

MÔ HÌNH VẬT LÝ MÁY TRỘN CỎ MỘT TRỤC VÍT CÔN ĐỨNG

Lương Thị Minh Châu

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email : chauhn78@vnua.edu.vn*

Ngày gửi bài: 29.01.2016

Ngày chấp nhận: 10.06.2016

TÓM TẮT

Mô hình vật lý được xây dựng cho máy trộn cỏ một trục vít côn đứng bao gồm hai mô hình: mô hình vật lý xác định công suất cho họ máy trộn cỏ một trục vít côn và mô hình vật lý xác định năng suất cho họ máy trộn cỏ một trục vít côn. Dựa vào mô hình vật lý này, xây dựng được dãy máy trộn đồng dạng với máy trộn đã nghiên cứu tối ưu các thông số. Rút ngắn quá trình nghiên cứu đối với các loại mô hình máy khác nhau nhằm tăng năng suất trong tính toán thiết kế chế tạo máy mà vẫn có được một họ máy trộn cỏ một trục vít côn có chế độ làm việc tối ưu phù hợp với các công suất và năng suất khác nhau.

Từ khóa: Máy trộn một trục vít côn, mô hình vật lý.

Physical Model of the Vertical Cone-Shaped Screw Mixer

ABSTRACT

Physical model built for the vertical cone-shaped screw mixer consists of two physical models to determine the capacity and productivity of the vertical cone-shaped screw mixer. Based on the physical models we built vertical cone-shaped screw mixers identical with that of optimum parameters. Research process for the different machine models to raise productivity in calculating, design, manufacturing can be shortened but vertical cone-shaped screw mixers with optimal work fitting to the different power and productivity could be achieved.

Keywords: Physical model, vertical cone-shaped screw mixer.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực chế biến thức ăn cho chăn nuôi, đặc biệt là chăn nuôi gia súc, khâu quan trọng là trộn thức ăn thô, thô - tinh còn rất nhiều hạn chế, lĩnh vực nghiên cứu chuyên sâu chưa có nhiều và chưa công bố kết quả. Việc nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở việc thiết kế, chế tạo mẫu máy trộn hỗn hợp thức ăn thô (phụ phẩm nông nghiệp, cỏ, rơm,...) với thức ăn tinh. Vì vậy, cần có công trình nghiên cứu chuyên sâu “nghiên cứu các thông số tối ưu của máy trộn cỏ một trục vít côn đứng bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm”. Công trình đã cho các kết quả nghiên cứu tối ưu của mẫu máy không những vẫn đảm bảo đúng chỉ tiêu về độ trộn đều

của hỗn hợp mà còn đáp ứng nhu cầu về mức chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất. Đó là kết quả rất nhiều nhà sản xuất mong đợi, từ đó có một cái nhìn tổng quát về chế độ làm việc hiệu quả của lĩnh vực trộn theo nguyên lý trộn các vật liệu dẻo. Với mong muốn sản xuất hàng loạt các mẫu máy trộn thức ăn thô, thô - tinh theo nguyên lý trộn các vật liệu dẻo, cần xây dựng mô hình vật lý bằng mô hình hóa theo phương pháp đồng dạng và phân tích thứ nguyên để nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình của một hiện tượng thay vì nghiên cứu trực tiếp hiện tượng ấy ở dạng tự nhiên. Do đó, phải xây dựng mô hình sao cho những kết quả thí nghiệm trên mô hình có thể áp dụng tính toán trên thực thể “thực địa”. Bài báo giới thiệu mô hình vật lý xác

định công suất và năng suất cho họ máy trộn cỏ và lập được dãy máy trộn cỏ một trục vít côn với những thông số làm việc tối ưu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp mô hình vật lý: cơ sở của phương pháp mô hình vật lý là lý thuyết đồng dạng và phép phân tích thứ nguyên. Theo định nghĩa Đồng dạng là phép biến đổi tuyến tính. Hai hệ đồng dạng với nhau nếu tất cả các đại lượng đặc trưng có cùng thứ nguyên, có chung toán tử biến đổi tuyến tính, trường hợp này gọi là đồng dạng toàn phần. Nếu có ít nhất một trong các đại lượng đó không cùng toán tử biến đổi tuyến tính thì gọi là hai hệ chỉ đồng dạng riêng phần. Xuất phát lý thuyết đồng dạng của Huchmann và Kinpitscher, điều kiện cần và đủ của đồng dạng là: “Nếu hai hệ có các chuẩn số đồng dạng bằng nhau thì đồng dạng với nhau”. Như vậy, để các họ máy trộn đồng dạng với nhau, chúng cần có chung chuẩn số đồng dạng. Từ các chuẩn số đồng dạng được lập từ mô hình vật lý về công suất và năng suất sẽ xây dựng được các đặc trưng kinh tế - kỹ thuật cho họ các máy trộn nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Máy mô hình

Mô hình máy được sử dụng để xây dựng dãy máy trộn cỏ một trục vít côn đứng thỏa mãn chế độ tối ưu của bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu. Các thông số của máy trộn cỏ một trục vít côn bao gồm:

- Các thông số hình học bao gồm:

Đường kính của thùng trộn: $D = 1800$ mm

Chiều cao thùng trộn: $L = 1200$ mm

Đường kính vít trộn: $d = 700$ mm

Bước vít: $S = 420$ mm

Bề rộng cánh vít: $b = 250$ mm

Góc nghiêng của phần hình côn: $\alpha = 65$ độ

- Các thông số động học bao gồm:

Tốc độ quay của trục vít: $n = 284$ vòng/phút

Thời gian trộn một mẻ: $t = 1,6$ phút

- Các thông số khác bao gồm:

Khối lượng một mẻ trộn: $q = 116,4$ kg

Công suất cần thiết để trộn: $N = 10$ kW

Mức tiêu thụ điện năng riêng: $Ar = 9,77$ kWh/t

Độ trộn đều của hỗn hợp: $k = 82,34$ %.

3.2. Mô hình vật lý xác định công suất cho họ máy trộn cỏ một trục vít côn

Công suất chi phí cho quá trình trộn hỗn hợp cỏ một trục vít côn đứng phụ thuộc vào các thông số hình học, thông số động học và các thông số động lực học đặc trưng cho máy. Do vậy, công suất N chi phí cho quá trình trộn hỗn hợp ở máy trộn cỏ một trục vít côn là hàm số của các biến số sau:

$$N = f(g, \gamma, D, L, d, S, b, n, \varphi, k, \alpha)$$

Trong đó:

g : gia tốc trọng trường (m/s^2)

γ : khối lượng thể tích của hỗn hợp (kg/m^3)

D : đường kính của thùng trộn (mm)

L : chiều cao của thùng trộn (mm)

d : đường kính vít trộn (mm)

S : bước của vít trộn (mm)

b : bề rộng cánh vít (mm)

n : tốc độ quay của trục vít (vòng/phút)

φ : hệ số chứa vật liệu (hệ số nạp đầy)

k : độ trộn đều của hỗn hợp (%)

α : góc nghiêng của phần hình côn (độ)

Do hệ số chứa φ , độ trộn đều của hỗn hợp k và góc nghiêng của phần hình côn α là các đại lượng không thứ nguyên nên ta đặt các chuẩn số $\pi_\varphi = \varphi$, $\pi_k = k$, $\pi_\alpha = \alpha$ để loại bỏ φ , k và α ra khỏi không gian biến để lập ma trận thứ nguyên (a_{ip}).

Các đại lượng D_{TB} , L , d , S , b có cùng thứ nguyên nên lập các chuẩn số:

$$\pi_L = \frac{L}{D}, \pi_d = \frac{d}{D}, \pi_s = \frac{S}{D}, \pi_b = \frac{b}{D}$$

và loại bỏ L , d , S , b ra khỏi không gian biến để lập ma trận thứ nguyên (a_{ip})

Lập ma trận thứ nguyên với các đại lượng còn lại như bảng 1.



Hình 1. Mô hình máy trộn cỏ một trục vít côn

Bảng 1. Ma trận thứ nguyên

ρ	Đại lượng					
	Thứ nguyên	1	2	3	4	5
1	M	1	0	1	0	0
2	L	2	1	-3	1	0
3	T	-3	-2	0	0	-1

Hạng của ma trận thứ nguyên và của ma trận con $(a_{ip})_{r \times r}$ đều bằng ba. Vậy chuẩn số cần tìm là $p = n - r = 5 - 3 = 2$. Do vậy, cần thiết chọn hai bộ nghiệm tự do.

Viết hệ phương trình cho bài toán này:

$$\begin{cases} 1 \times k_{1j} + 1 \times k_{3j} = 0 \\ 2 \times k_{1j} + 1 \times k_{2j} - 3 \times k_{3j} + 1 \times k_{4j} = 0 \\ -3 \times k_{1j} - 2 \times k_{2j} - 1 \times k_{5j} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Khi $j = 1$, ta chọn $k_{11} = 1$, chọn $k_{21} = 0$, thay các giá trị này vào hệ phương trình (1) được:

$$\begin{cases} 1 + k_{31} = 0 & k_{31} = -1 \\ 2 - 3 \times k_{31} + k_{41} = 0 & \Leftrightarrow k_{41} = -5 \\ -3 - k_{51} = 0 & k_{51} = -3 \end{cases}$$

Khi $j = 2$, ta chọn $k_{22} = 1$, chọn $k_{12} = 0$, thay các giá trị này vào hệ phương trình (1) được:

$$\begin{cases} 0 + k_{32} = 0 & k_{32} = 0 \\ 0 + 1 - 3 \times k_{32} + k_{42} = 0 & \Leftrightarrow k_{42} = -1 \\ -2 - k_{52} = 0 & k_{52} = -2 \end{cases}$$

Lập ma trận thí nghiệm qua bảng 2.

3.3. Mô hình vật lý xác định năng suất cho họ máy trộn cỏ một trục vít côn

Năng suất chi phí cho quá trình trộn hỗn hợp cỏ một trục vít côn đứng phụ thuộc vào các thông số hình học, thông số động học của máy. Do vậy, năng suất Q của quá trình trộn hỗn hợp ở máy trộn cỏ một trục vít côn là hàm số của các đối số sau:

$$Q = f(t, g, q, D, L, d, S, b, n, \gamma, \varphi, k, \alpha)$$

Trong đó:

t : thời gian trộn (phút)

g : gia tốc trọng trường (m/s^2)

q : tải trọng cung cấp hay khối lượng của một mẻ trộn (kg)

D : đường kính của thùng trộn (mm)

L : chiều cao của thùng trộn (mm)

d : đường kính vít trộn (mm)

S : bước của vít trộn (mm)

b : bề rộng cánh vít (mm)

n_1 : tốc độ quay của động cơ (vòng/phút)

α : góc nghiêng của phần hình côn (độ)

γ : khối lượng thể tích của hỗn hợp (kg/m^3)

φ : hệ số chứa vật liệu (hệ số nạp đầy)

k : độ trộn đều của hỗn hợp (%)

Do hệ số chứa φ , độ trộn đều của hỗn hợp k và α là đại lượng không thứ nguyên nên đặt các chuẩn số $\pi'_\varphi = \varphi$, $\pi'_k = k$ và $\pi'_\alpha = \alpha$ để loại bỏ φ , k và α ra khỏi không gian biến để lập ma trận thứ nguyên (a_{ip}).

Các đại lượng D , L , d , S , b có cùng thứ nguyên, lập các chuẩn số

$$\pi'_L = \frac{L}{D}, \quad \pi'_d = \frac{d}{D}, \quad \pi'_s = \frac{S}{D}, \quad \pi'_b = \frac{b}{D} \quad \text{và}$$

loại bỏ L , d , S , b ra khỏi không gian biến để lập ma trận thứ nguyên (a_{ip})

Lập ma trận thứ nguyên với các đại lượng còn lại như bảng 3.

Hạng của ma trận thứ nguyên và của ma trận con (a_{ip})_{r×r} đều bằng ba. Vậy chuẩn số cần tìm là $p' = n - r = 7 - 3 = 4$. Do vậy, cần thiết chọn bốn bộ nghiệm tự do.

Viết hệ phương trình cho bài toán này:

$$\begin{cases} 1 \times k_{1j} + 1 \times k_{4j} + 1 \times k_{7j} = 0 \\ 1 \times k_{3j} + 1 \times k_{5j} - 3 \times k_{7j} = 0 \\ -1 \times k_{1j} + 1 \times k_{2j} - 2 \times k_{3j} - 1 \times k_{6j} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Khi $j = 1$, chọn $k_{11} = 1$, chọn $k_{21} = k_{31} = k_{41} = 0$, thay các hệ số này vào hệ phương trình (2) được:

$$\begin{cases} 1 + k_{71} = 0 \\ k_{51} - 3 \times k_{71} = 0 \\ -1 - k_{61} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k_{71} = -1 \\ k_{51} = -3 \\ k_{61} = -1 \end{cases}$$

Khi $j = 2$, chọn $k_{22} = 1$, chọn $k_{21} = k_{31} = k_{41} = 0$, thay các hệ số này vào hệ phương trình (2) được:

$$\begin{cases} k_{72} = 0 \\ k_{52} - 3 \times k_{72} = 0 \\ 1 - k_{62} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k_{72} = 0 \\ k_{52} = 0 \\ k_{62} = 1 \end{cases}$$

Khi $j = 3$, chọn $k_{33} = 1$, chọn $k_{13} = k_{23} = k_{43} = 0$, thay các hệ số này vào hệ phương trình (2) được:

$$\begin{cases} k_{73} = 0 \\ 1 + k_{53} - 3 \times k_{73} = 0 \\ -2 - k_{63} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k_{73} = 0 \\ k_{53} = -1 \\ k_{63} = -2 \end{cases}$$

Khi $j = 4$, chọn $k_{44} = 1$, chọn $k_{14} = k_{24} = k_{34} = 0$, thay các hệ số này vào hệ phương trình (2) được:

$$\begin{cases} 1 + k_{74} = 0 \\ k_{54} - 3 \times k_{74} = 0 \\ -k_{64} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k_{74} = -1 \\ k_{54} = -3 \\ k_{64} = 0 \end{cases}$$

Lập ma trận thí nghiệm qua bảng 4.

Các chuẩn số:

$$\pi'_1 = \frac{Q}{D^3 \cdot n \cdot \gamma}, \quad \pi'_2 = t \cdot n, \quad \pi'_3 = \frac{g}{D \cdot n^2}, \quad \pi'_4 = \frac{q}{D^3 \cdot \gamma}$$

Không gian các chuẩn số:

$$\pi'_\varphi, \pi'_k, \pi'_\alpha, \pi'_L, \pi'_d, \pi'_s, \pi'_b, \pi'_1, \pi'_2, \pi'_3, \pi'_4,$$

Mô hình vật lý về công suất và năng suất của họ các máy trộn cỡ một trục vít côn có cùng chung các chuẩn số: $\pi_\varphi = \pi'_\varphi$, $\pi_k = \pi'_k$, $\pi_\alpha = \pi'_\alpha$, $\pi_L = \pi'_L$, $\pi_d = \pi'_d$, $\pi_s = \pi'_s$, $\pi_b = \pi'_b$

$$\text{Chuẩn số } \pi'_1 = \frac{\pi'_4}{\pi'_2}$$

3.4. Thành lập dãy máy trộn đồng dạng với máy trộn cỡ một trục vít côn đã nghiên cứu các thông số tối ưu

Các chuẩn số đồng dạng sau đây được dùng để xác định các đặc tính kinh tế - kỹ thuật của các máy đồng dạng

$$\pi_\varphi, \pi_k, \pi_\alpha, \pi_L, \pi_d, \pi_s, \pi_b, \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4,$$

Sau khi tính toán, thành lập được dãy máy trộn cỡ đồng dạng với máy trộn cỡ đã nghiên cứu được thể hiện qua bảng 5.

Bảng 2. Ma trận thí nghiệm

k_{ij} π_j	k_{1j}	k_{2j}	k_{3j}	k_{4j}	k_{5j}
π_1	1	0	-1	-5	-3
π_2	0	1	0	-1	-2

Bảng 3. Ma trận thứ nguyên với các đại lượng còn lại

ρ	Đại lượng Thứ nguyên	1	2	3	4	5	6	7
		Q	t	g	Q	D	N	γ
1	M	1	0	0	1	0	0	1
2	L	0	0	1	0	1	0	-3
3	T	-1	1	-2	0	0	-1	0

Bảng 4. Ma trận thí nghiệm

k_{ij} π'_j	k_{1j}	k_{2j}	k_{3j}	k_{4j}	k_{5j}	k_{6j}	k_{7j}
π'_1	1	0	0	0	-3	-1	-1
π'_2	0	1	0	0	0	1	0
π'_3	0	0	1	0	-1	-2	0
π'_4	0	0	0	1	-3	0	-1

Bảng 5. Dãy máy trộn cỡ đồng dạng

Đặc điểm kinh tế kỹ thuật	Ký hiệu	Đơn vị tính	Dãy máy trộn theo cỡ năng suất			
			1	2	3	4
Khối lượng mẻ trộn	Q	kg	116,4	166,4	216,4	266,4
Công suất cần thiết	N	kW	10	14,74	20,57	26,14
Đường kính thùng trộn	D	mm	1800	2014	2213	2372
Tốc độ quay trục vít	n	v/ph	284	268	256	247
Đường kính trục vít	d	mm	700	783	860	922
Bề rộng cánh vít	b	mm	250	268	308	330
Bước vít	S	mm	420	470	516	554
Chiều cao thùng trộn	L	mm	1200	1343	1476	1582
Thời gian trộn một mẻ	T	phút	1,6	1,7	1,8	1,84
Mức tiêu thụ điện năng riêng	Ar	kWh/t	9,77	10,65	12,14	12,75
Độ trộn đều của hỗn hợp	K	%	82,34	82,34	72,34	82,34
Góc nghiêng của phần hình côn	α	độ	65	65	65	65

4. KẾT LUẬN

Bằng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, trên cơ sở tính toán của lý thuyết mô hình, đồng dạng và phép phân tích thứ nguyên, xây dựng hai mô hình vật lý của máy trộn cỡ một trục vít côn đứng theo công suất và theo năng suất phụ thuộc vào các thông số hình học, thông số động học và các thông số động lực học đặc trưng cho máy.

Công suất N chi phí cho quá trình trộn hỗn hợp ở máy trộn cỡ một trục vít côn là hàm số của các biến số sau:

$$N = f(g, \gamma, D, L, d, S, b, n, \varphi, k, \alpha)$$

Năng suất Q của quá trình trộn hỗn hợp ở máy trộn cỡ một trục vít côn là hàm số của các đối số sau:

$$Q = f(t, g, q, D, L, d, S, b, n, \gamma, \varphi, k, \alpha)$$

Mô hình vật lý về công suất và năng suất của họ các máy trộn cỡ một trục vít côn có cùng chung các chuẩn số: $\pi_\varphi = \pi'_\varphi$, $\pi_k = \pi'_k$, $\pi_\alpha = \pi'_\alpha$, $\pi_L = \pi'_L$, $\pi_d = \pi'_d$, $\pi_S = \pi'_S$, $\pi_b = \pi'_b$

$$\text{Chuẩn số } \pi'_1 = \frac{\pi'_4}{\pi'_2}$$

Thành lập được dãy máy trộn đồng dạng với mẫu máy trộn ban đầu đã được nghiên cứu các thông số tối ưu. Với kết quả nghiên cứu này giúp cho việc đẩy nhanh quá trình tính toán, thiết kế và chế tạo máy trộn cỏ một trục vít côn đứng theo nguyên lý trộn vật liệu dẻo dùng làm thức ăn gia súc góp phần phát triển ngành chăn nuôi trong nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lương Thị Minh Châu (2006). Luận văn “Nghiên cứu các thông số tối ưu của máy trộn cỏ một trục vít côn đứng bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm”, Trường Đại học Nông Lâm Tp. HCM
- Phạm Văn Lang (1990). Cơ sở lý thuyết mô hình, đồng dạng, phép phân tích thứ nguyên - ứng dụng trong kỹ thuật nông nghiệp.