

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Бойко Денис Іванович

УДК 621.929.7

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ, ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ
РОБОТИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДОЗАТОРА-ЗМІШУВАЧА
КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент **Нанка Олександр Володимирович**, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, ректор університету.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Шацький Віктор Васильович**.

кандидат технічних наук, доцент **Гаврильченко Олександр Степанович**, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, завідувач кафедри механізація виробничих процесів в тваринництві.

Захист відбудеться 28 грудня 2016 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.832.01 в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44.

Автореферат розісланий 28 листопада 2016 року.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради



О.Д. Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ринкові відносини і вступ України до Світової Організації Торгівлі вимагають від виробників продукції тваринництва нових підходів, які забезпечать конкурентоспроможність продукції за рахунок зниження її собівартості.

Визначальною умовою зниження собівартості продукції тваринництва є годівля поголів'я тварин і птиці повноцінними комбікормами, збалансованими за поживними речовинами, амінокислотами, вітамінами і мікроелементами, при мінімальних експлуатаційних витратах для їх приготування.

Основними технологічними операціями при приготуванні комбікормів є дозування і змішування, які роблять основний вплив на якість кінцевого продукту.

Проведеним аналізом відомих результатів досліджень процесів дозування-змішування встановлено, що існуючі конструкції дозаторів-змішувачів для приготування комбікормів в неповній мірі відповідають сучасним вимогам, зокрема зоотехнічним по однорідності комбікормів, мають велику питому енергоємність процесу та металомісткість конструкцій і потребують значних експлуатаційних витрат.

Перспективним напрямком підвищення ефективності процесу дозування-змішування є його інтенсифікація шляхом створення нової конструкції дозатора-змішувача, в якому за рахунок суміщення операцій дозування та змішування і виконання їх одним робочим органом відцентрової дії будуть забезпечені сприятливі умови для сумішоутворення. Таким чином, обґрунтування параметрів процесу і розробка нової конструкції дозатора-змішувача є актуальним науково-прикладним завданням для подальшого розвитку тваринницької галузі України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до: Державної цільової програми «Розвиток українського села до 2015 р.»; Законів України: «Про основні напрямки державної аграрної політики на період до 2015 р.», «Про державну підтримку сільського господарства України»; розділу комплексної теми НДР ХНТУСГ ім. П. Василенка «Розробка і удосконалення технологічних процесів виробництва продукції тваринництва і засобів механізації їх виконання»; НДР «Обґрунтування параметрів процесу і розробка конструкції дозатора-змішувача компонентів комбікормів» (ДР № 0109U000362, 2000-2015 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності процесу приготування комбікормів шляхом розробки конструкції і обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів нової конструкції дозатора-змішувача. Для досягнення поставленої мети визначені наступні завдання дослідження:

– провести аналіз існуючих конструкцій машин для дозування і змішування сипких матеріалів, результатів теоретичних і експериментальних досліджень процесу дозування-змішування та визначити напрямки їх удосконалення;

– на основі проведеного аналізу запропонувати і обґрунтувати нову, принципово більш досконалу конструкцію дозатора-змішувача в порівнянні з існуючими аналогами;

– створити математичні моделі процесу дозування-змішування розробленою конструкцією дозатора-змішувача та отримати залежності продуктивності і енергоємності процесу від його конструктивно-кінематичних параметрів та

механіко-технологічних властивостей компонентів комбікормів;

– виготовити дослідний зразок дозатора-змішувача, провести експериментальні дослідження і визначити його якісні і енергетичні показники та оптимальні конструктивно-кінематичні параметри;

– впровадити результати досліджень у виробництво, провести виробничі випробування дозатора-змішувача та визначити техніко-економічну ефективність його застосування.

Об'єкт дослідження: технологічний процес дозування-змішування і його зв'язок з конструктивно-кінематичними параметрами дозатора-змішувача та механіко-технологічними властивостями компонентів комбікормів.

Предмет дослідження: Обґрунтування параметрів процесу і розробка конструкції дозатора-змішувача компонентів комбікормів.

Методи дослідження: теоретичні дослідження виконані із застосуванням законів динаміки, положень теорії суцільних середовищ та сучасних методів моделювання. Експериментальні дослідження проведені на виготовлених експериментальних установках. Обробка результатів досліджень виконана з використанням положень теорії ймовірності та математичної статистики з використанням пакетів програм «Matlab», «Mathcad», «Excel». Для визначення оптимальних співвідношень конструктивно-кінематичних параметрів дозатора-змішувача застосована методика планування факторного експерименту. Виробничі випробування дозатора-змішувача проведені у відповідності з Галузевим стандартом України: «Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання для приготування кормів. Методи функціональних випробувань» ГСТУ46.007-2000, та згідно з «Типовою методикою визначення якості змішування кормів» М 70.29-87.

Наукова новизна одержаних результатів. Положення, що характеризують наукову новизну дисертаційної роботи, полягають в наступному:

– вперше за допомогою побудованих рівнянь динаміки швидких рухів сипких матеріалів визначені закономірності зміни швидкостей і траєкторій руху частинок сипкого матеріалу по ротаційній поверхні розробленого дозатора-змішувача від кутової швидкості її обертання;

– для керування процесом дозування-змішування і розрахунку його технологічних показників вперше одержано математичні залежності продуктивності і енергоємності процесу від конструктивно-кінематичних параметрів дозатора-змішувача;

– для оцінки впливу розробленого дозатора-змішувача на ефективність змішування компонентів комбікормів вперше виконано комплексне обґрунтування його конструктивно-кінематичних параметрів з урахуванням технологічних показників процесу і механіко-технологічних властивостей компонентів комбікормів.

Практичне значення одержаних результатів. Теоретичні і експериментальні дослідження формують науково-технічну базу для моделювання роботи і створення широкого класу дозаторів-змішувачів сипких матеріалів. Розроблений дозатор-змішувач компонентів комбікормів рекомендується використовувати в сільськогосподарських підприємствах для приготування збалансованих, повнораціонних комбікормів для тварин і птиці. Виробничими випробуваннями розробленого дозатора-змішувача в умовах ПСП «Нива» Коропського району

Чернігівської області при приготуванні комбікормів для відгодівельної свиноферми на 500 голів встановлено, що однорідність комбікормів, яка характеризує ефективність процесу, відповідає зоотехнічним вимогам і досягає 97,4%. Питома енергоємність процесу знижена з 5 до 0,3 кВт·год./т. Річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат становить більше 18 тис. гривень, додатковий, за рахунок підвищення продуктивності тварин – більше 46 тис. гривень. Розроблене та виготовлене лабораторне устаткування для дослідження процесів дозування-змішування компонентів комбікормів використовується в навчальному процесі на кафедрі технічних систем і технологій тваринництва ім. Б.П. Шабельника ХНТУСГ ім. П. Василенка.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. У наукових роботах, які виконані у співавторстві, особистий внесок полягає в наступному: [1] – на основі аналізу технологічних процесів приготування комбікормів визначені основні напрямки їх удосконалення за рахунок суміщення операцій дозування і змішування компонентів; [2] – виконаний огляд існуючих способів оцінки якості змішування сипких матеріалів і запропонована удосконалена методика визначення однорідності багатокомпонентних кормових сумішей; [9] – запропонована нова конструкція дозувально-змішувального пристрою; [11] – проведена енергетична оцінка існуючих змішувачів сипких матеріалів і визначені напрямки енергозбереження при розробці нових конструкцій дозаторів-змішувачів; [16] – обґрунтовані напрямки удосконалення конструкцій дозувально-змішувальних пристроїв компонентів комбікормів.

Апробація результатів дисертації. У повному обсязі дисертаційну роботу обговорено та схвалено на науковому семінарі кафедри технічних систем і технологій тваринництва ім. Б.П. Шабельника ХНТУСГ ім. П. Василенка. Результати виконаних наукових досліджень доповідалися: на Міжнародних форумах молоді «Молодежь и сельскохозяйственная техника XXI века». Харків: (ХНТУСГ ім. П. Василенка, Харків, 2010-2015г.г.); на Міжнародній студентській науково-практичній конференції «Перспективна техніка і технологія - 2010», (Миколаївський НАУ, м. Миколаїв, 2010 р.); на V Всеукраїнській науково-практичній конференції «Перші наукові кроки», (Кам'янець-Подільський ДАТУ, м. Кам'янець-Подільськ, 2011 р.); на Міжнародній студентській конференції (ФГБОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина», м. Белгород, 2011 р.); на Міжнародних наукових сесіях «Інноваційні проекти в галузі технічного сервісу машин», м. Харків, (ХНТУСГ ім. П. Василенка, м. Харків, 2014-2016 р.р.); на X Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки», (Кіровоградський НТУ, м. Кіровоград, 2015 р.); на XVI Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», (НУБПІ України, м. Київ, 2015 р.); на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», (Дніпропетровського ДАЕУ, м. Дніпропетровськ, 2016 р.); на Міжнародній конференції «Современные проблемы естественных наук. Тараповские чтения – 2016», (Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, 2016 р.).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 16 наукових публікаціях, в тому числі в 6 наукових статтях фахових видань, що входять до переліку МОН України, 5 – в матеріалах і тезах конференцій; 2 – за кордоном, одержано 3 патенти України, 11 публікацій виконано самостійно.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 184 найменувань і додатків. Повний обсяг дисертації викладено на 209 сторінках комп'ютерного тексту (основна частина – 161 сторінка), містить 38 рисунків, 7 таблиць і 3 додатків на 28 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, сформульовані мета, завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі наведено аналіз відомих теоретичних і експериментальних досліджень процесу дозування-змішування сипких матеріалів, конструкцій дозаторів-змішувачів та визначено напрями підвищення ефективності їх роботи.

Суттєвий внесок в розвиток теорії і практики дозування-змішування сипких матеріалів внесли: Ю.Д. Відінесь, П.М. Василенко, І.І. Ревенко, Г.М. Кукта, Л.Я. Степук, А.А. Артюшин, В.В. Шацький, В.Я. Черкун, М.В. Брагінець, Л.М. Куцин, В.І. Сироватка, К.В. Альферов, Ю.І. Макаров та ін.

На основі проведеного аналізу відомих конструкцій дозаторів-змішувачів, які експлуатуються в різних галузях господарства України та результатів досліджень по даній тематиці встановлено, що значного підвищення рівня однорідності сумішей, зменшення тривалості процесу змішування, питомих енерговитрат і металомісткості конструкцій можна досягти шляхом розробки нової конструкції дозатора-змішувача, в який за рахунок дії відцентрових сил інерції, що створюють великі розривні і зсувні напруження в сипкому матеріалі, забезпечується згладжування флуктуацій вхідних потоків, їх розрідження і перетин в процесі руху по робочій поверхні диска.

На рис. 1 наведена конструктивна схема розробленого дозатора-змішувача сипких матеріалів.

Дозатор-змішувач сипких матеріалів працює наступним чином. Компоненти суміші завантажуються в окремі відсіки 4 накопичувального бункера 1. За допомогою заслінок 5 встановлюється необхідна продуктивність кожного дозатора. Під дією гравітаційних сил на диску 6 формуються окремі шари компонентів. Далі, при включенні електродвигуна 8, компоненти суміші під дією відцентрових сил розосереджуються по площині диска 6 і частково змішуються. При досягненні отворів, розташованих по периметру диска, частина сипких матеріалів просіюється через них і утворює окремі потоки, які в подальшому перетинаються із основним потоком. Взаємодія потоків з вивантажувальним кожухом, згідно з законом збереження кількості руху, веде до збільшення їх швидкостей, перетину траєкторій і досягнення турбулізації потоку на виході із змішувача, що створює умови для якісного їх змішування. Таким чином, виконання двох технологічних операцій дозування і змішування одним робочим органом дозволить значно знизити енергоємність процесу, металомісткість конструкції та експлуатаційні витрати.

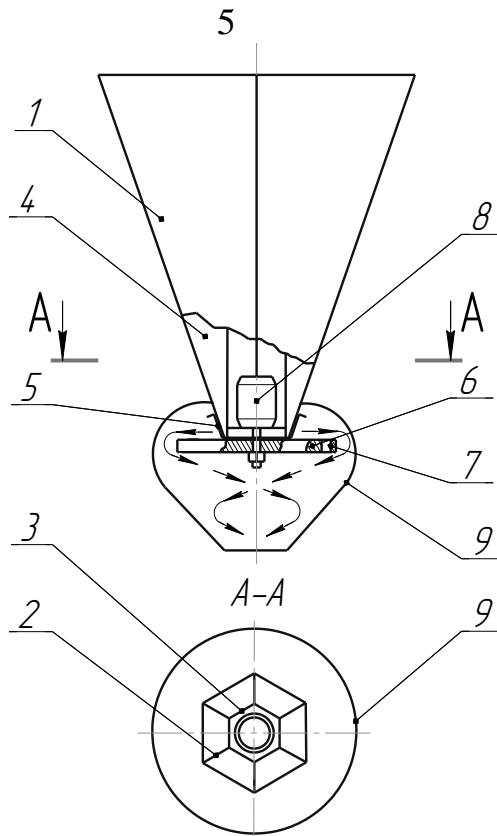


Рис. 1. Конструктивна схема дозатора-змішувача сипких матеріалів: 1 – бункер; 2 – перегородки бункера; 3 – труба призматична; 4 – відсіки компонентів; 5 – заслінки дозаторів; 6 – диск обертовий; 7 – отвори диска; 8 – електродвигун; 9 – кожух вивантажувальний

У другому розділі на основі законів механіки суцільного середовища щодо збереження маси і зміни кількості руху проведені теоретичні дослідження процесу дозування-змішування і визначено: швидкість руху сипкого матеріалу по обертовому диску в області бункера і за його межами, продуктивність дозатора-змішувача, необхідна потужність для його приводу та побудовані траєкторії руху частинок сипкого матеріалу по диску.

Розглянемо рух сипкого матеріалу, розташованого на поверхні горизонтального диска, радіусом R_1 , який обертається навколо вертикальної осі z із постійною кутовою швидкістю Ω (рис. 2).

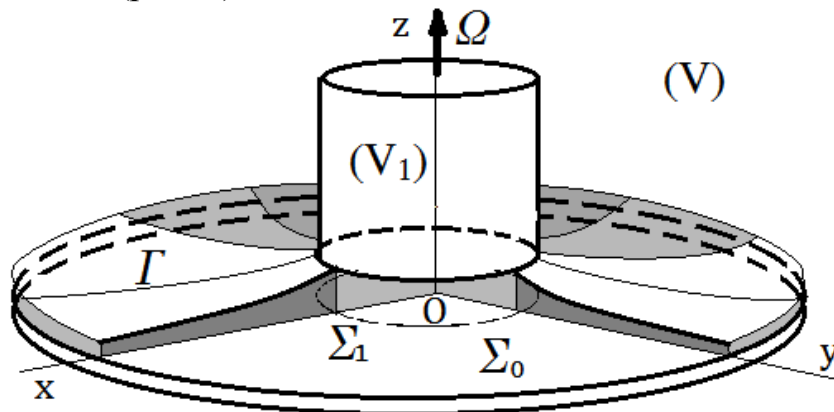


Рис. 2. Розрахункова схема динаміки руху сипкого матеріалу по поверхні диска дозатора-змішувача: (V_1) – об'єм бункера; Σ_1 – кільцева щілина; Σ_0 – поверхня диска; Γ – вільна поверхня

Сипкий матеріал поступає на диск із бункера V_1 через кільцеву щілину Σ_1 з деякою швидкістю, що визначається динамікою сипкого матеріалу в бункері, захоплюється диском з подальшим складним його рухом по поверхні диска за рахунок відцентрових сил в радіальному напрямку.

Для запису рівнянь динаміки сипкого матеріалу в циліндричній системі координат скористаємося виразами тензорів швидкостей деформацій і напруги в цій системі координат. Так тензор швидкостей деформацій $V = \{V_{ik}\}_{ik=1}^3$ матиме вигляд

$$V = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial r} v_r & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial r} v - \frac{v}{r} \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial z} v_r + \varepsilon \frac{\partial}{\partial r} v_z \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial r} v_\phi - \frac{v}{r} \right) & \frac{v_r}{r} & \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\partial}{\partial z} v_\phi \\ \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial z} v_r + \varepsilon \frac{\partial}{\partial r} v_z \right) & \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\partial}{\partial z} v_\phi & \frac{\partial}{\partial z} v_z \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де v_r, v_ϕ – радіальна і тангенціальна швидкості руху частинки сипкого матеріалу по диску; r, z – координати циліндричної системи координат; ε – малий параметр, який визначається співвідношенням $\varepsilon = H/L$, H – характерний лінійний розмір поперечного потоку сипкого матеріалу; L – характерний лінійний розмір впродовж потоку сипкого матеріалу.

Компоненти тензору напружень можна представити в наступному вигляді

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= -\frac{\alpha\beta}{\varepsilon^2} \left(\frac{\partial v}{\partial r} \right)^2; & \sigma_{12} &= 0; & \sigma_{13} &= -\frac{2\alpha}{\varepsilon} \frac{\partial v}{\partial r} \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\mu}{\varepsilon} \frac{\partial v_r}{\partial z}; \\ \sigma_{22} &= -\frac{\alpha\beta}{\varepsilon^2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2; & \sigma_{23} &= \frac{\mu}{\varepsilon} \frac{\partial v}{\partial z}; & \sigma_{33} &= \frac{\alpha(\beta+2)}{\varepsilon^2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2. \end{aligned} \quad (2)$$

де α, β – феноменологічні коефіцієнти; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості.

Після виділення головних членів в приведених співвідношеннях отримаємо крайову задачу, для розв'язання якої приймемо наступні граничні умови:

– на вільній поверхні $\Gamma: (z = F(r))$

$$v_z(r, F(r)) = v_r(r, F(r)) \frac{dF(r)}{dr}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} v = 0 \quad (z = F(r)); \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} v_r = 0 \quad (z = F(r)); \quad (5)$$

$$\frac{\partial v_\phi}{\partial z} = 0 \quad (z = F(r)), \quad (6)$$

– на дні потоку $\Sigma_0: (z = 0)$

$$\frac{\mu}{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial z} v_r - \frac{f_v \alpha (\beta + 2)}{\varepsilon^2} \left(\frac{\partial}{\partial z} v \right)^2 \frac{v_r}{\sqrt{v_r^2 + (v_\phi - \Omega r)^2}} = 0 \quad (z = 0); \quad (7)$$

$$\frac{\mu}{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial z} v_\varphi - \frac{f_v \alpha (\beta + 2)}{\varepsilon^2} \left(\frac{\partial}{\partial z} v \right)^2 \frac{v_\varphi - \Omega r}{\sqrt{v_r^2 + (v_\varphi - \Omega r)^2}} = 0 \quad (z = 0). \quad (8)$$

Проекція рівняння руху на радіальний напрямок приводить до рівняння

$$\left(-2(\beta + 1) \left(\frac{\partial}{\partial z} v \right) \frac{\partial^2}{\partial z \partial r} v - 2 \left(\frac{\partial}{\partial r} v \right) \frac{\partial^2}{\partial z^2} v \right) \alpha + \mu \frac{\partial^2}{\partial z^2} v_r = 0. \quad (9)$$

Проекції на трансверсальний і осьовий напрямки дають наступні вирази

$$\frac{\mu}{\varepsilon^2} \frac{\partial^2}{\partial z^2} v_\varphi = 0; \quad (10)$$

$$-\frac{2}{\varepsilon^4} \alpha (\beta + 2) \frac{\partial}{\partial z} v \frac{\partial^2}{\partial z^2} v - \frac{1}{\varepsilon} \rho g v = 0. \quad (11)$$

Рівняння нерозривності (закон збереження маси) в даному випадку матиме наступний вигляд

$$\frac{\partial}{\partial r} v v_r + \frac{v v_r}{r} + \frac{\partial}{\partial z} v v_z + \frac{\partial}{\partial z} v v_z = 0. \quad (12)$$

Скористаємося представленням рішень у вигляді полінома по змінній z таким чином, щоб виконувалися граничні умови (3) – (6).

Відповідні представлення рішень тоді матимуть наступний вигляд:

$$\begin{aligned} v(r, z) &= v_0 + N(r) \left(1 - \frac{z}{F(r)} \right)^2; \\ v_r(r, z) &= U_0(r) + U(r) \left(1 - \frac{z}{F(r)} \right)^2; \\ v_\varphi(r, z) &= V_0(r); \\ v_z(r, z) &= U_0(r) \frac{dF(r)}{dr} \frac{z}{F(r)}. \end{aligned} \quad (13)$$

Підставимо дані співвідношення (13) в рівняння (7) – (12). Проінтегруємо рівняння (9), (11), (12) по змінній z в межах від 0 до $F(r)$. Отримаємо

$$\frac{4\alpha\beta N^2}{3F^2} \frac{d}{dr} F - \frac{4\alpha(2\beta+3)N}{3F} \frac{d}{dr} N + \frac{2\mu}{F} U = 0; \quad (14)$$

$$4 \frac{\alpha(\beta+2)N^2}{F^2} - \frac{\rho g N F}{3} - \rho g v_0 F = 0; \quad (15)$$

$$\begin{aligned} &\left(\frac{v_0(3F^2 U_{gp} + 5F^2 U_0 g \rho + 20U \sqrt{A_1} + 60U_0 \sqrt{A_1})}{60\sqrt{A_1}} + \frac{F(3U + 5U_0)\sqrt{A_1}\varepsilon}{15\alpha(\beta+2)} \right) \frac{d}{dr} F + \left(\frac{v_0}{2} F + \frac{\sqrt{A_1} F^2}{10\alpha(\beta+2)} \right) \frac{d}{dr} U + \\ &+ \left(v_0 F + \frac{\sqrt{A_1} F^2}{6\alpha(\beta+2)} \right) \frac{d}{dr} U_0 + \frac{v_0 F(U + 3U_0)}{3r} + \frac{F^2(3U + 5U_0 \sqrt{A_1})}{30(\beta+2)ra} = 0, \end{aligned} \quad (16)$$

де $A_1 = A_1(r) = \alpha g v_0 \rho (\beta + 2) F(r)$.

Продиференціюємо рівняння (7), (8) по змінній r . Отримаємо два додаткові рівняння, які мають перші похідні функцій $U_0(r), U(r), V_0(r), F(r)$ по змінній r . Тоді рівняння (14), (16) разом з отриманими в результаті диференціювання рівнянь (7), (8) складуть собою систему звичайних диференціальних рівнянь першого порядку відносно змінних $U_0(r), U(r), V_0(r), F(r)$

$$\begin{cases} \alpha_{11} \frac{dU_0}{dr} + \alpha_{12} \frac{dU}{dr} + \alpha_{13} \frac{dV_0}{dr} + \alpha_{14} \frac{dF}{dr} = f_1; \\ \alpha_{21} \frac{dU_0}{dr} + \alpha_{22} \frac{dU}{dr} + \alpha_{23} \frac{dV_0}{dr} + \alpha_{24} \frac{dF}{dr} = f_2; \\ \alpha_{31} \frac{dU_0}{dr} + \alpha_{32} \frac{dU}{dr} + \alpha_{33} \frac{dV_0}{dr} + \alpha_{34} \frac{dF}{dr} = f_3; \\ \alpha_{41} \frac{dU_0}{dr} + \alpha_{42} \frac{dU}{dr} + \alpha_{43} \frac{dV_0}{dr} + \alpha_{44} \frac{dF}{dr} = f_4. \end{cases}, \quad (17)$$

Для однозначного розв'язання системи рівнянь (17) задаємо наступні початкові умови:

$$\begin{aligned} F(0) = F_0; \quad U_0(0) = u_{00}; \quad U(0) = u_0; \\ V_0(0) = V_{00}; \quad V(0) = V_0; \quad N(0) = N_0. \end{aligned} \quad (18)$$

Розподілення швидкостей руху сипкого матеріалу уздовж осі Oz в циліндричній системі координат розкладаються по базису цієї системи координат наступним чином:

$$\vec{v} = \vec{e}_r v_r(r, z) + \vec{e}_\varphi v_\varphi(r, z) + \vec{e}_z v_z(r, z), \quad (19)$$

а траєкторії руху частинок сипкого матеріалу по поверхні диска описуються векторним диференціальним рівнянням:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}(r, z), \quad (20)$$

де $\vec{r} = r\vec{e}_r(\varphi) + z\vec{e}_z$ – радіус-вектор довільної точки з координатами (r, φ, z) в циліндричній системі координат; $\vec{e}_r(\varphi), \vec{e}_\varphi(\varphi), \vec{e}_z$ – орти системи координат.

Проінтегруємо по часу радіус-вектор \vec{r} і, підставивши отриманий вираз разом із рівнянням (19) в рівняння (20), матимемо рівність:

$$\frac{dr}{dt} \vec{e}_r + r \frac{d\varphi}{dt} \vec{e}_\varphi + \frac{dz}{dt} \vec{e}_z = v_r \vec{e}_r + v_\varphi \vec{e}_\varphi + v_z \vec{e}_z. \quad (21)$$

Прирівнявши коефіцієнти при однакових ортах, отримаємо наступну систему звичайних диференціальних рівнянь, які описують траєкторію руху частинок сипкого матеріалу:

$$\begin{cases} \frac{dr}{dt} = v_r(r, z); \\ \frac{d\varphi}{dt} = \frac{v_\varphi}{r}(r, z); \\ \frac{dz}{dt} = v_z(r, z). \end{cases} \quad (22)$$

Для визначення однозначного розв'язання цієї системи задаємо наступні початкові умови:

$$r(0) = r_0, \quad \varphi(0) = \varphi_0, \quad z(0) = z_0. \quad (23)$$

Розв'язок задач (17), (18), (22) і (23) виконано числовим методом Рунге-Кутта.

В результаті числового розв'язку наведених задач побудовані траєкторії руху частинок сипкого корму по поверхні робочого диска в області бункера та за його межами (рис. 3).

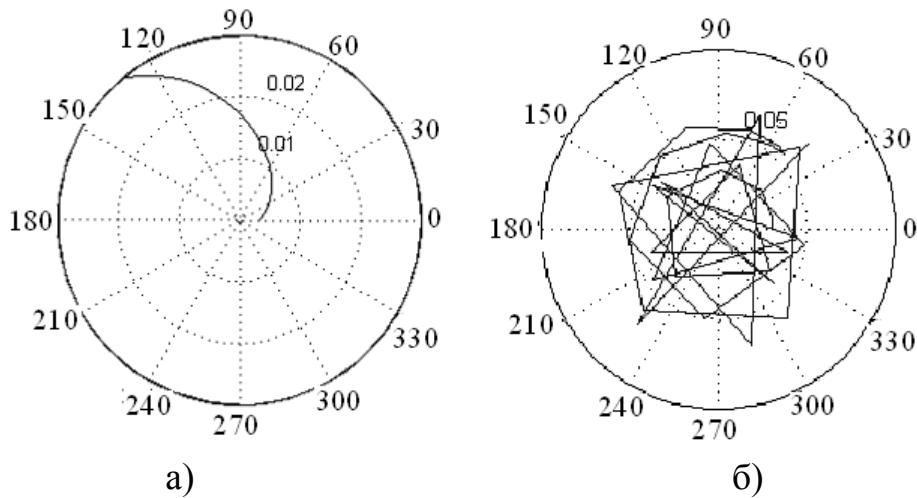


Рис. 3. Траєкторії руху частинки сипкого матеріалу по диску: а) – в області бункера, б) – за межами бункера

Встановлено, що траєкторії руху сипкого матеріалу по поверхні диска за межами бункера мають хаотичний характер, що підтверджує гіпотезу про змішування компонентів суміші в області диска.

Графічно визначені залежності радіальної і тангенсальної швидкостей частинки сипкого матеріалу від радіуса її розміщення на поверхні диска при різних значеннях кутової швидкості його обертання (рис. 4).

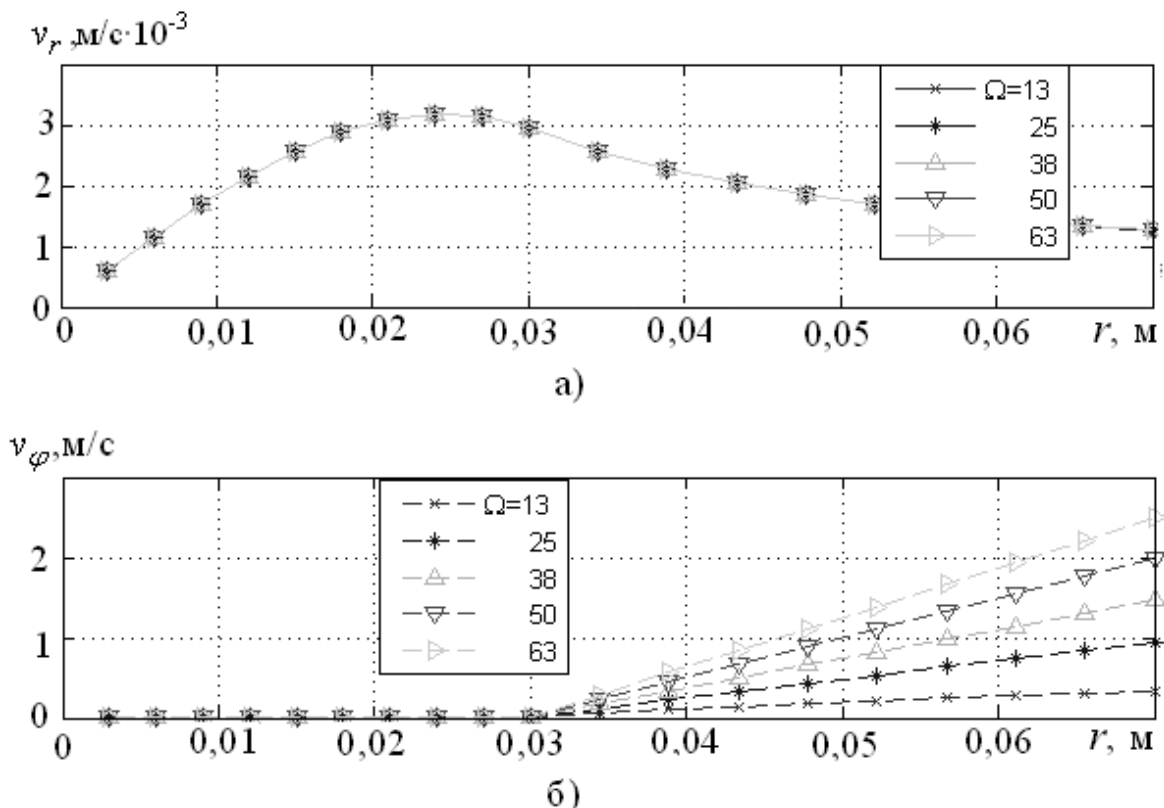


Рис. 4. Залежності: а) радіальної і б) тангенсальної швидкостей руху частинки сипкого матеріалу від радіусу розташування її на поверхні диска

Встановлено, що при збільшенні радіуса від 0,005 до 0,025 м (в межах бункера) радіальна швидкість руху частинки сипкого матеріалу по поверхні диска зростає від $(0,5 \text{ до } 3,3) \cdot 10^{-3}$ м/с, а за межами бункера зменшується від $(3,3 \text{ до } 1,3) \cdot 10^{-3}$ м/с, при збільшенні радіуса від 0,025 до 0,07 м. Транверсальна швидкість в межах бункера практично дорівнює нулю, а за межами бункера зростає від 0,1 до 2,5 м/с при кутовій швидкості обертання диска 63 рад/с.

Для визначення швидкості руху сипкого матеріалу через вивантажувальний отвір складемо рівняння динаміки елементарного об'єму $\Delta V = r\Delta\varphi\Delta rH$ (рис. 5).

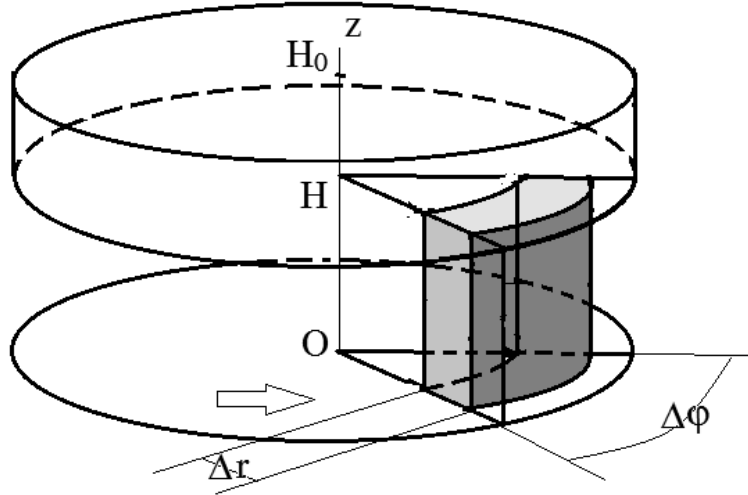


Рис. 5. Розрахункова схема для визначення швидкості руху частинок сипкого матеріалу через вивантажувальний отвір

При цьому, величина тиску стовпа сипкого матеріалу висотою H_0 на площадку диска розміром $\Delta\Sigma = r\Delta\varphi\Delta r$ буде дорівнювати

$$\Delta\vec{P} = -\vec{e}_z p(0)\Delta\Sigma = -\vec{e}_z \gamma g H_0 r \Delta\varphi \Delta r. \quad (24)$$

Тоді, об'єм ΔV буде зазнавати дію сили тертя $\Delta\vec{T}$, яка протилежно направлена відносно швидкості частинки сипкого матеріалу

$$\Delta\vec{T} = -f_v \gamma r \Delta\varphi \Delta r H_0 \frac{\vec{r} - \Omega r \vec{e}_\varphi}{|\vec{r} - \Omega r \vec{e}_\varphi|}. \quad (25)$$

Рівняння динаміки для елементарного об'єму ΔV визначається другим законом Ньютона

$$\Delta m \vec{\ddot{r}} = \Delta\vec{T} + \Delta\vec{P} + \Delta\vec{N}, \quad (26)$$

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

Продиференціювавши радіус-вектор $\vec{r} = \vec{r}(t) = r(t)\vec{e}_r[\varphi(t)]$ по часу, отримаємо вирази для швидкості і прискорення елементарного об'єму ΔV

$$\begin{aligned} \vec{\dot{r}} &= \dot{r}\vec{e}_r + r(\dot{\varphi} - \Omega)\vec{e}_\varphi; \\ \vec{\ddot{r}} &= (\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2)\vec{e}_r + (r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi})\vec{e}_\varphi. \end{aligned} \quad (27)$$

Підставив формули (24), (25) і (27) в рівняння (26) отримаємо наступні рівняння:

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

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

$$\Delta N = \gamma g H_0 r \Delta \phi \Delta r.$$
(28)

Для визначення однозначного розв'язку (28) задаємо наступні початкові умови:

$$r(0) = r_0, \quad \dot{r}(0) = r_1, \quad \phi(0) = 0, \quad \dot{\phi}(0) = \Omega r_0. \quad (29)$$

Результати чисельного вирішення задачі (28), (29) по визначенню продуктивності дозатора-змішувача наведені у вигляді графічних залежностей (рис. 6).

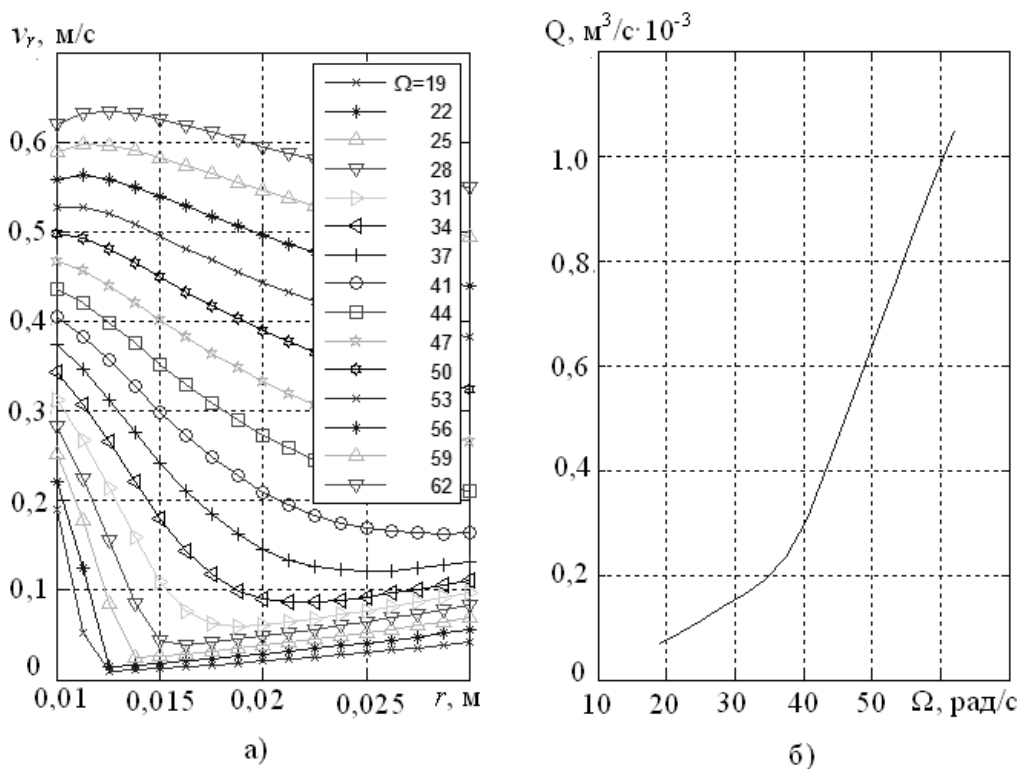


Рис. 6. Залежності: а) – швидкості руху сипкого матеріалу в області вивантажувального отвору від радіуса при $\Omega=19\dots62$ рад/с; б) – продуктивності дозатора-змішувача від кутової швидкості обертання диска

Встановлено, що при радіусі розташування вивантажувального отвору $r=0,03$ м при збільшенні кутової швидкості обертання диска від 19 до 62 рад/с швидкість руху сипкого матеріалу в області вивантажувального отвору збільшується від 0,04 до 0,55 м/с і відповідно збільшується продуктивність дозатора-змішувача від $(0,01$ до $1,01) \cdot 10^{-3}$ м³/с.

Для визначення потужності двигуна приводу дозатора-змішувача розглянемо динаміку диска по поверхні якого рухається шар сипкого матеріалу (рис.7).

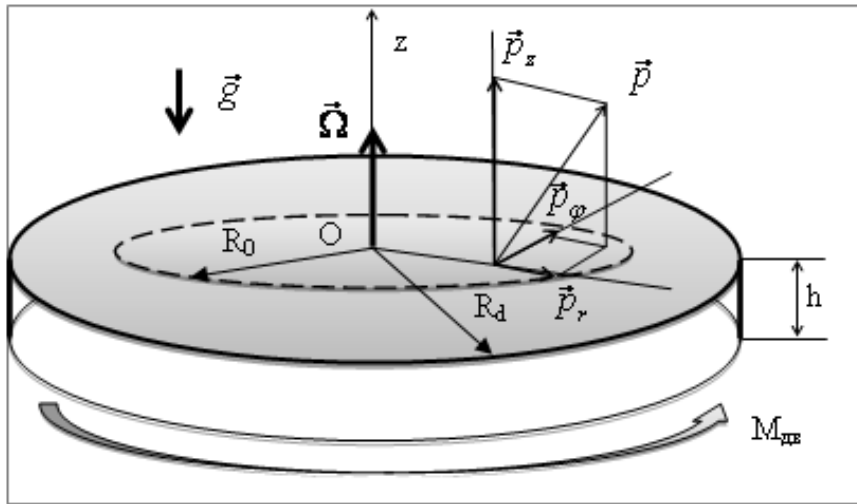


Рис. 7. Розрахункова схема визначення потужності двигуна для приводу дозатора-змішувача

На диск діють сила тяжіння g , поверхневі сили \vec{p} з боку сипкого матеріалу і крутний осьовий момент сил $M_{\text{дв}}$ з боку двигуна.

Застосуємо до диска теорему про зміну кінетичної енергії

$$\frac{dK}{dt} = N^e + N^i, \quad (31)$$

де N^e, N^i – потужності зовнішніх і внутрішніх сил; K – кінетична енергія прямого кругового циліндра

$$K = \frac{\rho_d}{2} \int_{V_d} v^2 dV, \quad (32)$$

де ρ_d – щільність матеріалу диска; $v^2 = |\vec{v}|^2 = |\vec{\Omega} \times \vec{r}|^2 = |\Omega \vec{e}_z \times (r\vec{e}_r + z\vec{e}_z)|^2 = |\Omega r \vec{e}_\phi|^2 = \Omega^2 r^2$ – квадрат швидкості руху точки диска, який має радіус-вектор $\vec{r} = r\vec{e}_r + z\vec{e}_z$; V_d – об'єм диска.

Потужності зовнішніх сил складаються із потужності масових сил N_m^e і потужності поверхневих сил N_p^e , які відповідно дорівнюють:

$$N_m^e = \int_{V_d} \rho \vec{g} \cdot \vec{v} dV = - \int_{V_d} \rho g \vec{e}_z \cdot (\vec{\Omega} \times \vec{r}) dV = - \int_{V_d} \rho g \Omega \vec{e}_z \cdot (\vec{e}_z \cdot \vec{r}) dV = 0, \quad (33)$$

$$N_p^e = \int_{\Sigma_0} \vec{p} \cdot \vec{v} d\Sigma = \int_{\Sigma_0} (\vec{p}_n + \vec{p}_r + \vec{p}_\phi) \cdot [\vec{\Omega} \times (r\vec{e}_r + z\vec{e}_z)] d\Sigma = 2\pi\Omega \left[\int_0^{R_0} p_\phi^b r^2 dr + \int_{R_0}^{R_d} p_\phi^d r^2 dr \right], \quad (34)$$

де p_ϕ^b – тиск сипкого матеріалу на диск; p_ϕ^d – тиск, який діє при переміщенні сипкого матеріалу по диску. Відповідно, для стаціонарного руху диску ліва частина рівняння (31) дорівнює нулю. Тоді потужність двигуна буде виражатися наступним співвідношенням

$$N_{\text{дв}} = N_p^e = 2\pi\Omega \left[\int_0^{R_0} p_\phi^b r^2 dr + \int_{R_0}^{R_d} p_\phi^d r^2 dr \right]. \quad (35)$$

Графічні залежності результатів розв'язання задачі наведені на рис. 8.

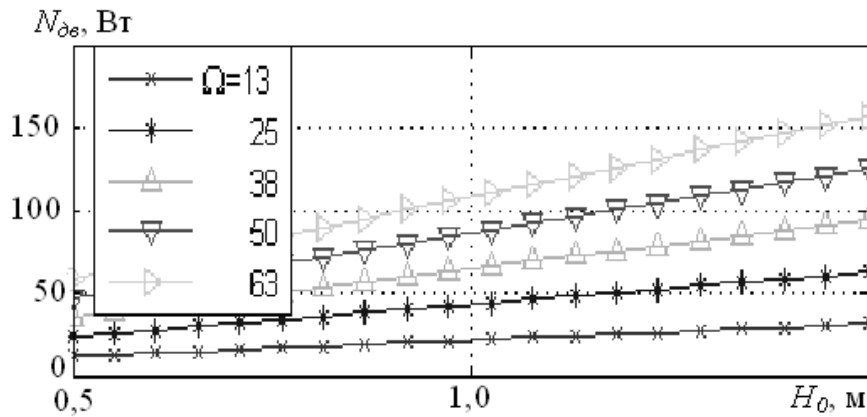


Рис. 8. Залежності потужності електродвигуна привода дозатора-змішувача від висоти сипкого матеріалу в бункері при $\Omega = 13 \dots 63$ рад/с

Встановлено, що при збільшенні висоти сипкого матеріалу в бункері від 0,5 до 1,5 м потужність приводу збільшується від 48 до 125 Вт, а зростання кутової швидкості обертання диска від 13 до 63 рад/с зумовлює збільшення потужність приводу від 28 до 160 Вт.

У третьому розділі наведено програму проведення експериментальних досліджень, описано конструктивні особливості експериментальної установки для дослідження процесу дозування-змішування та приладів для дослідження механіко-технологічних властивостей компонентів комбікормів, наведено методику проведення експериментальних досліджень та обробки їх результатів. Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження процесу дозування-змішування наведено на рис. 9.



Рис. 9. Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження процесу дозування-змішування сипких матеріалів: 1 – рама; 2 – дозатор-змішувач; 3 – пробовідбірник; 4 – контрольно-вимірювальний комплекс; 5 – накопичувальний бункер

Якість процесу змішування компонентів комбікормів (однорідність змішування), як багатокомпонентної суміші, визначали за допомогою контрольного компонента, який вводили в суміш, приймаючи при цьому суму всіх інших за другий компонент. Розрахунки виконували в наступній послідовності:

$$\bar{\chi} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \chi_i}{n}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi})^2}{n-1}}; \quad \eta_H = \frac{\sigma}{\bar{\chi}} \cdot 100; \quad \eta_{od} = 100 - \eta_H, \quad (36)$$

де $\bar{\chi}$ – середнє арифметичне; n – кількість відібраних проб; χ_i – окреме значення варіювальної ознаки; σ – середнє квадратичне відхилення; η_H – коефіцієнт варіації (нерівномірність змішування); η_{od} – однорідність змішування.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень та їх аналіз. Експериментально визначені механіко-технологічні властивості компонентів комбікормів мають наступні діапазони значень: об'ємна щільність дерті ячменю 510...590 кг/м³, кукурудзи – 620...640 кг/м³, пшениці – 600...630 кг/м³, вівса – 450...470 кг/м³, гороху – 640-670 кг/м³, зерна проса – 710...760 кг/м³; коефіцієнти зовнішнього і внутрішнього тертя сипкого матеріалу відповідно становлять: $f_3=0,32...0,45$, $f_6=0,50...0,68$, середній розмір частинок знаходиться в межах 0,8...1,9 мм; коефіцієнт динамічної в'язкості дорівнює $\mu=43,5...56,2$ кПа·с.

Порівнянням результатів теоретичних та експериментальних залежностей продуктивності дозатора-змішувача і питомої енергоємності процесу (рис.10) від кутової швидкості обертання диска підтверджена адекватність математичних моделей з довірчою ймовірністю 95%, оскільки експериментальний критерій Фішера менше табличного ($K_{\phi e}=0,833 < K_{\phi m}=2,1284$).

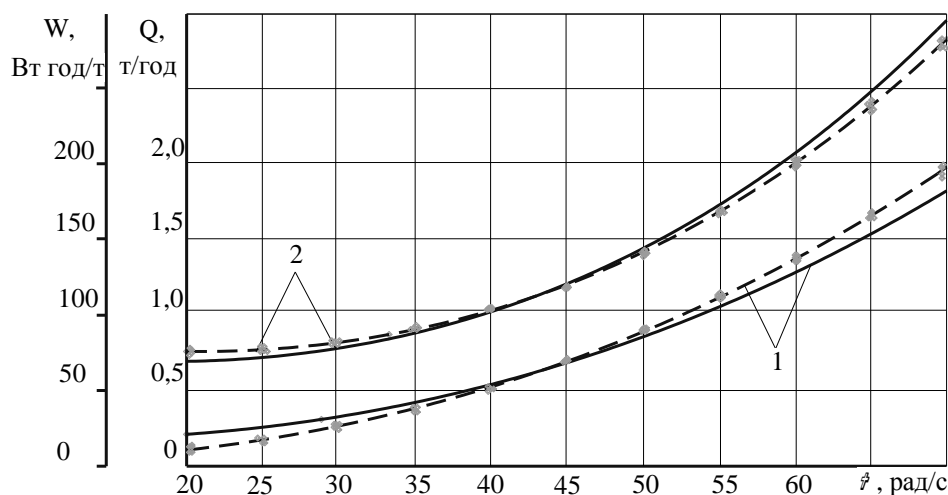


Рис. 10. Порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень: 1 – продуктивність дозатора-змішувача; 2 – питома енергоємність процесу; ----- – експериментальні дослідження; ——— – теоретичні дослідження

Виконаним аналізом отриманих залежностей (рис. 10) встановлено, що при збільшенні кутової швидкості обертання диска від 20 до 70 рад/с продуктивність дозатора-змішувача зростає від 0,2 до 1,9 т/год з одночасним зростанням питомої енергоємності процесу від 75 до 295 Вт год/т.

Застосуванням методики планування факторного експерименту за критерієм оптимізації – однорідність змішування, одержано рівняння регресії у наступному вигляді:

$$Y=97,1667-0,5500x_1-0,7292x_2+2,5292x_3+1,6583x_1x_2-0,2583x_1x_3+0,1833x_2x_3-5,3167x_1^2-2,9146x_2^2-3,3271x_3^2, \quad (37)$$

де x_1 – кутова швидкість обертання робочого диска; x_2 – радіус робочого диска; x_3 – «живий» перетин перфорованої частини диска.

У результаті канонічного перетворення рівняння регресії до стандартного вигляду і залучення пакета програми «Matlab» побудовані поверхні відгуків і їх двовірні перетини (рис. 11).

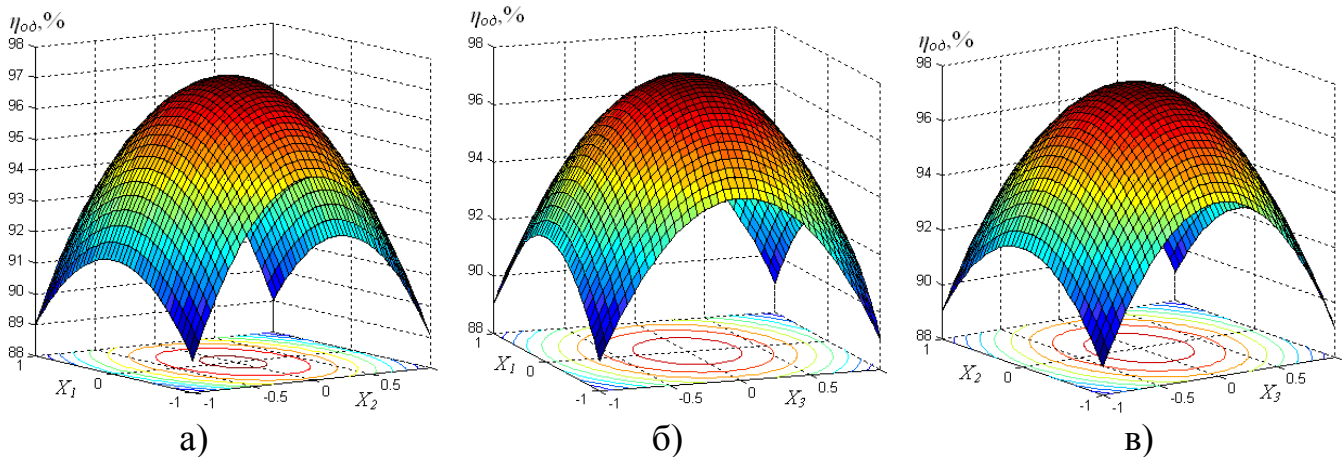


Рис. 11. Залежності ефективності процесу дозування-змішування від:
 а) кутової швидкості обертання робочого диска і його радіусу;
 б) кутової швидкості обертання робочого диска і його «живого» перетину перфорованої частини;
 в) радіусу диска і його «живого» перетину перфорованої частини

Встановлені оптимальні значення факторів: кутова швидкість обертання робочого диска $\Omega=41,5$ рад/с; радіус робочого диска $r_d=0,089$ м; «живий» перетин перфорованої частини диска $S=0,72$ при максимальній ефективності дозування-змішування $\eta_{од}=97,4\%$.

У п'ятому розділі наведено результати виробничих випробувань розробленого дозатора-змішувача в умовах ПСП «Нива» Коропського району Чернігівської області при приготуванні комбікормів для відгодівельної свиноферми на 500 голів. Встановлено, що однорідність комбікормів відповідає зоотехнічним вимогам і досягає 97,4%. Питома енергоємність процесу знижена з 5 до 0,3 кВт. год./т. Річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат становить більше 18 тис. гривень, додатковий, за рахунок підвищення продуктивності тварин – більше 46 тис. гривень.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, що полягає в математичному моделюванні процесу дозування-змішування компонентів комбікормів та обґрунтуванні параметрів нової конструкції дозатора-змішувача. Це дозволило підвищити продуктивність та якість процесу дозування-змішування компонентів комбікормів при значному зниженні його енергоємності.

Головними підсумками виконаної роботи є наступні результати:

1. На основі проведеного аналізу відомих конструкцій дозаторів-змішувачів сипких матеріалів, результатів досліджень процесів дозування-змішування встановлено, що існуючі конструкції дозаторів-змішувачів для приготування кормових сумішей, зокрема комбікормів, в неповній мірі відповідають сучасним зоотехнічним вимогам по їх однорідності, мають велику питому енергоємність процесу та металомісткість конструкцій і потребують значних експлуатаційних витрат. Для інтенсифікації процесу дозування-змішування компонентів комбікормів і забезпечення необхідної їх якості запропоновано нову конструкцію дозатора-змішувача, в який за рахунок дії відцентрових сил інерції, що створюють великі розривні і зсувні напруження в сипкому матеріалі, забезпечується згладжування флуктуацій вхідних потоків, їх розрідження і перетин в процесі руху по робочий поверхні диска.

2. Математичним моделюванням динаміки сипкого матеріалу в зоні формування дози при його взаємодії з обертовим диском одержано залежності радіальної і трансверсальної швидкостей від радіуса розташування частинки сипкого матеріалу на диску і кутової швидкості його обертання. Встановлено, що:

– при збільшенні радіуса від 0,005 до 0,025 м (в межах бункера) радіальна швидкість руху частинки сипкого матеріалу по поверхні диска зростає від $(0,5 \text{ до } 3,3) \cdot 10^{-3}$ м/с, а за межами бункера зменшується від $(3,3 \text{ до } 1,3) \cdot 10^{-3}$ м/с, при збільшенні радіуса від 0,025 до 0,07 м;

– трансверсальна швидкість в межах бункера практично дорівнює нулю, а за межами бункера зростає від 0,1 до 2,5 м/с при кутовій швидкості обертання диска 63 рад/с;

– траєкторії руху сипкого матеріалу по поверхні диска, за межами бункера мають хаотичний характер, що підтверджує гіпотезу про змішування компонентів суміші на поверхні диска;

– збільшення кутової швидкості обертання диска від 19 до 62 рад/с викликає збільшення абсолютної швидкості руху сипкого матеріалу в області вивантажувального отвору від 0,04 до 0,55 м/с і відповідно збільшується продуктивність дозатора-змішувача від $(0,01 \text{ до } 1,01) \cdot 10^{-3}$ м³/с.

3. Моделюванням динаміки робочого диска дозатора-змішувача при взаємодії його з сипким матеріалом отримані залежності енергоємності процесу від висоти сипкого матеріалу в бункері і кутової швидкості обертання диска. Встановлено, що при збільшенні висоти сипкого матеріалу в бункері від 0,5 до 1,5 м потужність приводу збільшується від 48 до 125 Вт, а зростання кутової швидкості обертання диска від 13 до 63 рад/с визиває збільшення потужність приводу від 28 до 160 Вт.

4. Експериментально визначені механіко-технологічні властивості компонентів комбікормів мають наступні діапазони значень: об'ємна щільність дерті ячменю 510...590 кг/м³; кукурудзи – 620...640 кг/м³; пшениці – 600...630 кг/м³; вівса – 450...470 кг/м³; гороху – 640...670 кг/м³; зерна проса – 710...760 кг/м²; коефіцієнти зовнішнього і внутрішнього тертя сипкого матеріалу, відповідно, становлять $f_3=0,32 \dots 0,45$; $f_B=0,50 \dots 0,68$; середній розмір частинок знаходиться в межах 0,8...1,9 мм; коефіцієнт динамічної в'язкості – $\mu=43,5 \dots 56,2$ кПа с.

5. Порівнянням результатів теоретичних та експериментальних досліджень продуктивності дозатора-змішувача і питомої енергоємності процесу від кутової

швидкості обертання диска підтверджена адекватність математичних моделей з довірчою ймовірністю 95%, оскільки експериментальний критерій Фішера менше табличного ($K_{\phi e}=0,833 < K_{\phi m}=2,1284$).

6. Експериментальними дослідженнями процесу дозування-змішування компонентів комбікормів розробленою конструкцією дозатора-змішувача, встановлено, що при збільшенні кутової швидкості обертання диска від 20 до 70 рад/с продуктивність дозатора-змішувача зростає від 0,2 до 1,9 т/год. з одночасним зростанням питомої енергоємності процесу від 75 до 295 Вт год/т.

7. Комплексним аналізом результатів теоретичних та експериментальних досліджень і проведеного факторного експерименту визначені оптимальні значення конструктивно-кінематичних параметрів дозатора-змішувача: кутова швидкість обертання робочого диска $\Omega=41,5$ рад/с; радіус диска $r_d=0,089$ м; «живий» перетин перфорованої частини диска $S=0,72$, які забезпечують однорідність комбікормів $\eta_{од}=97,4\%$.

8. Виробничими випробуваннями розробленого дозатора-змішувача в умовах ПСП «Нива» Коропського району Чернігівської області при приготуванні комбікормів для відгодівельної свиноферми на 500 голів встановлено, що однорідність комбікормів, яка характеризує ефективність процесу, відповідає зоотехнічним вимогам і становить 97,4%. Питома енергоємність процесу знижена з 5 до 0,3 кВт год/т. Річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат становить більше 18 тис. гривень, додатковий, за рахунок підвищення продуктивності тварин – більше 46 тис. гривень.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Бойко Д.І. Шляхи інтенсифікації процесів приготування комбікормів / Д.І. Бойко, О.А. Науменко, Т.Г. Щур // Технічні системи і технології тваринництва. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 144. – С. 3–7.

2. Бойко Д.І. Критерії і способи оцінки якості змішування компонентів комбікормів / Д.І. Бойко, О.А. Науменко // Технічні системи і технології тваринництва. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 157. – С. 19–27.

3. Бойко Д.І. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми багатокомпонентного дозатора-змішувача інгредієнтів комбікормів / Д.І. Бойко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – Вип. 45 ч. 1. – С. 284–290.

4. Бойко Д.І. Рівняння динаміки сипкого матеріалу в робочій зоні змішувача та його рішення / Д.І. Бойко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – №3. – С.75 – 84.

5. Бойко Д.І. Математичне моделювання руху сипкого матеріалу по поверхні диска змішувача / Д.І. Бойко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та

транспортного комплексів. Науковий журнал ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – №4. – С.202 – 209.

6. Бойко Д.І. Математичне моделювання швидкого гравітаційного руху інгредієнтів комбікормів при їх змішуванні / Д.І. Бойко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – К.: НУБІП, 2016. – Вип. 241. – С. 213–219.

Вітчизняні патенти

7. Патент 46543 Україна, МПК А23N 17/00, G01F 11/00. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих кормів / Бойко Д.І.; заявник і патентовласник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – №u200907239; заявл. 10.07.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. №24.

8. Патент 53255 Україна, МПК А23N 17/00, G01F 11/00. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів / Бойко Д.І.; заявник і патентовласник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – №u201005233; заявл. 29.04.2010; опубл. 27.09.2010, Бюл. №18.

9. Патент 98996 Україна, МПК А23N 17/00, G01F 11/00. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів / Бойко Д.І., Науменко О.А., Нанка О.В.; заявник і патентовласник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – №u2014 13564; заявл. 17.12.2014; опубл. 12.05.2015, Бюл. №9.

Статті в збірниках матеріалів та тези доповідей

10. Бойко Д.І. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій / Д.І. Бойко // Матеріали Міжнародного форуму молодіжи «Молодежь и сельскохозяйственная техника XXI века». Харків: ХНТУСХ, 2010. – С. 49.

11. Бойко Д.І. Енергозбереження при змішуванні сипучих кормів / Д.І. Бойко, О.А. Науменко // Матеріали VI-ої Міжнародної студентської науково-практичної конференції «Перспективна техніка і технологія – 2010». Миколаїв: МНАУ, 2010. – С. 37–41.

12. Бойко Д.І. Енергозбереження при приготуванні комбікормів / Д.І. Бойко // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перші наукові кроки». Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2011. – С. 50.

13. Бойко Д.І. Розробка конструкції багатокомпонентного дозувально-змішувального пристрою для приготування комбікормів // Матеріали Міжнародного форуму молодіжи «Молодежь и сельскохозяйственная техника XXI века». Харків: ХНТУСХ, 2013. – С. 43.

14. Бойко Д.И. Осесимметричная задача о движении потока сыпучего материала по диску смесителя / Д.И. Бойко / Тезисы докладов на международной конференции «Современные проблемы естественных наук. Тараповские чтения-2016». Харків: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2016. – С. 83–84.

Статті у зарубіжних виданнях

15. Бойко Д.И. Энергосберегающее устройство для приготовления комбикормов / Д.И. Бойко // Матеріали Міжнародної студентської конференції. Белгород: ФГБОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, 2011. – С. 107.

16. Бойко Д.И. Повышение эффективности процессов дозирования и смешивания компонентов комбикормов / Д.И. Бойко, А.А. Науменко // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. – Vol. 17, No 7. – Lublin – Rzeszow, 2015. – С. 99–103.

АНОТАЦІЇ

Бойко Д.І. Розробка конструкції, обґрунтування параметрів і режимів роботи робочих органів дозатора-змішувача компонентів комбікормів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені П. Василенка. Харків, 2016.

У дисертації вирішене науково-прикладне завдання, яке направлене на підвищення ефективності дозування-змішування компонентів комбікормів шляхом обґрунтування параметрів процесу та розробки нової конструкції дозатора-змішувача, в якому за рахунок дії відцентрових сил інерції забезпечено згладжування флуктацій вхідних потоків компонентів комбікормів, їх розосередження і рух по поверхні робочого диску тонкими шарами по траєкторіям, які перетинаються. Для розрахунку технологічних показників процесу дозування-змішування вперше одержані математичні залежності продуктивності та енергоємності процесу від конструктивно-кінематичних параметрів дозатора-змішувача. Виконано комплексне обґрунтування параметрів дозатора-змішувача з урахуванням технологічних показників процесу і механіко-технологічних властивостей компонентів комбікормів. Виробничими випробуваннями розробленого дозатора-змішувача при приготуванні комбікормів для відгодівельної свиноферми на 500 голів встановлено, що однорідність комбікормів, яка характеризує ефективність процесу, відповідає зоотехнічним вимогам і становить 97,4%. Питома енергоємність процесу знижена з 5 до 0,3 кВт год./т.

Ключові слова: компоненти комбікормів, процес дозування-змішування, енергоємність, інтенсифікація, ефективність.

Бойко Д.И. Разработка конструкции, обоснование параметров и режимов работы рабочих органов дозатора-смесителя компонентов комбикормов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П. Василенка. Харьков, 2016.

В диссертации решено научно-прикладное задание, которое направлено на повышение эффективности дозирования-смешивания компонентов комбикормов, путем обоснования параметров процесса и разработки новой конструкции дозатора-смесителя, в которой за счет действия центробежных сил инерции обеспечено сглаживание флуктаций входных потоков компонентов комбикормов, их рассредоточение и движение по поверхности рабочего диска тонкими слоями по пересекающимся траекториям. Проведенным анализом известных конструкций

дозаторов-смесителей, результатов исследований процессов дозирования-смешивания установлено, что существующие конструкции дозаторов-смесителей для приготовления кормовых смесей, в частности комбикормов, в неполной мере отвечают современным требованиям, в частности зоотехническим по однородности комбикормов, имеют большую удельную энергоёмкость процесса и металлоёмкость конструкций и имеют значительные эксплуатационные затраты в процессе эксплуатации. Выполненными теоретическими исследованиями нелинейной динамики сыпучей среды в зоне формирования дозы получены математические зависимости производительности дозатора-смесителя от конструктивно-кинематических параметров и механико-технологических свойств компонентов комбикормов. Моделированием динамики рабочего органа дозатора-смесителя получены зависимости энергоёмкости процесса от угловой скорости его вращения. Выполненными экспериментальными исследованиями установлены зависимости производительности, энергоёмкости и однородности комбикормов от конструктивных и кинематических параметров дозатора-смесителя. Сравнением результатов теоретических и экспериментальных исследований подтверждена адекватность математических моделей. Методом планирования экспериментов определены оптимальные конструктивно-кинематические параметры дозатора-смесителя. Производственными испытаниями установлено, что однородность комбикормов отвечает зоотехническим требованиям и равна 97,4%. Энергоёмкость процессу снижена от 5 до 0,3 кВт час/т.

Ключевые слова: компоненты комбикормов, процесс дозирования-смешивания, энергоёмкость, интенсификация, эффективность.

D.I. Boiko. Development of construction, ground of parameters and modes of operations of working organs of device-mixer of components of the mixed fodders. – Manuscript.

Dissertation for a candidate degree in specialty 05.05.11 – machines and mechanization of agricultural production. – Kharkiv National Technical University of Agriculture named after P. Vasilenko. Kharkiv, 2016.

The dissertation solved scientific and practical task, which is aimed at improving the efficiency of dosing, blending components of animal feed through the grounding of process parameters and development of new design dispenser-mixer, which by the action of centrifugal forces of inertia will ensure smooth fluctuations input flows component of animal feed, their dispersal and movement on the surface of the disk in thin layers trajectory, which overlap. To calculate the technological parameters of the process of batching, mixing first got math performance and power consumption depending on the process of structural and kinematic parameters of dispenser-mixer. Comprehensive grounding of dispenser-mixer parameters completed considering technological parameters of process and mechanical-technological properties of the components of the feed. Production tests of designed dispenser-mixer in the preparation of feed for fattening pig farm for 500 heads found that the uniformity of feed, which characterizes the efficiency of the process meets the requirements of zoo-technical and is 97,4%. Specific energy consumption of process reduced from 5 to 0.3 kW. hour/tonn (16 times).

Keywords: components of animal feed, the process of dispensing, mixing, energy consumption, intensification, efficiency.

Підписано до друку 23 листопада 2016 року Формат паперу 60×84 1/16

Умов. друк. Арк. 0,9. Папір офсетний. Наклад. 100 прим. Зам. 36

Друк РІЗО

Копіцентр «Влавке», м. Харків, 61002, вул. Раднаркомівська, 10
Свідоцтво про державну реєстрацію ю. о. ВОЗ №100291