

УДК 631.363:636.22/28

## МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БАРАБАННОГО ДОЗАТОРУ ІЗ КОМІРКОВОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Мілько Д.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-05-70, e-mail: milko\_dmitry@mail.ru

**Анотація** – в статті викладено матеріали щодо проведення експериментальних досліджень барабанного дозатору із комірковою поверхнею, наведений опис експериментального устаткування та обладнання для вимірювання основних показників процесу дозування, викладено методику обробки отриманих експериментальних даних.

**Ключові слова** – барабанний дозатор, коміркова поверхня, дозування, пиловидний консервант.

*Постановка проблеми.* На сучасному етапі розвитку галузі кормовиробництва зміцнення кормової бази є важливою умовою зменшення собівартості заготівлі та зберігання кормів. Її основою є використання кормів високої якості, що забезпечується сучасними технологіями їх приготування та зберігання. Жодна сучасна технологія зберігання та приготування кормів не може обійтися без операції дозування, при цьому точність дозування значно впливає на кінцевий результат – отримані корми. Тому важливою проблемою слід вважати створення таких дозаторів, які б забезпечували значну точність дозування та при цьому не були занадто складними у виготовленні.

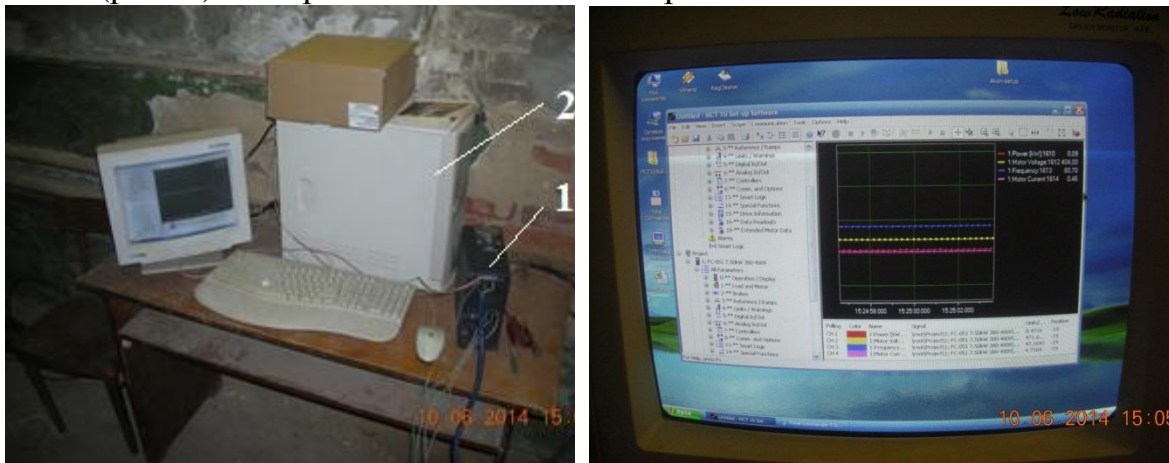
*Аналіз останніх досліджень.* Вагомий внесок у вирішення проблеми дозування сипких матеріалів внесли Ю. Д. Відінеєв, П. М. Василенко, Л. Я. Степук, Г. А. Рогатинський, С. П. Орлов, І. Г. Бойко і ряд інших. Враховуючи дослідження названих авторів, можна дійти однозначного висновку про те, що основним якісним показником процесу є нерівномірність дозування. У свою чергу, нерівномірність дозування залежить від конструктивних особливостей дозуючої установки, які і впливають на формування і видачу дози матеріалу. У дослідженнях процесів дозування оцінювання якості процесу здійснюється згідно з галузевим стандартом ОСТ 70.19.2–83.1984 через середньоквадратичне відхилення або коефіцієнт варіації.

*Основна частина.* Дослідження здійснюються за методикою багатofакторного експерименту. Змінними факторами процесу дозуван-

ня пиловидного консерванту є: частота обертання барабана дозатора, яка змінюється від 10 до 36 об./хв., ширина вивантажувальної щілини, яка змінюється від 1 до 5 мм, діаметр комірки дозуючої поверхні, який змінюється від 3,5 до 5,5 мм.

Параметрами оптимізації процесу дозування є витрати енергії та нерівномірність видачі.

Частота обертання барабана дозатора змінюється за допомогою стенда, який складається з перетворювача частоти Danfoss VLT Micro FC51 (рис. 1) та персонального комп'ютера.



а)

б)

Рис. 1. Загальний вигляд вимірювального стенду із перетворювачем частоти Danfoss VLT Micro FC51 (а) та процес фіксації результатів експериментів (б) за допомогою програмного комплексу МСТ-10: 1 – перетворювач частоти; 2 – персональний Danfoss FC-51

Частоту обертання вимірювали за допомогою тахометра.

Дозатор для внесення пиловидного консерванту в рослину працює таким чином: консервант подається в завантажувальний бункер 2, де за допомогою канавок 4 барабана 3 захоплюється в зазор між барабаном та стінкою корпусу 1. Для вивантаження консерванту передбачена вивантажувальна щілина 5 (рис. 2).

Макетний зразок дозатора для внесення пиловидного консерванту в силосну масу має наступну технічну характеристику:

1 Довжина барабану, мм	420
2 Діаметр барабану, мм	54
3 Частота обертання барабану, об./хв.	40
6 Потужність приводу, кВт	1,2

Визначення масової нерівномірності внесення пиловидного консерванту.

Для визначення нерівномірності внесення користувалися спеціальним стендом, який складається з дозатора, стрічкового транспорте-

ру, коробу для збору сухого консерванту (рис. 3). Розмір коробки для збирання консерванту складає: довжина – 390 мм; ширина – 200 мм; висота – 50 мм. Швидкість переміщення коробів становить 0,0016 м/с.

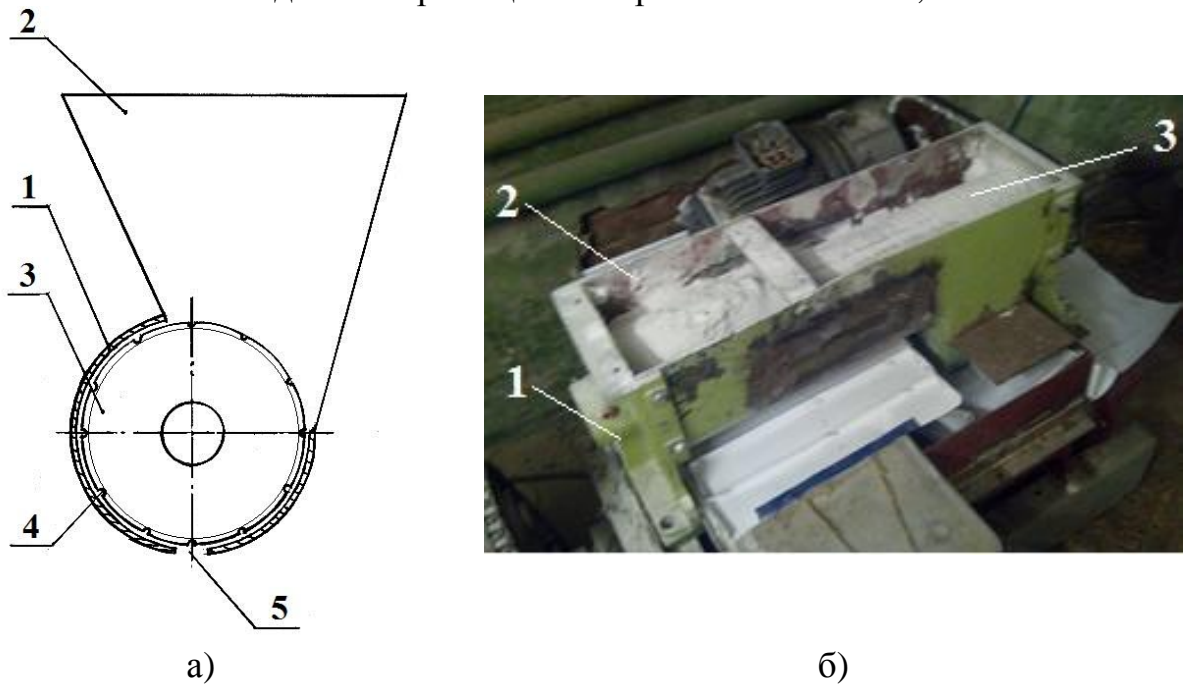


Рис. 2. Дозатор для внесення пиловидного консерванту в силосну масу: а) конструктивно-технологічна схема; б) загальний вигляд; 1 – корпус; 2 – завантажувальний бункер; 3 – барабан; 4 – комірка напівсферичної форми; 5 – вивантажувальна щілина

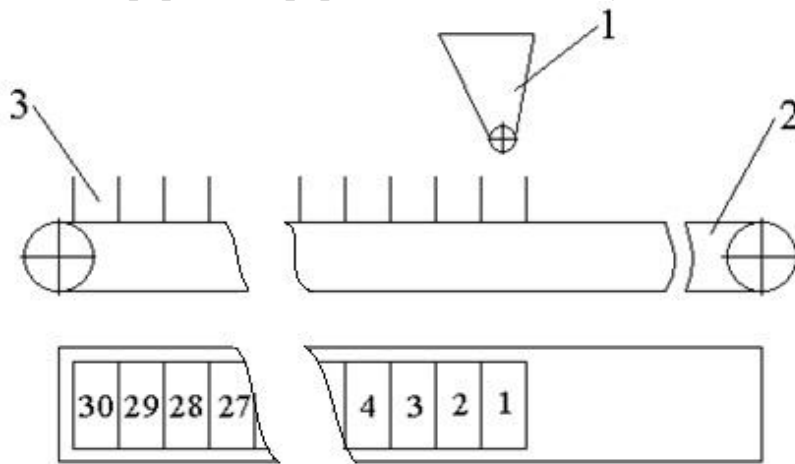


Рис. 3. Схема стенду для визначення нерівномірності внесення пиловидного консерванту в силосну масу

Показник  $\Pi_n$  масової нерівномірності внесення визначаємо за трьма повторностями дослідів

$$\Pi_n = \frac{\sum v_j}{3}, \quad v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%, \quad (1)$$

де  $v_j$  – коефіцієнт варіації  $j$ -ої повторності дослідів;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} - \text{середньоквадратичне відхилення};$$

$x_i$  – результат  $i$ -го вимірювання;

$\bar{x}$  – середньоарифметична величина багатократних вимірювань  $j$ -ої повторності досліджу;

$n$  – кількість вимірювань;

$j$  – номер повторності.

Енергетична оцінка дозатора пиловидного консерванту включала визначення потужності холостого ходу та потужності дозування сухого консерванту.

Затрати енергії на процес дозування визначали за виразом

$$E_p = \frac{N_p - N_{x.x.p}}{Q}, \quad (2)$$

де  $N_p$  – потужність приводу дозатора, кВт;

$N_{x.x.p}$  – потужність холостого ходу дозатора, кВт;

$Q$  – продуктивність, кг/с.

Продуктивність розраховували за виразом

$$Q = (G/t), \quad (3)$$

де  $G$  – маса поданого матеріалу за проміжок часу  $t$ , кг;

$t$  – час досліджу, с.

Питомі затрати енергії на процес дозування

$$W_p = (N_p/Q). \quad (4)$$

Потужність електроприводу також вимірювали за допомогою стенду із перетворювачем частоти Danfoss VLT Micro FC51 (рис. 1).

Застосовуване в даний час математичне планування експериментів скорочує обсяг досліджень, зменшує число дослідів у кілька разів, дозволяє одержати кількісну оцінку впливу факторів, а також дає можливість отримати необхідну математичну модель процесу та визначити оптимальні умови його протікання і т.д. Його поєднання з застосуванням електронно-обчислювальної техніки дозволяє швидко обробляти результати і вносити корективи в дослідження прямо в процесі роботи.

Для опису області оптимуму найчастіше використовуються плани другого порядку, що дають можливість одержати математичну модель у виді полінома другого порядку (5) [1, 2]

$$y = b_0 + b_i x_i + b_j x_i x_j + b_{ii} x_i^2, \quad (5)$$

де  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ij}$ ,  $b_{ii}$  – коефіцієнти регресії.

Модель вважається адекватною, якщо вона представляє дослідні дані з похибкою, яка не перевищує похибки досліду. Для перевірки моделі визначається її адекватність за допомогою дисперсій відтворення досліду і виконується перевірка стандартним методом за критерієм Фішера.

Найбільш економічним є варіювання факторів на трьох рівнях [1] з кодуванням факторів по формулі (4.2)

$$x_i = (X_i - X_{oi})/\varepsilon, \quad (6)$$

де  $x_i$  – кодоване значення фактору (безрозмірна величина) для верхнього рівня, центру експерименту та нижнього рівня, вони позначена відповідно +1, 0 і -1;

$X_i$  – натуральне значення фактора;

$X_{oi}$  – натуральне значення факторів на нульовому рівні;

$\varepsilon$  – натуральне значення інтервалу варіювання фактора.

Інтервали і рівні варіювання факторів при проведенні дослідження наведені в табл. 1.

Дані, отримані в результаті декількох рівнобіжних вимірів, відповідно до центральної граничної теореми, розподіляються за нормальним законом. Вони замінюються середнім арифметичним значенням, тобто найбільш ймовірним значенням вимірюваної величини [3].

Для трифакторного експерименту був використаний план Бокса-Бенкена. Відтворюваність дослідів перевіряється за критерієм Кохрена з виконанням 2-4 серій рівнобіжних дослідів у розглянутій схемі зміни факторів при 3 повторностях на кожному рівні. Триразова повторність дослідів забезпечує помилку менш трьох стандартів з імовірністю 95 %.

При кількарізковому вимірі будь-якої величини отримані результати можуть викликати сумнів у їхній вірогідності, тому виконується перевірка гіпотез про грубі помилки і про випадковість вибірки. Гіпотеза виключення грубих помилок використовує критерій Стюдента і метод різниць [4, 5]

$$t = \frac{Y_{\max, \min} - Y_{k-1}}{S}, \quad (7)$$

де  $Y_{\max, \min}$  – відповідно мінімальне та максимальне значення результатів вимірювань;

$\bar{Y}_{k-1}$  – середньоарифметичне значення результатів вимірювань розраховане для послідовних результатів (за виключенням сумнівного)  $\bar{Y}_{k-1} = K_1/(k-1)$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^k Y_i}{k-1}, \quad (8)$$

де  $k$  – повторюваність експерименту;

$Y_i$ , – значення  $i$ -го вимірювання;

Таблиця 1  
Рівні і інтервали варіювання факторів при проведенні досліджень  
дозування пиловидного консерванту

Рівні і інтервали варіювання	Кодоване значення	Фактори і їх позначення		
		Швидкість обертання барабану $n$ , об/хв.	Середня довжина частинок матеріалу $l$ , мм	Діаметр комірок поверхні барабану $d$ , мм
		$X_1$	$X_2$	$X_3$
Верхній рівень	+1	82	0,8	5,5
Основний рівень	0	49	0,41	4,5
Нижній рівень	-1	16	0,02	3,5
Інтервал варіювання	$\epsilon$	33	0,39	1

$S$  – стандарт, розрахований для наступних результатів вимірювань (за значенням сумнівного) та дорівнює

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})^2}{k-2}}. \quad (9)$$

При  $t > t_2$ ,  $k-1$  (у нашому випадку  $t = 4,969$  значення, яке розглядається, є грубою помилкою з прийнятою вірогідністю).

Гіпотеза про випадкову помилку використовує метод різностей тобто критерій  $\tau$

$$\tau = \frac{c^2}{s_k^2}, \quad (10)$$

$$\text{де } c^2 = \frac{1}{2(k-1)} \sum_{i=1}^k (Y_{i+1} - Y_i)^2 c^2;$$

$s_k^2$  – скорегована дисперсія кожної серії вимірювань,  $s_k^2 = \frac{1}{k-1}$ ;

$\bar{Y}_k$ , – середньоарифметичне значення вимірювань.

При умові, що  $\tau < \tau_{кр} = \tau_\alpha$ ,  $k-1$ , гіпотеза про випадковість вибірки відторгається, тобто вибірка не випадкова з вірогідністю  $\alpha$ .

За критерій такої оцінки приймається критерій ступеня надійності [6]

$$\epsilon' = |x_c - \bar{x}| / [\sigma_x \sqrt{(n-1)/n}], \quad (11)$$

де  $\epsilon'$  – ступінь надійності отриманого результату при вимірі;

$x_c$  – сумнівний результат;

$\bar{X}$  – математичне очікування;

$\sigma_x$  – середнє квадратичне відхилення;

$n$  – кількість точок експериментальних даних.

Розрахований критерій  $\varepsilon'$  порівнюється з табличним  $\varepsilon_T$  для прийнятого рівня імовірності  $P$ . Якщо  $\varepsilon' > \varepsilon_T$ , то сумнівна точка виключається з масиву і кількість точок зменшується на одиницю. При  $\varepsilon' < \varepsilon_T$  аналізована точка зберігається.

*Висновки.* В статті представлено методику проведення експериментальних досліджень барабанного дозатору із комірковою поверхнею. Проведення експерименту та обробка даних дозволить отримати рівняння регресії та збудувати поверхні відгуку. Аналіз рівнянь та поверхонь дасть змогу винайти оптимальні конструктивно – кінематичні параметри запропонованого експериментального зразку, що в свою чергу дозволить розробити дозатор з меншими енергетичними витратами та збільшеною точністю дозування.

#### *Література*

1. Митков А. Я. Статистические методы в сельхозмашиностроении / А. Я. Митков, С. В. Кардашевский – М.: Машиностроение, 1978. – 390 с.

2. Погорельий Л. В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин / Л. В. Погорельий. – К.: Техніка, 1981. – 176 с.

3. Брянский Л. Н. Краткий справочник метролога: Справочник / Л. Н. Брянский, А. С. Дойников. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 79 с.

4. Ушкаренко И. А. Планирование эксперимента и дисперсный анализ данных полевого опыта / И. А. Ушкаренко, А. Я. Скрипников. – Киев; Одесса: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 120 с.

5. ГОСТ 11.004-74 СТ СЭВ 876-78. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для нормального распределения. – Введ. 10.07.1975. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 20 с.

6. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шаніро – М.: Мир, 1969.

7. Кассандро́ва О. Н. Обработка результатов измерений / О. Н. Кассандро́ва, В. В. Лебедев. – М.: Наука, 1970. – 104 с.

## **МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАРАБАННОГО ДОЗАТОРА С ВОРОТНИКОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

Д. А. Милько

*Аннотация* – в статье изложены материалы по проведению экспериментальных исследований барабанного дозатора с воротниковой поверхностью, приведено описание экспериментального оборудования и оборудования для измерения основных показателей процесса дозирования, изложена методика обработки полученных экспериментальных данных.

## **METHODS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF DRUM DISPENSER WITH CELLULAR SURFACE**

D. Milko

### *Summary*

In the article the materials of experimental research of drum dispenser with cellular surface are given. The description of the experimental setup and equipment for measuring key indicators of dispensing process and methods of experimental data processing are presented in the paper.