

УДК 631.363

КРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ НЕРІВНОМІРНОСТІ ПОДАЧІ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Безпалов Р. І., к.т.н.,

Запорізька державна інженерна академія

Мілько Д. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (067) 798-85-46

Анотація– роботу присвячено моделюванню процесу дозування дрібнодисперсного матеріалу.

Ключові слова – критеріальна модель, нерівномірність подачі, дозатор, дрібнодисперсний матеріал.

Постановка проблеми. З метою вирішення проблеми підвищення ефективності процесу дозування розроблено дозатор – розподільник дрібнодисперсних матеріалів [1].

Застосування в дозаторі розпушувача у вигляді пальців на циліндрі, розміщених у шаховому порядку дає змогу постійно перемішувати дрібнодисперсний матеріал, запобігати комкуванню матеріалу у просторі над ротором. Зміщення ротора відносно осі верхньої конусоподібної частини зменшує тиск (навантаження) на ротор, що забезпечує підвищення експлуатаційної надійності, зменшення енергозатрат і також запобігає комкуванню матеріалу.

Для обґрунтування оптимальних параметрів дозатора необхідним є знаходження взаємозв'язку між нерівномірністю подачі та конструктивно-режимними параметрами дозатора.

Аналіз останніх досліджень. Теорія дозування має багатовікову історію. Але загальновідомо, що складність процесу дозування обумовлює відсутність єдиної теорії і потребує подальших досліджень з метою обґрунтування нових технічних рішень. Особливо це стосується дозування дрібнодисперсних матеріалів, оптимізації їх характеристик, моделювання процесу тощо [2]. Аналітичні методи дійсні тільки для обраної конструкції дозатора, мають громіздкі вирази з багатьма коефіцієнтами. В цих випадках проблему розв'язують дослідним шляхом за допомогою методу аналізу розмірностей [3, 4].

Основна частина. Як об'єкт математичного описання дозатор, характеризується декількома десятками параметрів, зкотрих вибираю-

тсьянеобхідні з точки зору задач синтезу технологічної машини (табл. 1).

Таблиця 1 - Параметри дозатора

№ п/п	Параметри	Позначення	Розмірність
1. Вихідні параметри характеристики процесу дозування			
1	Нерівномірність подачі дрібнодисперсного матеріалу	v	-
2. Вхідні параметри-незалежні змінні			
2	Масова подача	Q	$[M][T]^{-1}$
3	Частота обертання барабану дозатора	n_6	$[T]^{-1}$
4	Частота обертання розрихлювача	n_B	$[T]^{-1}$
5	Прискорення вільного падіння	g	$[L][T]^{-2}$
3. Параметри дрібнодисперсного матеріалу			
6	Густина консерванту	ρ	$[M][L]^{-3}$
4. Конструктивні параметри дозатора			
7	Діаметр барабану	d_6	$[L]$
8	Ширина вивантажувальної щілини	s	$[L]$
9	Кут розкриття зменшувача тиску	α	-

Ці параметри об'єднані по ознаках, по-перше, що характеризують зв'язок або вплив зоб'єктом і, по-друге, по напрямку застосування параметрів у процесі синтезу машини.

Велика група параметрів, зокрема по робочих органах, вилучена з розгляду, оскільки окремі операції дозованого внесення добре описані та є необхідні методики розрахунку.

Група 2 дозволяє задавати режими роботи або взагалі організувати керування технологічним процесом. Група 3 визначає умови роботи, у діапазоні яких характеристики дозованого внесення задовольняють заданим вимогам. Визначення параметрів груп 2 і 4 ставиться до класу обернених задач, для розрахунку котрих і призначена розроблювана модель.

Відповідно до запропонованої параметричної схеми (табл. 1), модель нерівномірності подачі символічно можна описати залежностями:

$$v=f(Q, n_6, n_B, g, \rho, d_6, s, \alpha), \quad (1)$$

які згідно П-теорему можуть бути представлені у вигляді залежностей між числами подібності [1]. Для переходу до критеріїв подібності вибираємо в якості основних одиниць ρ , n_6 , d_6 , відповідний визначник яких не дорівнює нулю [3]. Розмірності інших величин у нових одиницях наступні:

$$[Q]=[\rho][n_6][d_6]^3; [n_B]=[n_6]; [g]=[n_6]^2 [d_6]; [s]=[d_6] \quad (2)$$

Величина α є безрозмірною.

Використовуючи метод нольових розмірностей, маємо (1) у вигляді:

$$v = \Phi_1\left(\frac{Q}{\rho n_6 d_6^3}, 1, \frac{n_6}{n_6}, \frac{g}{n_6^2 s}, 1, 1, \frac{s}{d_6}, \alpha\right) \quad (3)$$

Для подальшого використання у відповідності з загальноприйнятою методикою рівняння (3) представимо у вигляді:

$$v = K\left(\frac{Q}{\rho n_6 d_6^3}\right)^x, \left(\frac{n_6}{n_6}\right)^\beta, \left(\frac{g}{n_6^2 s}\right)^\gamma, \left(\frac{s}{d_6}\right)^\varphi, \alpha^\tau \quad (4)$$

Для проведення експериментальних досліджень розроблено та виготовлено стенд, який складається із експериментального зразка дозатора та необхідних допоміжних і вимірювальних пристроїв.

В процесі дослідження змінювали кут розхилу зменшувача тиску ($\alpha = \text{var}$), частоту обертання барабана дозатора ($n_6 = \text{var}$), ($s = \text{var}$). Діаметр барабана був сталим.

Для визначення нерівномірності подачі консерванту v , використовувався спеціальний стенд, який складається з дозатора 1, стрічкового транспортера 2, коробка для збору дрібнодисперсного матеріалу 3 (рис. 1). Розмір коробка для збирання дрібнодисперсного матеріалу складає: довжина – 390 мм; ширина – 100 мм; висота – 50 мм. Швидкість переміщення коробів складає 0,2 м/с.

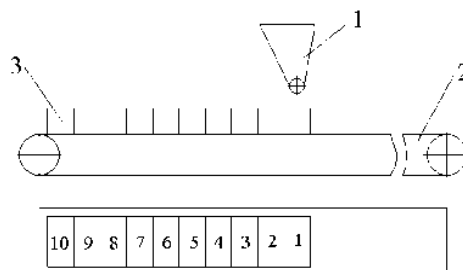


Рис. 1. Схема стенда для визначення нерівномірності подачі

Показник v масової нерівномірності подачі визначаємо по трьом повторюваностям дослідів:

$$v = \frac{\sum v_j}{3}, \quad v_j = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%, \quad (5)$$

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;

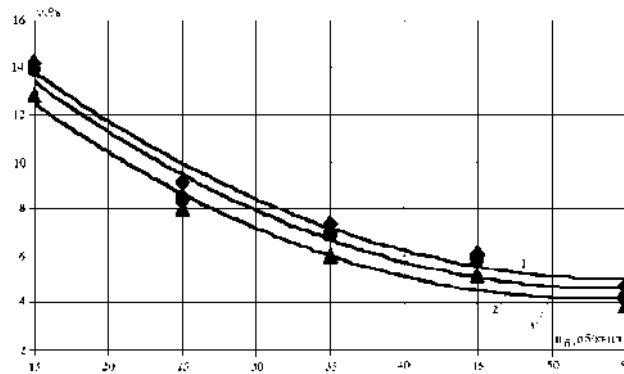
\bar{x} - середньоарифметична величина багаторазових вимірювань j -ої повторності дослідів;

n - кількість вимірювань;
 j - номер повторності.

Відповідно до розробленої методики, для визначення параметрів критеріальної моделі дозатора необхідно визначити експериментальну залежність:

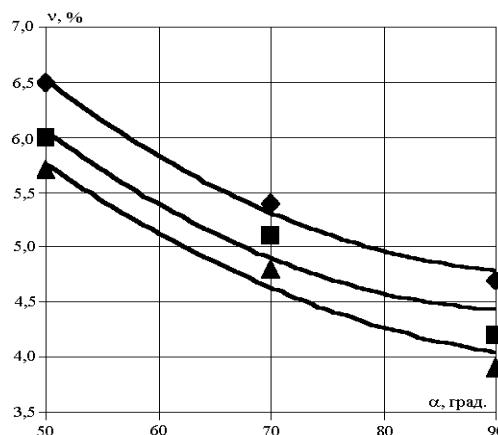
$$v = f(n_6, \alpha, s) \quad (6)$$

Результати з визначення нерівномірності подачі v в залежності від частоти обертання барабана дозатора n_6 , кута розкриття зменшувача тиску α відповідно до рис. 2, 3.



1 – 1 мм; 2 – 3 мм; 3 – 5 мм (частота обертання розрихлювача $n_B = 4,2 \text{ с}^{-1}$; кут розкриття зменшувача тиску $\alpha = 90^\circ$).

Рис. 2. Залежність нерівномірності подачі дрібнодисперсного матеріалу v від частоти обертання барабана дозатора n_6 при різних значеннях ширини вивантажувальної щілини s



1 – 1 мм; 2 – 3 мм; 3 – 5 мм (частота обертання барабану $n_6 = 5,8 \text{ с}^{-1}$; частота обертання розрихлювача $n_B = 4,2 \text{ с}^{-1}$).

Рис. 3. Залежність нерівномірності подачі дрібнодисперсного матеріалу v від кута розкриття зменшувача тиску α при різних значеннях ширини вивантажувальної щілини s

Обробку експериментальних даних починаємо з уявлення зале-
Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

жності $v = f(\alpha)$ у логарифмічних координатах відповідно до рис. 4.

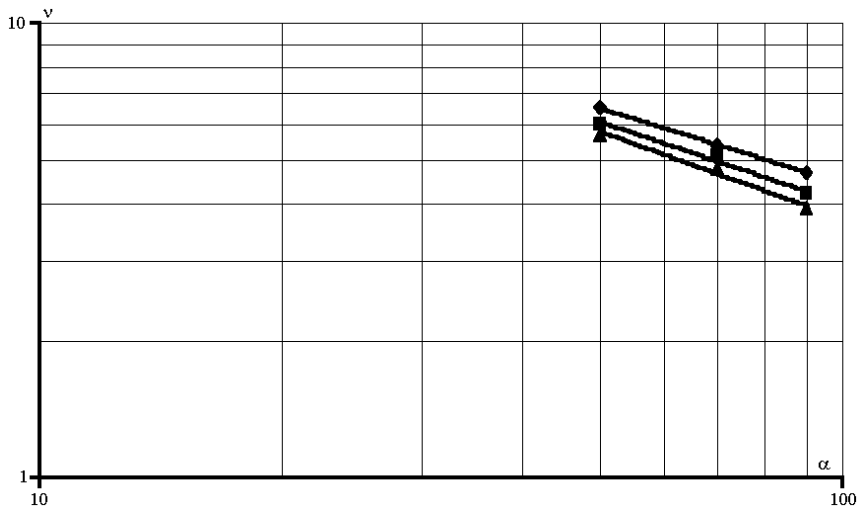


Рис. 4. Залежність нерівномірності подачі v від кута розкриття зменшувача тиску α

Представимо добуток числа подібності v і кута розкриття зменшувача тиску α , як функцію від геометричного симплекса (s/d_0) : $v\alpha^{-0,6} = f[(s/d_0)]$, відповідно до рис. 5.

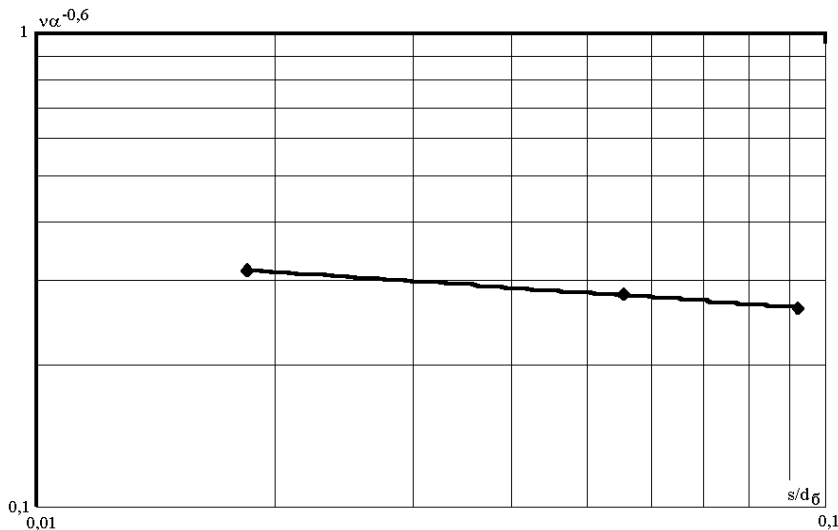


Рис. 5 Залежність добутку нерівномірності подачі v і кута розкриття зменшувача тиску α від геометричного симплексу (s/d_0)

Представимо добуток числа подібності v , кута розкриття зменшувача тиску α і геометричний симплекс (s/d_0) як функцію від числа подібності (n_B/n_0) : $v\alpha^{-0,6}(s/d_0)^{0,11} = f[(n_B/n_0)]$ відповідно до рис. 6.

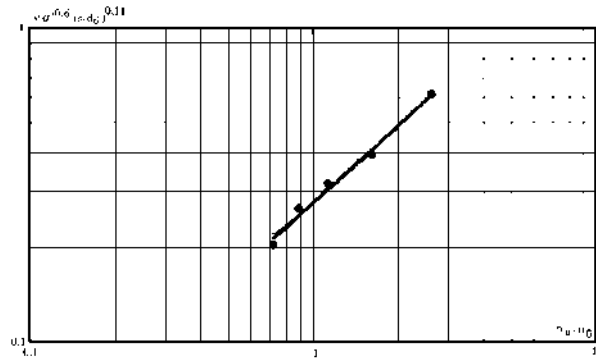


Рис. 6. Залежність добутку нерівномірності подачі v , кута розкриття зменшувача тиску α і геометричного симплекса (s/d_6) від числа подібності (n_B/n_6)

Представимо добуток числа подібності v , кута розкриття зменшувача тиску α , геометричного симплекса (s/d_6) і числа подібності (n_B/n_6) , як функцію від числа подібності $(g/n_6^2 s)$:

$$v \alpha^{-0,6} (s/d_6)^{0,11} (n_B/n_6)^{-0,82} = f[(g/n_6^2 s)] \text{ відповідно до рис. 7.}$$

З рис. 8 знайдені $K=0,36$, $\chi=0,02$.

Таким чином, критеріальна залежність нерівномірності подачі:

$$v = 0,36 \left(\frac{g}{n_6^2 s} \right)^{0,02} \alpha^{0,6} \left(\frac{s}{d_6} \right)^{-0,11} \left(\frac{n_B}{n_6} \right)^{0,82}, \quad (7)$$

- де g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;
 n_6 – частота обертання барабана дозатора, с^{-1} ;
 s – ширина вивантажувальної щілини дозатора, м ;
 α – кут розкриття зменшувача тиску дозатора, град.;
 d_6 – діаметр барабана дозатора, м ;
 n_B – частота обертання розрихлювача, с^{-1} .

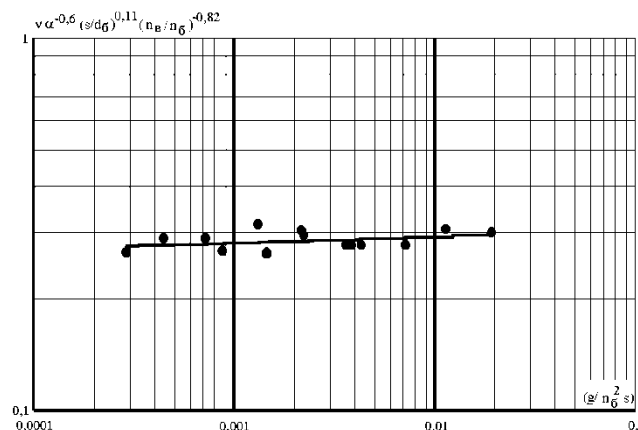


Рис. 7. Залежність добутку нерівномірності подачі v , кута раствору зменшувача тиску α , геометричного симплекса (s/d_6) і числа подібності (n_B/n_6) від числа подібності $(g/n_6^2 s)$

Максимальна відносна похибка між експериментальними і розрахунковими значеннями складає 22 %, а середнє значення складає 12 %, що підтверджує адекватність розробленої моделі по нерівномірності подачі.

Висновки. За допомогою методу аналізу розмірностей отримано критеріальне рівняння (7), яке дає зв'язок між характеристиками процесу дозування і конструктивно-технологічними параметрами дозатора.

Література:

1. Патент України на корисну модель № 18576. Дозатор-розподільник дрібнодисперсних матеріалів / *Беспалов Р.І., Мілько Д.О., Забудченко В.М., Курнаєв О.М.*; Заявл. 10.05.2006; Опубл. в бюл. № 11, 2006.

2. *Гячев Л.В.* Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / *Л.В. Гячев.* - М.: Машиностроение, 1968.- 184 с.

3. *Алабужев П.М.* Теория подобия и размерностей. Моделирование / *П.М. Алабужев, В.Б. Геронимус, Л.М. Минкевич, Б.А. Шеховцев.* - М.: Высшая школа, 1968.- 206 с.

4. *Гухман А.А.* Введение в теорию подобия / *А.А.Гухман.* - М.: Высшая школа, 1973.- 296 с.

КРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОДАЧИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Беспалов Р.И., Милько Д.А.

Аннотація –робота посвящена моделюванню процесу дозування мелкодисперсного матеріала.

A CRITERION MODEL OF THE UNEVENNESS OF FINELY DISPERSED MATERIALS SUPPLY

R. Bespalov, D. Milko

Summary

A paper is devoted to modelling of the process of metering of the finely dispersed material.