

УДК 631.363.7.001.2

ТЕОРІЯ ІМОВІРНОСТІ, ЯК СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОВОГО ЗМІШУВАЧА

В.О.Гвоздєв, асистент

Таврійська державна агротехнічна академія

Робота присвячена визначенню конструктивних параметрів гвинтового змішувача за допомогою математичного моделювання та теорії імовірності в інженерних дослідженнях.

Робота посвящена определению конструктивных параметров шнекового смесителя с помощью математического моделирования и теории вероятности в инженерных достижениях.

Постановка проблеми. Розробка устаткування для змішування комбікормів зв'язана з великими матеріальними витратами. Перед дослідниками виникає питання як з мінімальними витратами праці і засобів провести якісні наукові дослідження. Допомогти їм у цьому

може математичне моделювання (фізичне і геометричне) [1; 2; 3]. Однак не завжди вдається за допомогою тільки математичного моделювання вірогідно перенести отримані результати на натуральний зразок, оскільки не завжди надається можливість врахувати зміну співвідношення між розмірами часток корму і геометричних параметрів змішувача [1]. У цьому випадку велику допомогу може надати теорія імовірності в інженерних дослідженнях [4].

Аналіз останніх досліджень. Використання теорії подоби і математичного моделювання значно скорочує витрати праці і засобів при створенні сучасних змішувачів кормів [5]. Проблема полягає лише в тому, як правильно і вірогідно перенести результати математичного моделювання на експериментальні зразки. Як вказується в роботах [6; 7], для позитивного рішення зазначеної проблеми необхідно використовувати ймовірні способи визначення конструктивних параметрів розроблювального устаткування.

Постановка завдання. У даній статті ставиться заведення використання теорії імовірності для визначення конструктивних параметрів гвинтового змішувача при його математичному моделюванні.

Основна частина. При фізичному моделюванні змішувачів комбікормів важливе значення має правильний вибір конструктивних параметрів моделі. Помилковий вибір масштабного коефіцієнта може призвести до значного перекручування дослідних даних.

Для визначення граничного значення мінімальної величини масштабного коефіцієнта моделі гвинтового змішувача розглянемо питання про ймовірну подобу системи комбікорм-змішувач при наявності наступних допущень:

- кормові компоненти, що змішуються, представляються у виді дискретного матеріалу, з однаковим розміром часток середнього діаметра d_{cp} ;
- фізичні властивості кормів, що змішуються, дозволяють у достатньому ступені забезпечити необхідну рівномірність їхнього змішування в достатньому їхньому об'ємі;
- у межах малого об'єму кормової маси кількість часток, середній розмір яких відповідає зоотехнічним вимогам, нестандартних часток (розмір часток не відповідає зоотехніч-

ним вимогам), порожнеч і інших елементів, а також сполучення їх між собою визначаються як випадкові події;

- так як елементарний об'єм моделі повинен мати усі властивості кормової маси, то він повинен бути достатнім за величиною, щоб наявність у ньому характерних, визначальних елементів (рівномірність розподілу часток зп об'ємом) відповідали тому положенню, що мало місце для великих об'ємів натурального зразку;
- модель кормової маси складається з тих же часток корму, що і кормові маси натурального зразку.

При конструюванні змішувачів комбікормів основним визначальним параметром є рівномірність змішування компонентів. Тому визначення конструктивних параметрів гвинтового змішувача буде виходити з показника рівномірності перемішування комбікорму.

Визначити рівномірність змішування комбікорму можна використовуючи інтеграл Лапласа [4]

$$\rho(a < y < b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-0,5t^2} dt. \quad (1)$$

У виразі (1) є нормованою випадковою величиною, зв'язаною з (числом настання випадкової події в незалежних вимірах) наступним співвідношенням

$$y = \frac{x - m_x}{\sigma}, \quad (2)$$

де m_x — математичне очікування випадкової величини x ;

σ — середнє квадратичне відхилення величини x .

Якщо поява випадкової величини x в розглянутому процесі рівноймовірна, тобто підкоряється нормальному закону розподілу, то математичне чекання можна визначити за формулою

$$m_x = n \cdot \rho, \quad (3)$$

де n — загальне число вимірів;

ρ — імовірність появи події x .

Середнє квадратичне відхилення σ можна визначити за виразом

$$\sigma = \sqrt{npq}, \quad (4)$$

де $q = 1 - p$ – імовірність протилежної події x .

Тоді вираз (1) представимо у виді

$$p \left(a < \frac{x - np}{\sqrt{npq}} < b \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-0,5t^2} dt. \quad (5)$$

Аналіз літературних джерел [1; 5; 6] показує, що в об'ємі комбікорму, що містить одиниць компонентів (вимірів), які складають стандартну групу часток корму, що відповідають зоотехнічним вимогам, максимальна C_2 і мінімальна C_1 рівномірність їхнього розподілу за об'ємом відповідно буде

$$(a = nc_1) < np < (b = nc_2). \quad (6)$$

Так як $a = nc_1$; $b = nc_2$, то імовірність улучення рівномірності змішування корму для нормальної розподіленої випадкової величини

$$y = \frac{x - np}{\sqrt{npq}} \quad (7)$$

з параметрами m_x і σ визначиться співвідношенням

$$p = \frac{1}{2\pi} \int_{y_1}^{y_2} e^{-0,5y^2} dy, \quad (8)$$

де

$$y_1 = \frac{a - np}{\sqrt{npq}} = \frac{nc_1 - np}{\sqrt{npq}} = \frac{(c_1 - p)\sqrt{n}}{\sqrt{pq}};$$

$$y_2 = \frac{b - n\rho}{\sqrt{n\rho q}} = \frac{(c_2 - \rho)\sqrt{n}}{\sqrt{\rho q}}.$$

Співвідношення (8) виражається через інтеграли Лапласа в такий спосіб

$$\rho = \Phi(y_2) - \Phi(y_1) \quad (9)$$

або

$$\rho = \Phi\left(\frac{(c_2 - \rho)\sqrt{n}}{\sqrt{\rho q}}\right) - \Phi\left(\frac{(c_1 - \rho)\sqrt{n}}{\sqrt{\rho q}}\right). \quad (10)$$

З літературних джерел [5; 6; 8; 9; 10] відомо, що по зоотехнічними нормами рівномірність змішування компонентів комбікорму повинна знаходитися в межах 84...96% при середньому діаметрі часток $d_{ср} = 0,002\text{м}$. Звідси при $c_1 = 0,84$ і $c_2 = 0,96$; $\rho = 0,9$; $q = 0,1$ імовірність шуканого становища буде

$$\rho = 2\Phi(0,2\sqrt{n}). \quad (11)$$

Для визначення масштабного коефіцієнта геометричної подоби моделі змішувача необхідно спочатку, задаючи значення n , за виразом (11) обчислити аргумент Φ і по таблицях значень функції Лапласа [4] визначити шукану імовірність (таблиця 1).

Таблиця 1

Визначення імовірності шуканого становища корму,
що перемішується

n	\sqrt{n}	$0,2\sqrt{n}$	Φ	ρ
100	10,0	2,00	0,477	0,954
150	12,2	2,45	0,493	0,986
200	14,1	2,82	0,497	0,994
250	15,8	3,16	0,499	0,998

З таблиці видно, що при $n = 250$ шукана імовірність близька

до вірогідності (правило $3\sigma = 0,997$). Це значить, що в 99,8% випадків у заданому об'ємі корму рівномірність змішування компонентів, що складаються з 250 окремих складових часток з $d_{\text{ср}} = 0,002\text{м}$, буде не менш 84%.

Раніше встановлено [11], що істотними конструктивними факторами, які впливають на рівномірність змішування компонентів комбікормів гвинтовим змішувачем, є діаметр, крок і довжина гвинта.

Щоб перейти від ймовірного розподілу часток корму по об'єму моделі камери змішування, зіставимо граничний об'єм часток корму з об'ємом моделі камери змішування. При цьому допустимо, що всі частки компонентів кормів, що змішуються, представляють кульки з діаметром $d_{\text{ср}}$, а довжина і діаметр моделі гвинта дорівнюють довжині і діаметрові моделі камери змішування.

На підставі вищевикладеного величина граничного об'єму, що dV складається з n часток корму з діаметром $d_{\text{ср}}$ і рівномірністю розподілу не менше 84%

$$dV = dV_i n, \quad (12)$$

де dV_i — елементарний об'єм частки корму.

$$dV_i = \frac{\pi d_{\text{ср}}^3}{6},$$

тоді

$$dV = \frac{\pi d_{\text{ср}}^3}{6} n. \quad (13)$$

Так як імовірне значення n повинне бути не менш 250, то

$$dV \geq 250 \frac{\pi d_{\text{ср}}^3}{6}. \quad (14)$$

Об'єм моделі камери змішування гвинтового змішувача

$$dV = \frac{\pi}{4} k_3 k_L D_M^3, \quad (15)$$

де k_3 — коефіцієнт заповнення камери;

$$k_L = \frac{L_M}{D_M} \text{ — коефіцієнт співвідношення довжини моделі ка-}$$

мери змішування L_M і його діаметра D_M .

Зіставляючи (15) і (14), маємо

$$D_M \geq \sqrt[3]{\frac{170}{k_3 k_L}} \cdot d_{cp}. \quad (16)$$

Мінімально-допустимий масштабний коефіцієнт діаметра гвинтового змішувача визначимо з виразу:

$$M \leq \frac{D_H}{\sqrt[3]{\frac{170}{k_3 k_L}} \cdot d_{cp}}, \quad (17)$$

де D_H — діаметр гвинта натурального зразка змішувача.

Знаючи мінімально-допустимий масштабний коефіцієнт і діаметр гвинта натурального зразка змішувача, можна визначити, використовуючи геометричну подоби, інші його конструктивні параметри: довжину L_H , крок гвинта S_H і т.д.

Висновки. Зниження матеріальних витрат при розробці устаткування для змішування комбікормів можна досягти шляхом застосування методів математичного моделювання з використанням теорії імовірності в інженерних дослідженнях (інтеграл Лапласа).

Імовірнісний спосіб визначення конструктивних параметрів гвинтового змішувача дозволяє з достатньою точністю враховувати розмірні співвідношення між частками корму і геометричними розмірами змішувача за допомогою мінімально-допустимого масштабного коефіцієнта співвідношення розмірів моделі і натурального зразка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. - М.: Машиностроение, 1973 – 216с.
2. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств. - К.: Вища школа, 1981 – 304с.
3. Лонцин М., Мерсон Р. Основные процессы пищевых производств. Пер. с англ. Ф.И. Естевой под. ред. Рогова И.А. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983 – 380 с.
4. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. - К.:Техника, 1975, – 766с.
5. Хлыстунов В.Ф. Механико-технологическое обоснование технического оснащения системы жизнеобеспечения свиноводства. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. зерноград: 2000 – 40с.
6. Кукта Г.М. Технологические и технические основы механизированных процессов приготовления кормов в условиях интенсификации животноводства. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. К.: 1980 – 40с.
7. Волик Р.Н. Технологическая надежность зерноочистительных машин и агрегатов. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. Ленинград-Пушкин: 1983 – 40с.
8. Эшдавлатов Э.У. Обоснование параметров и режимов работы смесителя непрерывного действия с тепловой обработкой кормов. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - Балашиха, 1990 – 16с.
9. Дмитрів Д.В. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів малогабаритних кормозмішувачів. Автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. Тернопіль, 2001 – 20с.
10. Ревенко І., Ревенко Ю. Комплексна оцінка варіантів приготування комбінованих кормів//Техніка АПК. 2000. - № 11-12. – С.26-27.
11. Ялпачик Ф.Ю., Гвоздев В.О. Визначення суттєвих факторів для подальшого вдосконалення шнекових змішувачів сипких компонентів // Вісник аграрної науки Причорномор'я. - Вип.1(25). - Миколаїв, 2004. – С.171-175.