : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Г.С. Мальцев. – Пенза, 2007. – 20 с.
10. Мальцев, В. С. Снижение энергетических затрат с обоснованием конструктивно-режимных параметров дозатора-смесителя кормов : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / В.С. Мальцев. – Пенза, 2011. – 20 с.
11. Чилингарян Н. О. Повышение качества приготовления зерновой смеси многокомпонентным дозатором-смесителем : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Н.О. Чилингарян. – Пенза, 2014. – 20 с.
12. Пат. 98996 Україна, МПК A23N 17/00, G01F 11/00. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів / Бойко Д.І., Науменко О.А., Нанка О.В.; заявник та власник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – №2014 13564; заявл. 17.12.2014; Опубл. 12.05.2015, Бюл. №9.
13. Константинов Ю.М. Гидравлика [Текст] : учебник для вузов / Ю.М. Константинов. – Киев: Выща школа, 1988. – 398 с.

Denis Boyko, post-graduate

Petro Vasilenko Kharkov national technical university of agriculture, Kharkov, Ukraine

Ground of structurally flowsheet of multicomponent metering device-mixer of the mixed fodders ingredients

The purpose of this work is an analysis of existent constructions of metering devices-mixers of ingredients of the mixed fodders, exposure of their advantages and failings that development of perspective construction in which to foresee intensification of process by the association of operations of dosage and mixing due to their implementation by one working organ.

The basic constructions of metering devices-mixers are considered for preparation of the mixed fodders and directions of their improvement are offered. Advantage of the offered construction of metering device-mixer is that the operations of dosage and mixing are executed one working organ, by motive forces here, that operate there are centrifugal forces on friable material. It allows considerably to reduce power charges on preparation of the mixed fodders. In theory the productivity of the offered construction of metering device-mixer is certain and graphic dependences of the productivity are built on structurally kinematics of parameters.

As a result of analysis of constructions of metering devices-mixers directions of their improvement are certain and the new construction of metering device-mixer, in which the process of dosage and mixing is executed one working organ which will provide the considerable cutting of power costs on the process of preparation of the mixed fodders, is offered. The conducted theoretical researches are set intercommunication of the productivity of metering device-mixer from it's structurally kinematics parameters.

technology, metering device, mixer, power-hungryness, quality of mixing

Одержано 5.11.15