

УДК631.363.001.5

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОЗАТОРА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ІЗ ЦИЛІНДРИЧНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

Гвоздєв О.В., к.т.н.,

Котенко В.І., к.т.н.,

Гвоздєв В.О., к.т.н.,

Харченко М.Р., студент

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – Робота присвячена експериментальному обґрунтуванню параметрів об’ємного дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом та виявлення суттєвих факторів, які впливають на його конструктивно – технологічні параметри.

Ключові слова – обґрунтування, параметр, дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом, продуктивність, фактор.

Постановка проблеми. Дозування сипучих продуктів широко поширено у сільському господарстві; переробної промисловості: у кондитерському, хлібопекарському, комбікормовому й ін. виробництвах.

На думку [1,2] сучасні типи дозаторів сипучих продуктів сформувалися в результаті емпіричного добору. Ряд галузей харчової промисловості (хлібопекарна, кондитерська, елеваторна, комбікормова та інші) для дозування та змішування сипучих продуктів використовують свої традиційні конструкції дозаторів, які не завжди економічні й ефективні. Тому перед інженерами ставиться задача удосконалення конструкцій дозаторів і розробки методик розрахунків їхніх конструкцій, що підвищують якість дозування при максимальній продуктивності з мінімальними енерговитратами і металоємності, що в остаточному підсумку приводить до зниження вартості дозаторів.

Проблемою будь-якого з названих вище виробництв є правильний вибір типу дозатора, який був би простий по конструкції, мав мінімальну енергоємність, а головне забезпечував би дозування

компонентів суміші з заданим ступенем точності при різній продуктивності [1, 2].

Таким чином, вчені вживають спроби вдосконалення технологічного процесу дозування сипучих компонентів у напрямку створення машин, що використовують нові принципи й фактори, які суттєво впливають на процес дозування. При цьому висока точність та якість дозування повинна супроводжуватися скороченням енерговитрат на процес.

Аналіз останніх досліджень. Вибір схеми дозування залежить від умов і розмірів виробництва. За структурою робочого циклу дозування буває безупинним і порційним (дискретним), а по способу дозування – об'ємним і ваговим.

Збільшення масштабів виробництва визвало необхідність застосування безперервних способів виконання технологічних процесів і поставило нові вимоги до дозаторів [1, 3, 4, 5].

При обробці сипучого матеріалу (дозування, змішування) широко використовуються безперервно - діючі машини, робочим органом у яких є обертовий барабан [6].

На підставі аналізу літературних даних, теоретичних і експериментальних досліджень ряду авторів нами у якості об'єкту подальшого дослідження обрано технологічний процес об'ємного дозування з розробкою дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом [5].

Постановка задачі. Метою даної роботи є експериментальне обґрунтування основних параметрів об'ємного дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом та виявлення суттєвих факторів, які впливають на його конструктивно – технологічні параметри.

Основна частина. Виходячи з проведеного аналізу літературних і патентних джерел і результатів теоретичних досліджень була розроблена методика проектування об'ємного дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом без внутрішніх пристроїв та виготовлена експериментальна установка (рис.1) [5].

Робочим органом дозатора є сталевий обертовий циліндр (труба) 1, установлений на валу із приводом від мотор – редуктора 2. На входній ділянці вала усередині бункера - дозатора встановлене шнек для запобігання склепуєтворення у бункері 3. Передня стінка 4 бункера - дозатора виконана гнучкою для забезпечення зміни кута нахилу циліндра 1. Зміна кута нахилу циліндра здійснюють поворотом кронштейна 5.

При визначенні оптимальних параметрів і режимів роботи дозатора використовувалася методика оптимального планування екстремального експерименту [7, 8].

Виходячи з проведених теоретичних досліджень і конкретних можливостей експериментальної установки, як критерій оптимізації була обрано максимальна продуктивність дозування сипучих компонентів з мінімальними енерговитратами.

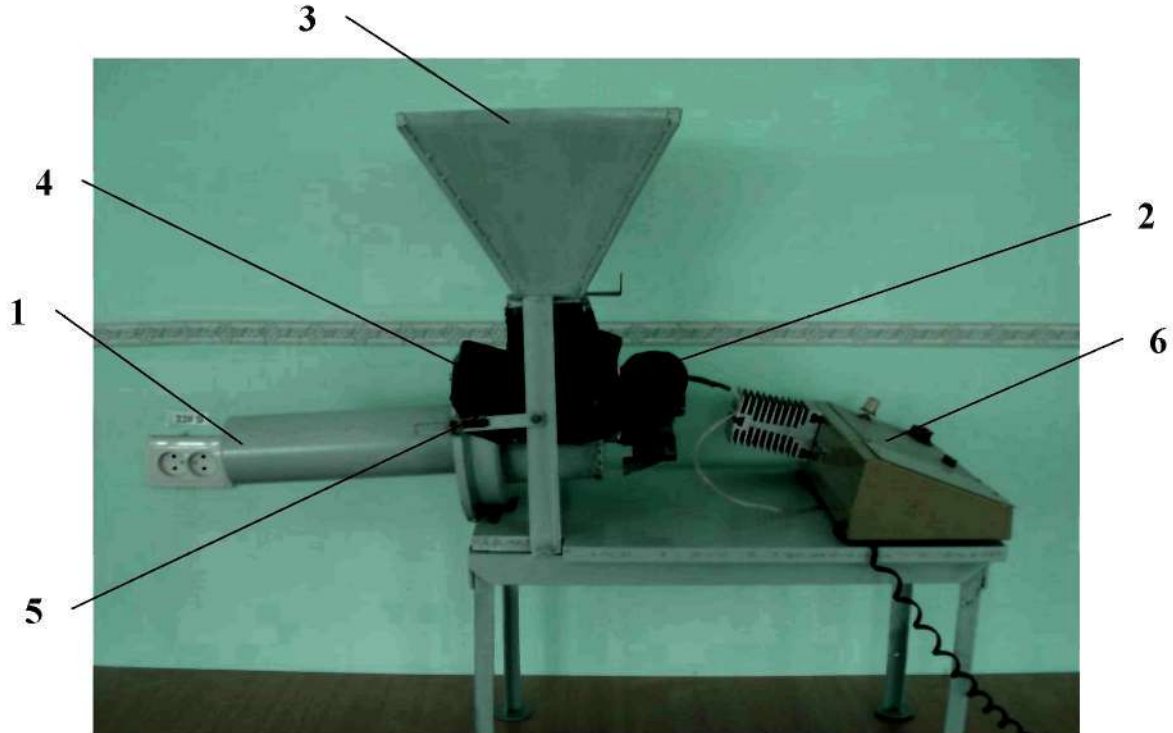


Рис. 1. Фото експериментальної установки дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом без внутрішніх пристроїв: 1 - обертовий циліндр; 2 - мотор – редуктор; 3 – бункер; 4 – гнучка передня стінка; 5 – кронштейн; 6 – пульт керування

На підставі аналізу апріорної інформації, проведених теоретичних досліджень рядові вчених і інститутів, власних теоретичних досліджень, попередніх пошукових експериментів, а також вимог, пропонованих до факторів [7], були обрані варіюємі фактори: кут нахилу робочого циліндра дозатора, α та частота обертання робочого циліндра дозатора, n при постійному діаметрі робочого циліндра дозатора $D = 0,08$ м.

Інші фактори, що визначають процес, приймалися постійними.

При проведенні експериментальних досліджень було застосовано центральне композиційне ортогональне планування іншого порядку [7, 8]. Це дозволило апроксимувати досліджувану поверхню відгуку поліномом другого ступеня

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{i < j}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} \cdot x_i^2, \quad (1)$$

де Y - вибіркова оцінка для критерію оптимізації;

b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} - коефіцієнти регресії;

x_1, x_2, \dots, x_k - незалежні перемінні (фактори).

Фактори встановлюються на двох рівнях варіювання і, як прийнято в теорії планування експерименту, умовно позначаються: нижня границя або нижній рівень фактора знаком -1, а верхня +1.

Частоту обертання робочого циліндра дозатора, n змінювали в межах 30...70 хв⁻¹. Кут нахилу робочого циліндра дозатора, α змінювали у межах 10...20° (таблиця 1).

На лабораторній установці при постійних параметрах дозуючого сипучого матеріалу (цукор пісок) вивчали залежність

$$Q = f(n, \alpha), \quad (2)$$

де n - частота обертання робочого циліндра дозатора, хв⁻¹;
 α - кут нахилу робочого циліндра дозатора, град.

Таблиця 1 - Кодування факторів

Інтервал варіювання i рівень факторів	Перший фактор n - частота обертання робочого циліндра, хв ⁻¹	Другий фактор α - кут нахилу робочого циліндра, град
Нульовий рівень $X_i = 0$	50	15
Інтервал варіювання ε	20	5
Нижній рівень $X_i = -1$	30	10
Верхній рівень $X_i = +1$	70	20
Кодове позначення	X_1	X_2

У результаті реалізації повного двохфакторного експерименту отримана аналітична модель продуктивності дозатора, описувана рівнянням регресії

$$y = 0,098 + 0,008x_1 + 0,006x_2 - 0,009x_1x_2 + 0,011x_1^2 - 0,012x_2^2 \quad (3)$$

У натуральних значеннях факторів рівняння (3) можна представити в наступному виді

$$Q = 0,061 + 0,002n + 0,0009\alpha - 0,00008n\alpha + 0,00003n^2 - 0,00046\alpha^2. \quad (4)$$

У формулах (3) і (4)

$$x_1 = \frac{n-50}{20}; \quad x_2 = \frac{\alpha-15}{5}.$$

На підставі рівняння регресії (4) отримана поверхня відгуку продуктивності дозатора за допомогою програмного забезпечення Maple 7 (рис. 2).

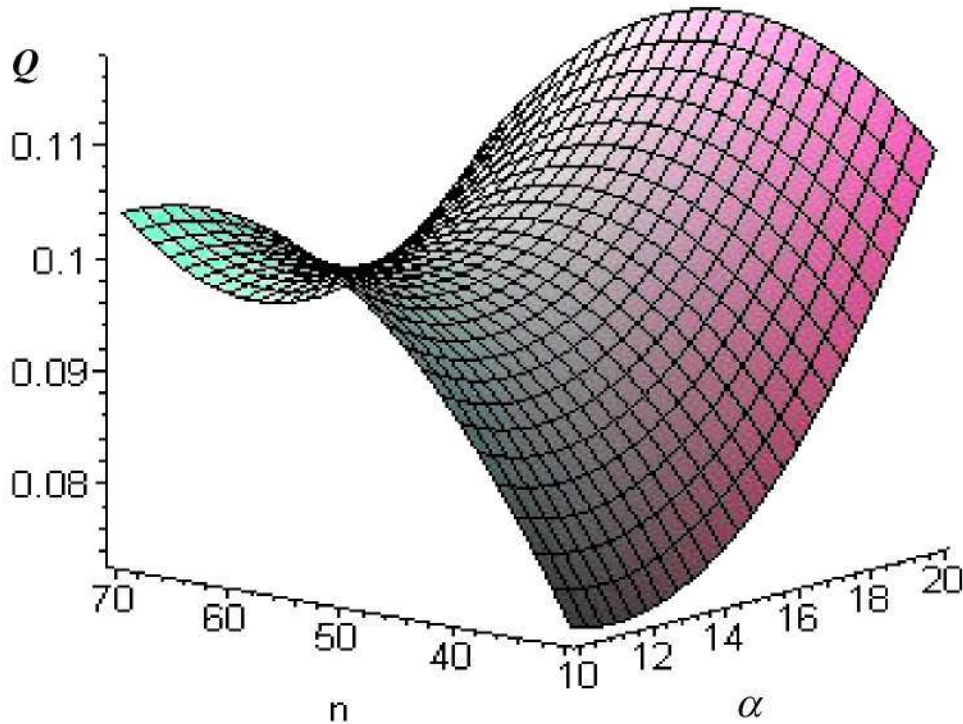


Рис. 2. Поверхня залежності продуктивності дозатора Q від частоти обертання робочого циліндра n , та кута його нахилу α

З поверхні залежності продуктивності дозатора від частоти обертання робочого циліндра дозатора n , та кута його нахилу α видно, що найбільша продуктивність дозатора (0,095...0,1 кг/с, або 350...400 кг/год.) досягається при частоті обертання робочого циліндра дозатора 60...65 об/хв. та куті його нахилу 20° .

Графічне розв'язання рівняння регресії представлено на рис. 3.

Як видно з графіків (рис. 3), теоретична формула продуктивності дозатора (5) при коефіцієнті кінематичного режиму $K < 0,3$ цілком прийнятна для практичних розрахунків, тому що продуктивність постійно зростає.

$$Q = \frac{30\pi D^3 n \rho}{\operatorname{tg}(\beta - \alpha)(A + B\sqrt{K})}, \quad (5)$$

де D – діаметр циліндра, м;

n – частота обертання циліндра, хв^{-1} ;

ρ – насипна щільність матеріалу кг/м^3 ;

β - динамічний кут природного укоосу, град;

A, B - коефіцієнти, які визначаються дослідним шляхом і дорівнюють відповідно 13,75 і 7,33;

$K = \frac{\pi^2 n^2 D}{1800g}$ - коефіцієнт кінематичного режиму.

$Q, \text{кг/год}$

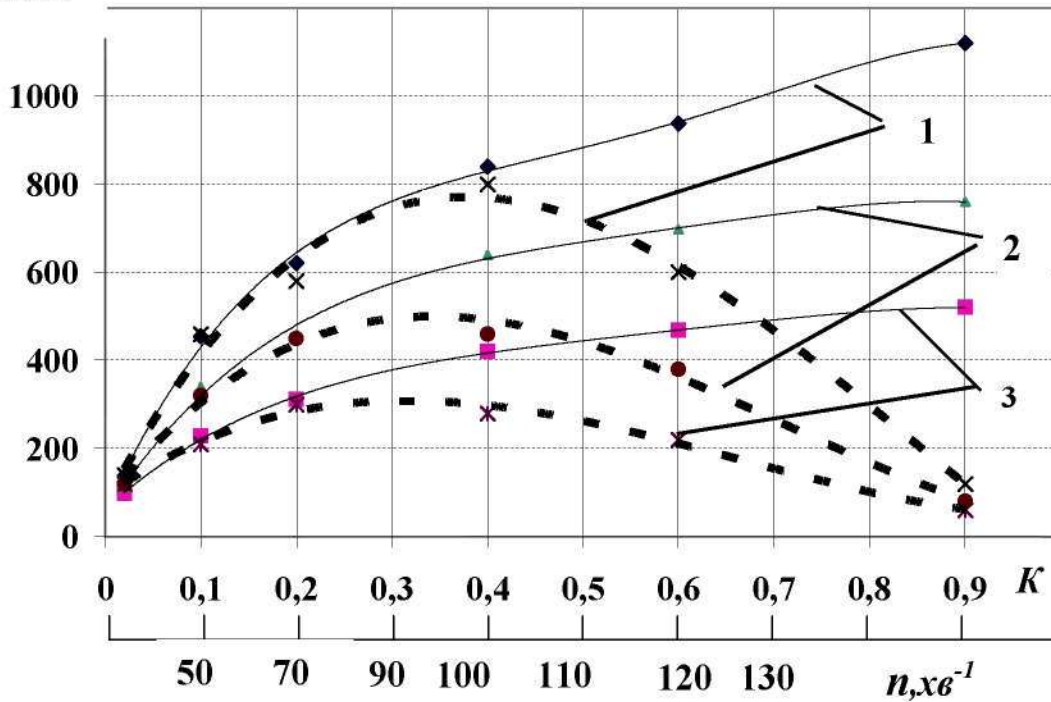


Рис. 3. Залежність продуктивності Q дозатора від коефіцієнта кінематичного режиму K ($D = 0,08$ м) та частоти обертання робочого циліндру n при α : 1 - 20° ; 2 - 15° ; 3 - 10° ; ———— - теоретична; - - - - - експериментальна.

При $K > 0,3$ змінюється фізична сутність руху матеріалу в робочому циліндрі, особливо при зростанні кута його нахилу, оскільки частки після участі у вільному польоті вдаряються об стінку циліндра, а потім починають рухатися майже по кругових траєкторіях. У результаті продуктивність дозатора різко падає, наближаючись до нуля.

Тому для практичних розрахунків продуктивності дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом необхідно обирати коефіцієнт кінематичного режиму K в межах $0 < K < 0,3$, причому чим більше насипна щільність матеріалу тем менше треба обирати значення K та більше кут нахилу α .

Продуктивність дозатора можна регулювати зміною частоти обертання, діаметра й кута нахилу циліндра. У першому випадку

необхідний громіздкий привод, а при використанні електричного способу регулювання різко зростає вартість дозатора. У другому - виникають складності конструктивного порядку й, крім того, можливо лише ступенева зміна витрати. При регулюванні продуктивності зміною кута нахилу робочого органа зазначені недоліки усуваються.

Тому для визначених значень частоти обертання і діаметра циліндричного робочого органа дозатора його продуктивність пропонується регулювати зміною кута нахилу робочого циліндра.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

Аналіз поверхні відгуку (рис. 2) показав, що найбільша продуктивність дозатора (0,095...0,1 кг/с, або 350...400 кг/год.) досягається при частоті обертання робочого циліндра дозатора 60...65 об/хв. та куті його нахилу 20° .

Для практичних розрахунків продуктивності дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом необхідно обирати коефіцієнт кінематичного режиму K в межах $0 < K < 0,3$, причому чим більше насипна щільність матеріалу тем менше треба обирати значення K та більше кут нахилу α .

Для визначених значень частоти обертання і діаметра циліндричного робочого органа дозатора його продуктивність пропонується регулювати зміною кута нахилу робочого циліндра.

Література

1. Семенов В.И. Сокращение энергозатрат при приготовлении комбикормов для птицы с прогнозируемой точностью дозирования компонентов. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. / В.И. Семенов. - Оренбург, 1998 – 20с.
2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. / Ю.И. Макаров М.: Машиностроение. 1973 – 216с.
3. Бутковский В.А. Технология зерноперерабатывающих производств / В.А. Бутковский, А.И. Мерко, Е.М. Мельников. – М.: Интерграф. сервис, – 1999 – 472с.
4. Гвоздев О.В. Теоретичне обґрунтування параметрів швидкохідних гвинтових дозаторів сипучих матеріалів. / О.В. Гвоздев, Д.О. Мамонов, Т.О. Гвоздева. -Праці ТДАТА. Вип. 25. Мелітополь: 2005. С. 87 – 91.
5. Гвоздев О.В. Проектування об'ємного дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом./ О.В. Гвоздев, Е.В. Ялпачик, С.С.

Барсуков. - Праці ТДАТУ. Вип. 8., том. 7. Мелітополь: 2008. С. 33 – 39.

6. Трофимов А.В. Исследование движения сыпучих материалов в машинах барабанного типа без внутренних устройств. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. / А.В. Трофимов - Москва, 1973 – 16с.

7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Программированное введение в планирование эксперимента./ Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский - М.: Наука, 1971. - 283 с.

8.Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов./ В.В. Налимов, Н.А. Чернова. - М.: Наука, 1965. - 340 с

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДОЗАТОРА БЕСПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Гвоздєв А.В., Котенко В.И., Гвоздєв В.А, Харченко М.Р.

Аннотация – Работа посвящена экспериментальному обоснованию параметров объемного дозатора непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом и определению существенных факторов, которые влияют на него конструктивно – технологические параметры.

EKSPERIMENTAL MOTIVATION OF PARAMETERS SPEED SCREW INSTRUMENTS FOR DOSAGE LOOSE MATERIAL

O. Gvozdev, V. Kotenko, V. Gvozdev, M. Harchenko

Summary

Work is devoted to the experimental ground of parameters of by volume metering device of continuous action with a cylindrical working organ and determination of substantial factors which influence on him structurally are technological parameters.