

УДК 631.3.02-52.001.57

С.О. Квітка, доц., канд. техн. наук, Д.М. Нестерчук, доц., канд. техн. наук, О.С. Квітка, асп.

*Таврійський державний агротехнологічний університет, м.Мелітополь, Україна,  
E-mail: dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua*

## Електроакустична система дозування компонентів кормових сумішей

Розглянуті питання щодо дослідження процесу дозування компонентів кормових сумішей дозаторами безперервної дії. Для компенсації відхилень витрати кормових сумішей від заданого значення, які виникають в процесі дозування, розроблена система керування процесом дозування за допомогою замкнутої системи регулювання, в якій передбачений електропривод, що забезпечує плавне регулювання швидкості барабана дозуючого пристрою.

Наведені результати статистичного аналізу обробки потоків ячмінного борошна.

Застосування запропонованої системи дозування компонентів кормових сумішей дозволило забезпечити дозування дрібнофракційних компонентів кормових сумішей з похибкою, яка не перевищує  $\pm 3\%$ , що свідчить про високу якість роботи електроакустичної системи дозування.

**кормова суміш, електроакустична система, дозування, дозатор, регульований електропривод**

С.А. Квитка, доц., канд. техн. наук, Д.Н. Нестерчук, доц., канд. техн. наук, А.С. Квитка, асп.

*Таврический государственный агротехнологический университет, г.Мелитополь, Украина*

### Электроакустическая система дозирования компонентов кормовых смесей

Рассмотрены вопросы исследования процесса дозирования компонентов кормовых смесей дозаторами непрерывного действия. Для компенсации отклонений расходов кормовых смесей от заданного значения, возникающих в процессе дозирования, разработана система управления процессом дозирования с помощью замкнутой системы регулирования, в которой предусмотрен электропривод, обеспечивающий плавную регулировку скорости барабана дозирующего устройства.

Приведенные результаты статистического анализа обработки потоков ячменной муки.

Применение предложенной системы дозирования компонентов кормовых смесей позволило обеспечить дозирования мелкофракционных компонентов кормовых смесей с погрешностью, не превышающей  $\pm 3\%$ , что свидетельствует о высоком качестве работы электроакустической системы дозирования.

**кормовая смесь, электроакустическая система, дозировка, дозатор, регулируемый электропривод**

**Постановка проблеми.** Найважливішою умовою високоефективного використання кормів при виробництві продукції тваринництва є годування тварин повноцінними кормами. При цьому годувати тварин різноманітними кормами доцільно у вигляді кормових сумішей. Особливістю процесу приготування високоякісних кормових сумішей є введення суворої визначеної (дозованої) кількості різноманітних компонентів.

Тоді як, вибір конструктивних елементів дозуючих пристроїв здійснюється на підставі властивостей матеріалу, що дозується, і їх оптимальні параметри можна визначити аналітично для кожного конкретного випадку, то властивості матеріалу, які характеризують густину його потоку, будуть носити випадковий характер, який спричиняється зміною його гранулометричного складу, вологості, а також нерівномірністю формування потоку матеріалу робочими органами дозаторів.

У результаті сумісної дії всіх факторів витрата матеріалу безперервно змінюється, як наслідок, останню можна розглядати, як випадковий процес  $Q(t)$ .

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У технологічних лініях кормоцехів частіше інших застосовується об'ємне дозування, яке часто не задовольняє зоотехнічних вимог до процесу дозування [1, 2, 3].

Відомі роботи по дослідженню технологічного обладнання для дозування дрібнофракційних компонентів кормових сумішей, а також розроблені на їх основі засоби контролю витрати матеріалів, що не забезпечують надійної роботи технологічних машин та необхідної точності дозування, та, як наслідок, і високої якості кінцевого продукту [1, 2].

Крім того, в нашій країні і за кордоном практично відсутні розробки засобів контролю витрати дрібнофракційних компонентів кормових сумішей, як складової частини електрообладнання для систем дозування технологічних ліній, які б відповідали сучасному рівню розвитку вимірювальної техніки [2].

Як відмічено в [2, 3], однією з ключових характеристик дозаторів безперервної дії є рівномірність видачі заданої кількості матеріалу з відхиленням не більш  $\pm\Delta$ , який видається за проміжок часу  $\Delta t$ , тобто при  $Q_{3АД}(t) = const$  в забезпеченні виразу виду

$$\int_{t_i}^{t_i+\Delta t} Q(t)dt - Q_{3АД} \Delta t \leq \pm\Delta, \quad (1)$$

де  $Q(t)$  – реалізація значень витрати в інтервалі  $t_i - (t_i + \Delta t)$ ;

$Q_{3АД}(t)$  – задане значення витрати;

$\Delta$  – допустиме відхилення.

В роботах [2, 3] встановлено, що при дослідженні процесу безперервного дозування величина інтервалу  $\Delta t$  справляє вирішальне значення на повноту інформації, яка отримується, та для різних кормових потоків тривалість інтервалу відбору проб не повинна перевищувати однієї секунди, так як збільшення цього інтервалу веде до втрати інформації про внутрішню структуру потоку.

**Постановка завдання.** Завданням даної роботи є дослідження процесу дозування компонентів кормових сумішей дозаторами безперервної дії з метою компенсації відхилень витрати компонентів від заданого значення, які виникають в процесі дозування, за допомогою електроакустичної системи дозування.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження проводились методом відбору проб матеріалу, що дозується, з вихідного отвору барабанного дозатора за інтервали часу  $\Delta t$  з кроком  $\Delta t$ , тобто  $t_i = t_0 + (i - 1)\Delta t$ , для ряду значень

$$G(t) = \int_{t_0+(i-1)\Delta t}^{t_0+i\Delta t} Q(t)dt, \quad (2)$$

де  $Q(t)$  – поточне значення витрати корму;

$t_0$  – початковий час вибірки.

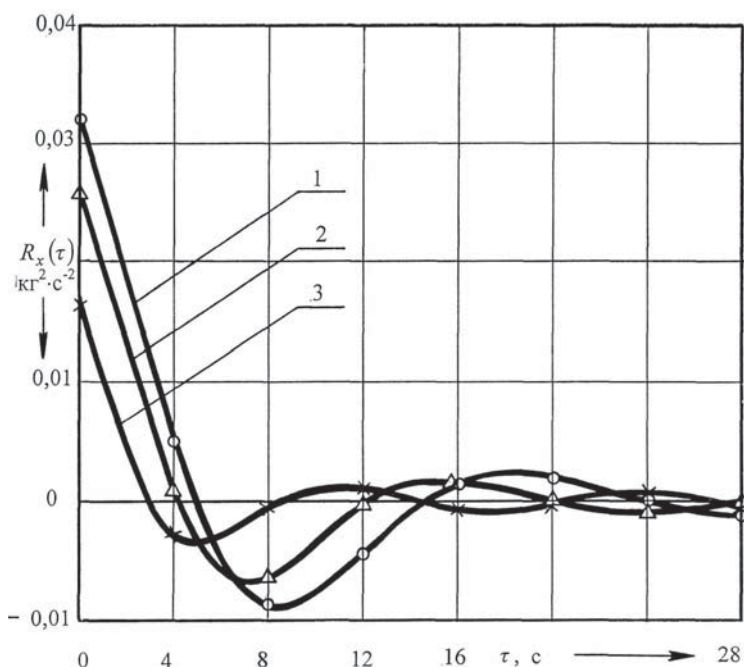
У результаті реєстрації проб через рівні відрізки часу отримали часовий ряд, який дозволяє побудувати графік реалізації випадкового процесу  $Q(t)$ .

Отримані дискретні значення маси порцій борошна ячмінного кормового обробляли статистичними методами. Результати обробки отриманих значень маси порцій борошна ячмінного кормового наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники статистичної обробки результатів

Показники	Кутова швидкість обертання барабана дозатора $\omega, c^{-1}$		
	0,94	2,04	2,82
Математичне очікування $m_x, кг \cdot c^{-1}$	0,64	1,35	1,92
Загальна дисперсія $D_x, кг^2 \cdot c^{-2}$	0,0164	0,0258	0,0317
Середнє квадратичне відхилення $\sigma_x, кг \cdot c^{-1}$	0,128	0,161	0,178
Коефіцієнт варіації $V_x, \%$	20	11,9	9,3
Максимальне значення спектра $S(\omega), кг^2 \cdot c^{-2}$	0,0191	0,0483	0,0742
Коефіцієнт асиметрії $A_x$	-0,371	0,429	0,343
Коефіцієнт ексцесу $E_x$	-0,297	0,362	0,183

Для перевірки стаціонарності процесу дозування були побудовані апроксимуючі кореляційні функції потоків борошна ячмінного кормового при різних значеннях швидкості обертання барабана дозатора:  $\omega_1 = 2,82 c^{-1}$ ,  $\omega_2 = 2,04 c^{-1}$  та  $\omega_3 = 0,94 c^{-1}$  (рис. 1):



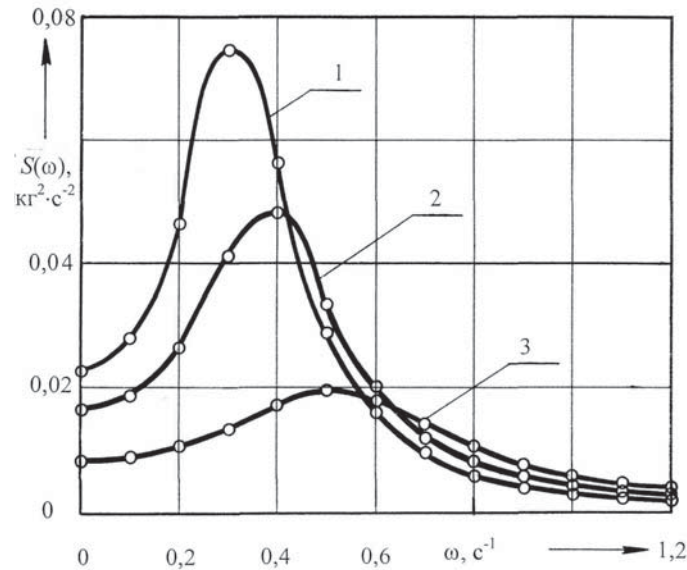
1 – швидкість обертання барабана дозатора  $2,82 c^{-1}$ ; 2 – швидкість обертання барабана дозатора  $2,04 c^{-1}$ ; 3 – швидкість обертання барабана дозатора  $0,94 c^{-1}$

Рисунок 1 – Апроксимуючі кореляційні функції потоків борошна ячмінного при різних швидкості обертання барабана дозатора ДП-1

Значення коефіцієнтів автокореляційної функції відповідно склали:  $\alpha_1 = 0,14$ ;  $\beta_1 = 0,32$ ;  $\alpha_2 = 0,176$ ;  $\beta_2 = 0,38$ ;  $\alpha_3 = 0,29$ ;  $\beta_3 = 0,53$ .

З наведених кореляційних функцій видно, що з бігом часу  $\tau$  коливання затухають, що свідчить про стаціонарність процесу.

Для аналізу причин виникнення нерівномірності дозування були побудовані спектральні щільності розподілення дисперсії за частотами для випадку регулювання подачі борошна ячмінного зміною числа обертів барабана дозатора (рис. 2).



1 – швидкість обертання барабана дозатора  $2,82 \text{ c}^{-1}$ ; 2 – швидкість обертання барабана дозатора  $2,04 \text{ c}^{-1}$ ; 3 – швидкість обертання барабана дозатора  $0,94 \text{ c}^{-1}$

Рисунок 2 – Спектральна щільність потоку борошна ячмінного при різних швидкості обертання барабана дозатора ДП-1 -  $2,82 \text{ c}^{-1}$ ; 2 -  $2,04 \text{ c}^{-1}$ ; 3 -  $0,94 \text{ c}^{-1}$

Для яких за методикою [3] визначено вид апроксимуючого виразу

$$R_x(\tau) = D_x e^{-\alpha_i \tau} \cos \beta_i \tau, \quad (3)$$

де  $D_x$  – дисперсія;

$\alpha_i, \beta_i$  – параметри автокореляційної функції.

Спектральні щільності розподілення дисперсії, за методикою [3], апроксимувались виразом

$$S(\omega) = \frac{2\alpha_i D_i}{\pi} \cdot \frac{\omega^2 + \alpha_i^2 + \beta_i^2}{(\omega^2 - \beta_i^2 - \alpha_i^2) + 4\alpha_i^2 \omega^2}, \quad (4)$$

де  $S(\omega)$  – спектральна щільність;

$\alpha_i, \beta_i$  – параметри автокореляційної функції;

$D_x$  – дисперсія;

$\omega$  – частота.

Аналізуючи спектральні щільності видно, що при збільшенні частоти спектральна щільність  $S(\omega)$  швидко зменшується і при  $\omega \geq 1,0$  можна вважати, що  $S(\omega) = 0$ .

Отже, максимальна частота елементарних гармонік, які формують потік борошна ячмінного кормового, практично не перевищує  $\omega = 1,0 \text{ c}^{-1}$ .

Таким чином, період відповідних коливань складає [1]

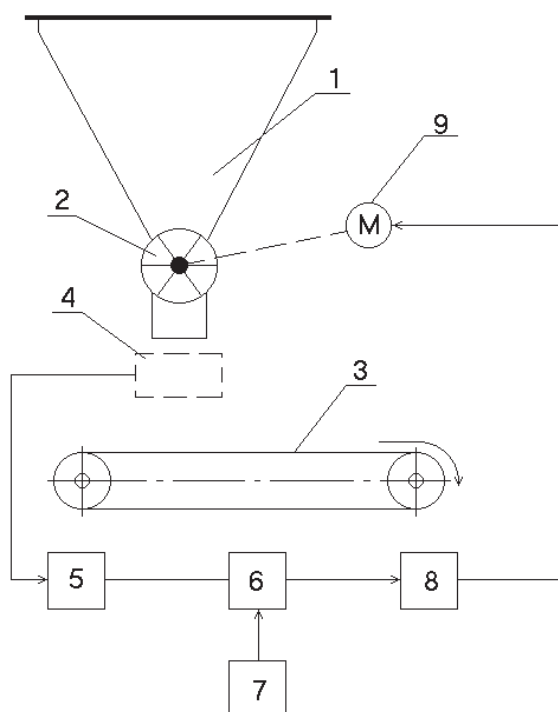
$$T_{\min} = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (5)$$

Виходячи з того, що, в нашому випадку,  $T_{\min} = 6,28 \text{ c}$ , і за цей період часу виділяється визначальна кількість енергії коливань потоку борошна ячмінного, а це означає, що через кожні шість секунд може виникнути необхідність в зміні режиму роботи і регулюючих характеристик.

Очевидно, що для підтримування необхідної рівномірності і, відповідно точності видачі матеріалу, що дозується, ручна механічна настройка продуктивності повинна бути замінена пристроєм регулювання подачі з контролем витрати в безперервному потоці.

Отримані статистичні оцінки відхилень витрати дозволяють визначити найбільш сприятливий режим роботи дозуючого пристрою. Враховуючи, що параметри  $\alpha_i$  і  $\beta_i$  визначені спектром виходу матеріалу, що дозується, і розподілені в достатньо жорстких межах, основним критерієм для оцінювання відхилень витрати, згідно [1], є інтервал інтегрування  $\Delta t$ , який в сполученні з параметрами спектра і є критерієм для обґрунтування типу пристрою для контролю і регулювання витрати компонентів кормових сумішей в безперервному потоці.

Для компенсації виникаючих в процесі дозування відхилень витрати від заданого значення, розроблена система керування процесом дозування за допомогою замкнутої системи регулювання (рис. 3). В даній системі передбачений електропривод, який забезпечує плавне регулювання швидкості барабана дозуючого пристрою.



1 - бункер; 2 - барабаний дозатор; 3 - транспортер; 4 - акустична вимірвальна камера; 5 - підсилювач; 6 - лічильник кількості матеріалу; 7 - задавальний блок; 8 - блок керування електродвигуном; 9 - електродвигун

Рисунок 3 – Структурна схема електроакустичної системи дозування

Розроблена система керування процесом дозування дозволяє в широкому діапазоні змінювати коефіцієнт передачі, що дає можливість при її використанні дозувати компоненти кормових сумішей, які мають різноманітні фізико-механічні властивості.

З умови статичної рівноваги [4], можна вивести співвідношення для регулювання по швидкості обертання барабана дозатора

$$\frac{\Delta p_i}{p_i \pm \Delta p_i} = k \frac{dv}{dp}, \quad (6)$$

де  $p_i$ ,  $\Delta p_i$  – параметри, які характеризують густину потоку матеріалу;  
 $k$  – коефіцієнт передачі пристрою керування;  
 $v$  – швидкість обертання барабана дозатора.

З наведеного співвідношення виходить, що для дотримання оптимальних умов роботи дозатора потрібний регульований електропривод, який разом із електроакустичним пристроєм контролю витрати [4] дозволив би з достатньою точністю регулювати величину коефіцієнта передачі у відповідності з характеристиками матеріалу, що дозується. Тривалість, знак і модуль миттєвих відхилень витрати є випадковими величинами.

З точки зору, автоматичного регулювання всяке відхилення витрати є збуренням і система регулювання повинна реагувати на збурення таким чином, щоб привести величину витрати до заданого значення.

В залежності від технологічних вимог, однією із задач застосування автоматичних систем дозування [1], є підтримування заданого середнього значення витрати за визначений відрізок часу та регулюванню по цьому значенню.

Відповідно до [1] для отримання стійкого значення сигналу середньої витрати необхідно, щоб період, за який здійснюється усереднення, був значно більше тривалості окремих флуктуаційних збурень.

Залежність середнього значення сигналу від співвідношення тривалості флуктуації  $\tau_{\max}$  і часу вимірювання  $t$  описується рівнянням [1]

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\tau_{\max} \cdot \Delta Q_{\max}}{t \cdot Q_{\text{сеп}}}, \quad (7)$$

де  $\Delta Q_{\max}$  – значення максимального відхилення витрати;

$Q_{\text{сеп}}$  – середнє значення витрати;

$\tau_{\max}$  – максимальна тривалість флуктуації;

$t$  – час вимірювання.

При розробці системи керування процесом дозування відношення  $\tau_{\max}/t$  вибране таким, щоб зміна сигналу не перевищувала допустимих відхилень витрати.

Час, за який здійснюється усереднення, визначався на підставі співвідношення (7) і фактичної максимальної тривалості флуктуації для матеріалу, що дозується, при даному типі живильника.

Так, дослідженнями [1] встановлено, що при розмірі матеріалу 0,1...1,0 мм середня тривалість флуктуації складає 0,1...0,4 с.

У результаті усереднення сигналу від чутливого елемента в даній системі забезпечено регулювання за середньою продуктивністю, тобто виключений вплив флуктуацій витрати на процес авторегулювання.

Даний спосіб дозування сприяє підвищенню стійкості роботи дозатора, так як скорочується кількість збурень і, відповідно, загальний час перехідних процесів регулятора.

#### **Висновки:**

- для компенсації відхилень витрати від заданого значення, що виникають в процесі дозування, розроблена система керування процесом дозування за допомогою замкнутої системи регулювання, в якій передбачений електропривод, що забезпечує плавне регулювання швидкості барабана дозуючого пристрою;

- застосування запропонованої системи дозволило забезпечити дозування дрібнофракційних компонентів кормових сумішей з похибкою, яка не перевищує  $\pm 3\%$ , що свідчить про високу якість роботи електроакустичної системи дозування.

## Список літератури

1. Василенко П.М. Механизация и автоматизация процессов приготовления и дозирования кормов / П.М. Василенко, И.И. Василенко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.
2. Видинеев Ю.Д. Автоматическое непрерывное дозирование сыпучих материалов / Ю.Д. Видинеев. – М.: Энергия, 1974. – 120 с.
3. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
4. Менли Р. Анализ и обработка записей колебаний: Пер. с англ. / Р. Менли. – М.: Машиностроение, 1972. – 369 с.
5. Пат. № 49906 Україна, МПК 7 G01F1/66. Пристрій для вимірювання витрати компонентів кормосумішей / В.Ф. Яковлев, С.О. Квітка. – № 99021023; заявл. 23.02.99; опубл. 15.09.00, Бюл. № 4-1.

**Kvitka Sergei, Assos. Prof., PhD tech. sci., Nesterchuk Dina, Assos. Prof., PhD tech. sci., Kvitka Aleksandr, post-graduate**

*Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine*

### **Electro Acoustic System of Dispensing Feed Mixtures Components**

The research of the process of dispensing feed mixtures components in continuous operation is worked in this article. To compensate the resulting variations in the dispensing consumption of feed mixtures from preset values we developed the system to control dispensing process using a closed system of regulation, which provides smooth dispensing roller speed regulation using electric drive.

The results of the statistical analysis of flows processing is presented.

Applying the proposed system for dispensing feed mixtures components allowed us to provide dispensing of small fraction feed mixtures components with an error that does not exceed  $\pm 3\%$ , which demonstrates the high quality of the electro-acoustic dispensing system.

**Feed mixture electroacoustic system, dispensing, dispenser, electric adjustable drive**

Одержано 07.12.15

**УДК 631.171**

**В.Л. Куликівський, канд. техн. наук, В.М. Боровський, ст. викл., В.К. Палійчук, доц., канд. техн. наук**

*Житомирський національний агроекологічний університет, м.Житомир, Україна,*

*E-mail: kylikovskiy@mail.ru*

## Аналіз процесу переміщення зернового матеріалу аераційним транспортером

Наведені рівняння, що визначають силу псевдозрідженого матеріалу, який переміщається по аерожолобу. Встановлено, що опір шару зерна переміщенню, змінюється в залежності від пористості шару матеріалу. Проаналізовані основні властивості зерна, як об'єкта сушіння і аераційного переміщення, враховуючи які можна не тільки раціонально та ефективно здійснювати зазначені процеси, а й поєднати їх.

**аераційний транспортер, аеродинамічний опір, вологість, зерновий матеріал, переміщення, сушіння**

**В.Л. Куликовский, канд. техн. наук, В.Н. Боровский, ст. преп., В.К. Палийчук, доц., канд. техн. наук**

© В.Л. Куликівський, В.М. Боровський, В.К. Палійчук, 2016