

## ДВОХРІВНЕВА МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОТОКОВИМИ ЛІНІЯМИ КОМБІКОРМОВОГО ВИРОБНИЦТВА

У статті розглядається структура і алгоритм роботи системи автоматизації дозування компонентів у технологічному процесі приготування комбікормів, спроектованої за принципом розподіленого керування. Подані результати досліджень зміни щільності потоку сипкої маси і ваги компонентів у суміші при дії випадкових факторів.

У багатьох видах переробного виробництва виникає необхідність приготування багатокомпонентних сумішей з ваговим дозуванням складових, а також керування процесом завантаження, транспортування й обліку продукції. У цих процесах важлива як сумарна маса суміші, так і процентне співвідношення складових, причому необхідно враховувати часові режими, послідовність завантаження і кількість компонентів, синхронізацію з наступними стадіями технологічного процесу.

Спроектована нами система автоматизованого вагового дозування компонентів комбікормів, структурна схема якої подана на рис.1, побудована за принципом розподіленої дворівневої ієрархічної будови, до якої належить контроллер локального (цехового) рівня і комп'ютер на вищому (заводському) рівні керування.

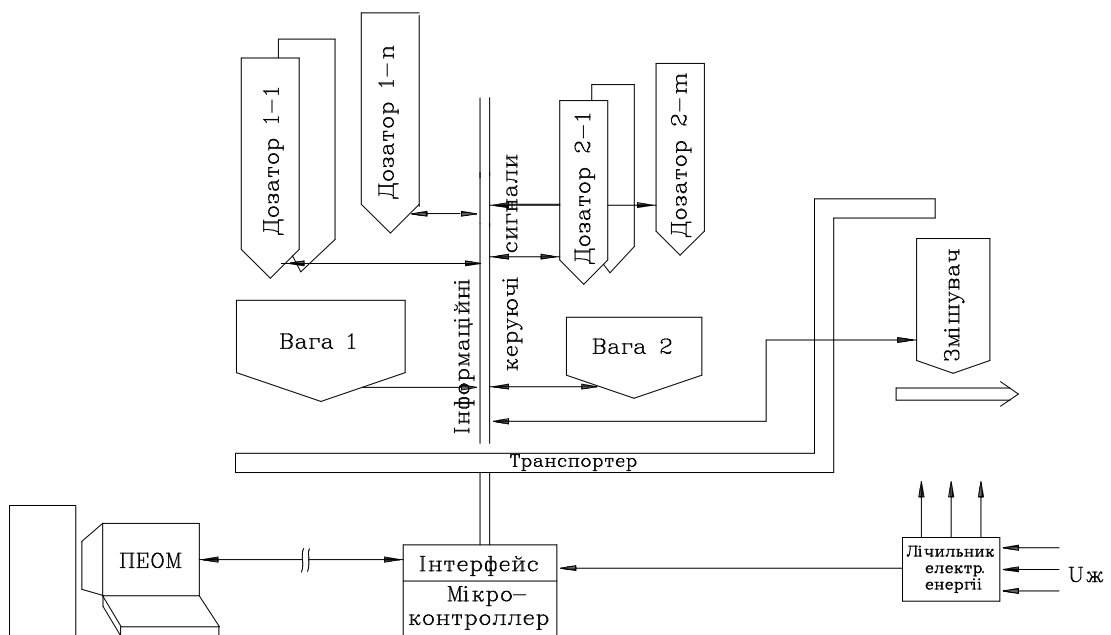


Рис. 1. Структурна схема системи автоматизації вагового дозування у технологічному процесі приготування комбікормів.

Відповідно до заданого алгоритму управління на вазі №1 зважуються важчі компоненти загальною масою до 3 тонн, а на вазі №2 додатки з дозаторів другої групи масою до 200 кг з похибкою  $\pm 1$  кг. Попередньо зважені компоненти змішуються паралельно. Контроллер разом з інтерфейсними схемами спряження з об'єктами керування і датчиками в автоматичному режимі керує технологічним процесом згідно із заданим центральною ПЕОМ рецептом, що зберігається у пам'яті з резервним живленням. Там же нагромаджується інформація про витрачені матеріали і електроенергію, що передаються за запитом у центральну ПЕОМ. Контроллер може

працювати також в автономному режимі, з ручним увімкненням і виконанням рецепту без використання ПЕОМ, що обліковує матеріали, енергію і продукцію, виконує статистичну обробку результатів.

У результаті експлуатації і експериментальних досліджень виробленої системи виявлено, що факторами, які впливають на точність дозування і якість продукції, є, перш за все, фізико-механічні властивості матеріалів і вологість. У процесі завантаження можливі випадкові збурення внаслідок залипання, неоднорідності матеріалів, тому в технологічному процесі стається передозування або перерегулювання залежно від заданих критеріїв. При великих похибках дозування знижується якість продукції і збільшуються витрати сировини, а при підвищених вимогах до точності виникає нестійкість регулювання, часті комутації потужних двигунів, що призводить до перевитрати енергії, зношеності вузлів.

Для дослідження потоків різних матеріалів у дозаторах і уточнення моделі об'єкта з метою оптимізації програмного забезпечення у системі використано ультразвуковий датчик витрат сипких матеріалів [1], структурна схема використання якого подана на рис. 2.

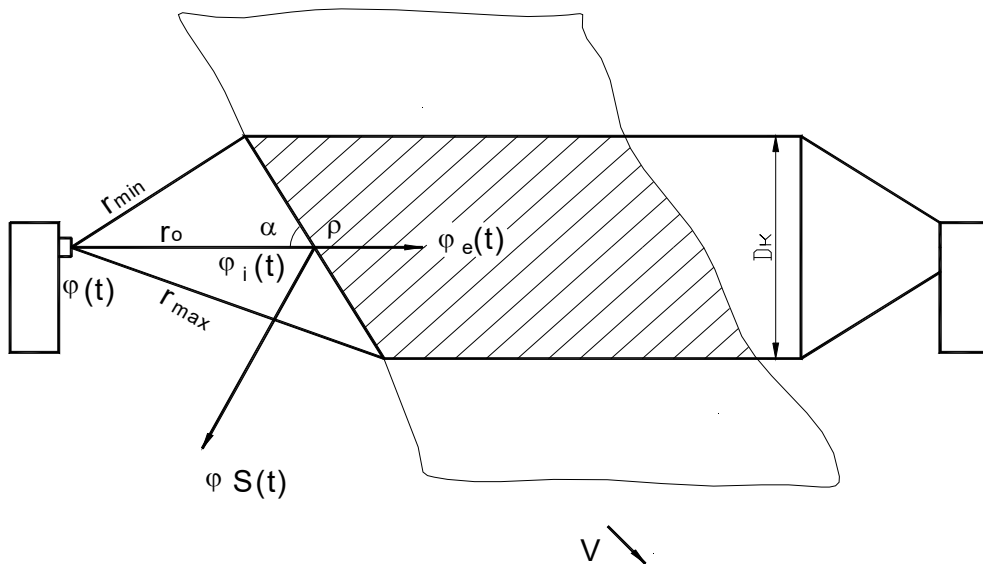


Рис. 2. Схема вимірювання щільності сипкого матеріалу ультразвуком  $f_p = 40$  кГц.

Потік сипкої маси є стаціонарним випадковим процесом, а це означає, що зміна потенціалу хвилі, що пройшов через потік, імовірнісні характеристики зміни якого аналогічні характеристикам потоку, також є стаціонарним випадковим процесом. Потік сипкої маси у зваженому стані можна подати як сукупність елементарних розсіювачів із щільністю  $\rho$ , що рухаються із швидкістю  $V$  в ультразвуковому коридорі з параметром  $D_k$ . При цьому сипка маса рухається під кутом  $\alpha$  до вектора поширення ультразвукових хвиль з параметрами в ультразвуковому коридорі  $r_{\min}$  та  $r_{\max}$ . Якщо позначити потенціал хвилі на п'єзоелементі  $\varphi(t)$ , на границі розподілу повітря-матеріал -  $\varphi_i(t)$ , на виході потоку -  $\varphi_e(t)$ , а відбитий -  $\varphi_s(t)$ , то можна записати:

$$\varphi_e(t) = \varphi_i(t) - \varphi_s(t) \quad (1)$$

Із (1) видно, що чим менший потенціал відбитої хвилі  $\varphi_s(t)$ , тим вища ефективність проходження інформативного сигналу.

Потенціал хвилі на поверхні потоку сипкої маси згідно з [2] дорівнює

$$\varphi_i(t) = \varphi \left[ t - \frac{r(t)}{c} \right] \cdot \frac{A}{r_0}; \quad (2)$$

де  $c$  - швидкість ультразвуку в середовищі;  
 $t$  - час;

$A$  - нормативний множник;

$r_0$  - відстань «випромінювач–матеріал», що контролюється за вектором поширення хвиль.

При рівномірному русі потоку маси  $V=\text{const}$  (у вільному падінні), розклавши функцію  $r(t)$  за степенями  $\left[t - \frac{r(t)}{c}\right]$ , одержимо

$$\frac{r(t)}{c} = \frac{r}{c} + \frac{V}{c} \left(t - \frac{r}{c}\right) + \dots + \quad (3)$$

Підставивши вираз (3) у рівність (2), знайдемо

$$\varphi_i(t) = \varphi \left[ t - \frac{r}{c} - \frac{V}{c} \left(t - \frac{r}{c}\right) \right] \frac{A}{r_0}. \quad (4)$$

Потенціал відбитої хвилі згідно з [2] запишемо у вигляді

$$\varphi_s(t) = \int_{r_{\min}}^{r_{\min} + D_k \cdot tg \alpha} \varphi \left[ \left(t - \frac{2r}{c}\right) \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right] \cdot \rho \frac{1}{r_0 \cdot tg \alpha} dr \quad (5)$$

або

$$\varphi_s(t) = \frac{\rho}{r_0 \cdot tg \alpha} \int_{r_{\min}}^{r_{\min} + D_k \cdot tg \alpha} \varphi \left[ \left(t - \frac{2r}{c}\right) \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right] dr. \quad (6)$$

Оскільки  $\varphi_i(t)$  - випадковий стаціонарний процес, то для енергетичного опису процесу проходження сигналів у потоці сипкої маси знайдемо взаємозв'язок між енергетичними спектрами відбитої і спадної хвиль.

Відповідно до (6) визначимо автокореляційну функцію і енергетичний спектр відбитої від потоку хвилі

$$\varphi_s(t + \tau) = \frac{1}{r_0 \cdot tg \alpha} \int_{r_{\min}}^{r_{\min} + D_k \cdot tg \alpha} \varphi \left[ \left(t - \frac{2r}{c}\right) \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right] \rho dr, \quad (7)$$

$$\varphi_s^*(t) = \frac{1}{r_0 \cdot tg \alpha} \int_{r_{\min}}^{r_{\min} + D_k \cdot tg \alpha} \varphi^* \left[ \left(t - \frac{2r}{c}\right) \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right] \rho^* dr_1, \quad (8)$$

де  $*$  - комплексно спряжена величина.

Згідно з [3] автокореляційна функція виглядатиме так:

$$R_{ss}(\tau) = \frac{1}{r_0 \cdot tg \alpha} \int_{r_{\min}}^{r_{\min} + D_k \cdot tg \alpha} \int \rho \rho^* R_{ij} \left\{ \left[ t - \frac{2}{c}(r - r_1) \right] \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right\} dr dr_1, \quad (9)$$

де

$$R_{ij} \left\{ \left[ \tau - \frac{2}{c}(r - r_1) \right] \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right\} = \left\{ \varphi \left[ \left(t + \tau - \frac{2r}{c}\right) \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right] \times \varphi^* \left[ \left(t - \frac{2r_1}{c}\right) \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right] \right\}. \quad (10)$$

Використовуючи теорему Вінера-Хінчина визначимо, що спектральна щільність потужності відбитого сигналу дорівнює

$$S_s(w) = \frac{\rho}{r_0^2 \cdot tg^2 \alpha} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} R_{ii} \left\{ \left[ \tau - \frac{2}{c}(r - r_1) \right] \left(1 - \frac{V}{c}\right) \right\} \cdot e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (11)$$

Замінивши змінну інтегрування в (11)

$$Y = \left[ \tau - \frac{2}{c}(r - r_1) \right] \left( 1 - \frac{V}{c} \right), \quad \tau = \frac{Y}{1 - \frac{V}{c}} + \frac{2}{c}(r - r_1); \quad d\tau = \frac{dy}{1 - \frac{V}{c}},$$

одержимо

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} R_{ii} \left\{ \left[ \tau - \frac{2}{c}(r - r_1) \right] \left( 1 - \frac{V}{c} \right) \right\} e^{-i\omega\tau} d\tau = \frac{e^{-i\omega \frac{2(r-r_1)}{c}}}{1 - \frac{V}{c}} S_i \left( \frac{\omega}{1 - \frac{V}{c}} \right), \quad (12)$$

де

$$S_i \left( \frac{\omega}{1 - \frac{V}{c}} \right) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} R_{ii}(Y) e^{-i \left( \frac{\omega}{1 - \frac{V}{c}} \right) y} dy \quad (13)$$

спектральна щільність потужності спадної хвилі.

Підставивши в (11) результат (12), запишемо

$$S_s(\omega) = \frac{\rho^2}{r_0^2 \cdot \text{ctg}^2 \alpha} \left( \frac{1}{1 - \frac{V}{c}} \right) S_i \left( \frac{\omega}{1 - \frac{V}{c}} \right). \quad (14)$$

Враховуючи, що у нашому випадку  $C \gg V$ , одержимо

$$S_s(\omega) = \frac{\rho^2 \cdot \text{ctg}^2 \alpha}{r_0^2} \times S_i(\omega). \quad (15)$$

Таким чином, залежність (15) підтверджує правильність вибору способу вимірювання витрат потоків компонентів комбікормів у місці їх висипання з дозаторів, коли щільність переходу повітря-матеріал мінімальна, а отже, і мінімальна енергія відбитого сигналу. Оскільки при хаотичному положенні частинок компонентів комбікормів виконати вимогу  $\alpha = 90^\circ$  на мінімізацію  $S_s(\omega)$  дуже складно, то на практиці необхідно домагатися, щоб оптична вісь «випромінювач-передавач» була перпендикулярна потокові матеріалу.

Отримана у процесі досліджень залежність (рис.3) підтверджує логічність попередніх висновків і придатність ультразвукового вимірювання для тестування дозаторів неперервної дії.

Дослідження і статистичний аналіз об'єкту виконувалися на прикладі приготування кормової суміші згідно з рецептом КК55-10. До її складу належать компоненти з процентним співвідношенням, поданим у таблиці 1.

Таблиця 1

Співвідношення компонентів у кормовій суміші КК55-10

КК55-10	Компоненти групи дозаторів 1			Компоненти групи дозаторів 2		
	СКЛАД	Пшениця	Ячмінь	Висівки пшен.	Вапняк	Сіль
Вміст, %	26,5	30	40	2,0	0,5	1,0

Дослідження і статистична обробка результатів показали, що коефіцієнт варіацій компонентів у суміші не перевищує 4,6 %, що відповідає вимогам стандарту ( $C \leq 5\%$ ).

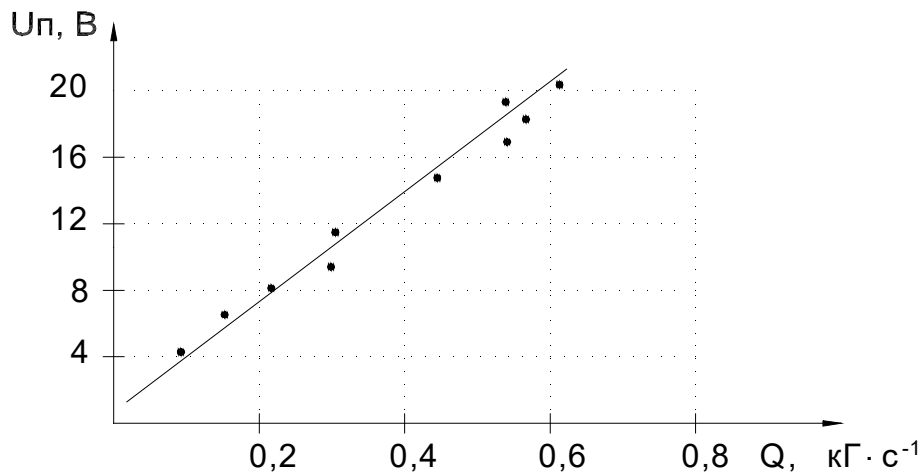


Рис. 3. Залежність вихідного сигналу приймача від продуктивності дозатора висівків.

Таким чином, врахування щільності потоку сипких матеріалів при вимірюванні ваги суміші дозволяє оптимізувати алгоритм і програму керування технологічним процесом з метою зменшення затрат енергії і сировини при підвищенні якості продукції.

Спроектована система впроваджена на Хоростківському КХП у 1996 р. і в процесі експлуатації виявилася надійною та ефективною.

*This article are considered the alorytm of the work the system for automatisiation of components dosiation in the technological proces of the combicorms preparing created for the separated control principle. Given the results of the explorations the change of density of the torrent strewed mass and weight of components in the mixture under the influence of chance factors.*

### Література

1. Мартыненко И.И., Корчемный Н.А., Федорейко В.С., Шаравин А.Ф. Устройство для измерения расхода измельченных стебельчатых кормов.- А.с. СССР №994920. – М.: Кл. G01F1/66, 1983.
2. Карповский А.М., Таранов Л.Я. Спектральные и корреляционные свойства эхосигналов от движущегося отражателя / Акустика и ультразвуковая техника. К.: Техника, 1974. - Вып. 9.- С.109-112.
3. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных / Пер. с англ.- М.: Мир, 1989. - 540 с.

Одержано 25.02.2000 р.