

NGHIÊN CỨU THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH VÀ XÁC ĐỊNH BIÊN ĐỘ DAO ĐỘNG CỦA SÀNG RUNG ĐA GÓC ĐỐC

NGUYỄN ĐĂNG TẤN, NGUYỄN VĂN XÔ,
NGUYỄN THẾ HOÀNG, TRẦN VIỆT LINH,
LÊ THỊ HỒNG THẮNG - *Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
Email: nguyendangtan@humg.edu.vn

Sàng rung đa góc dốc (banana screen - Sàng banan) là loại sàng mới, được dùng nhiều trên thế giới. Tuy nhiên, ở Việt Nam mới được dùng trong những năm gần đây. Sàng đa góc dốc khác với sàng rung khác là góc dốc mặt lưới sàng thay đổi, thông thường có ba góc dốc khác nhau. Nó có ưu điểm nổi bật là hiệu suất và năng suất cao hơn các loại sàng rung khác. Khi thiết kế loại sàng này với năng suất khác nhau, cần phải xác định các thông số dao động của sàng. Do đây là loại sàng mới được sử dụng ở Việt Nam, cần nghiên cứu chế độ dao động và xác định biên độ dao động. Đây là các thông số quan trọng quyết định hiệu suất của sàng. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu thiết lập mô hình và giải các phương trình vi phân dao động, áp dụng tính toán biên độ dao động cho sàng rung đa góc dốc làm cơ sở cho thiết kế chế tạo.

1. Nội dung nghiên cứu

1.1. Xây dựng mô hình và phương trình dao động của sàng rung

Biên độ, tần số dao động là các thông số cơ bản và quan trọng trong tính toán và thiết kế sàng rung. Các thông số này có thể xác định bằng các công thức kinh nghiệm, tuy nhiên, chúng không thể hiện được mối ràng buộc lẫn nhau giữa biên độ, tốc độ quay khối lệch tâm, độ cứng lò xo cũng như lực ly tâm. Để đảm bảo tính toán lựa chọn biên độ và tốc độ quay khối lệch tâm cần xác định được mối quan hệ lẫn nhau giữa các thông số dao động của sàng. Để nghiên cứu về động lực học sàng rung cần nghiên cứu lý thuyết dao động điều hòa chịu kích động bằng ngoại lực tuần hoàn gây ra bởi bộ rung. Từ đó áp dụng cơ sở lý thuyết dao động điều hòa để thiết lập mô hình dao động

của sàng, xác định biên độ, vận tốc và gia tốc của sàng. Phần lớn mô hình thiết kế sàng hiện đại dựa trên định luật 3 Newton và nguyên tắc tự cân bằng [1]. Độ cứng lò xo được xác định theo khối lượng thuyền sàng và chuyển vị tĩnh. Tải trọng trên thuyền sàng được giả thiết phân bố đều trên các lò xo đỡ hoặc treo. Biên độ và tần số của sàng được xác định theo thực nghiệm.

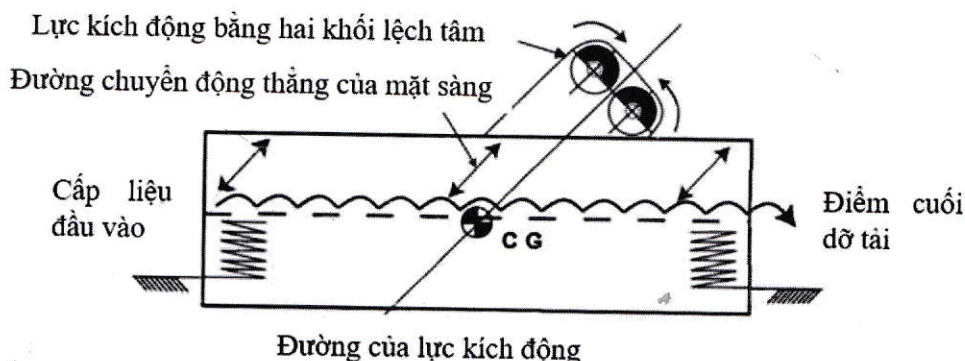
Trong tài liệu thiết kế máy và thiết bị sản xuất vật liệu xây dựng có đề cập đến tính toán số vòng quay thích hợp của trục lệch tâm cho sàng lắc phẳng [2]. Tuy nhiên, đối với sàng rung thì nhóm tác giả này chỉ đề cập sơ bộ đến việc phân tích lực quán tính theo phương thẳng đứng và nằm ngang mà không nêu phương pháp xác định tần số và biên độ cho sàng. Trong nghiên cứu về phân loại sàng rung [3] trình bày nguyên lý của các loại sàng rung dùng để phân loại khoáng sản cũng như các dạng quỹ đạo của chúng. Shah có đề cập đến xác định thành phần lực tác dụng lên sàng [4] (H.1). Thành phần lực này phụ thuộc vào biên độ, tần số của sàng rung. Nhờ vào hai khối lệch tâm, lực kích động theo phương nằm nghiêng làm quỹ đạo chuyển động của sàng cũng theo phương này.

Một số tài liệu khác có đề cập đến thành lập phương trình vi phân dao động cho các mô hình cơ học khác nhau như trong dao động kỹ thuật [5]. Ngoài ra, có một số nghiên cứu của Trường Đại học Mỏ-Địa chất về sàng đa góc dốc. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chỉ căn cứ vào các thông số tham khảo có sẵn để tiến hành mô phỏng và đánh giá mà không đề cập đến phương pháp xác định các thông số dao động của sàng.

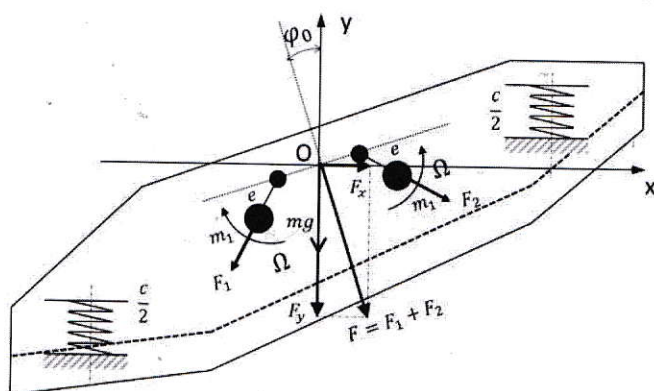
Mô hình dao động sàng rung đa góc thể hiện trên hình H.2. Thuyền sàng với ba đoạn góc dốc khác nhau được đặt trên hệ lò xo, gồm cụm lò xo

trên (02 lò xo) và cụm lò xo dưới (02 lò xo). Các cụm lò xo có độ cứng $c/2$. Bộ gây rung gồm hai khối

lệch tâm giống nhau, đối xứng và quay ngược chiều nhau với cùng vận tốc.



H.1. Mô hình sàng có quỹ đạo thẳng [4]



H.2. Mô hình cơ học của máy sàng rung quỹ đạo thẳng

Các thông số thể hiện trên hình H.2: m_0 - Khối lượng thuyền sàng và vật liệu trên sàng, kg; m_1 - Khối lượng khối lệch tâm, kg; e - Độ lệch tâm, m; Ω - Vận tốc quay khối lệch tâm, vòng/ph; F_1, F_2 - Các lực ly tâm sinh ra bởi khối lệch tâm; N; F - Hợp lực của hai lực F_1, F_2 , N; φ_0 - Góc nghiêng của hợp lực F với phương oy , độ; c_x, c_y - Độ cứng lò xo theo phương x, y , N/m.

Để thiết lập phương trình vi phân dao động của sàng quỹ đạo thẳng, sử dụng phương trình Lagrange loại 2 như sau:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial q} \right) = - \left(\frac{\partial \Pi}{\partial q} \right) - \left(\frac{\partial \Phi}{\partial q} \right) + Q^* \quad (1)$$

Trong đó: $T = 0,5.m.\dot{q}^2$ - Động năng của hệ, J; $\Pi = 0,5.c.q^2$ - Thế năng của hệ, J; $\Phi = 0,5.c.\dot{q}^2$ - Hàm hao tán; $Q = F(t)$ - Các lực suy rộng; q - Tọa độ suy rộng của hệ.

Trong tính toán, sàng làm việc ngoài khu vực cộng hưởng, chính xác hơn là sau khu vực cộng hưởng, do đó có thể bỏ qua hằng số giảm chấn. Lực tổng hợp F được xác định:

$$F = (2.F_1) = (2.F_2) = (2.m_1.e.\Omega^2.\sin\Omega t) \quad (2)$$

Thành phần lực F sẽ tạo dao động theo phương

x và y của máy sàng. Lực tác dụng theo phương y được xác định:

$$F_y = (\cos\varphi_0.2.m_1.e.\Omega^2.\sin\Omega t) = (F_{0y}.\sin\Omega t) \quad (3)$$

Lực tác dụng theo phương x được xác định:

$$F_x = (\sin\varphi_0.2.m_1.e.\Omega^2.\sin\Omega t) = (F_{0x}.\sin\Omega t) \quad (4)$$

Biểu diễn phương trình vi phân theo phương y có dạng sau:

$$m.\ddot{y} + b.\dot{y} + c.y = F_{0y}.\sin\Omega t \quad (5)$$

Hoặc biến đổi tiếp bằng cách chia hai vế cho m và ký hiệu $\hat{y} = F_{0y}/c$, dạng phương trình vi phân như sau:

$$\ddot{y} + 2.\delta.\dot{y} + \omega_0^2.y = \omega_0^2.\hat{y}.\sin\Omega t \quad (6)$$

Trong trường hợp này, do sử dụng lò xo trụ dây tròn, nên không có lực cản nhớt ($b=0$), cho nên có thông số: Độ cản nhớt Lehr D và ω_0 như sau [5]:

$$\omega_0^2 = c_y/m, m = 2.m_1 + m_0; \quad (7)$$

$$D = b/2.\sqrt{m.c} = 0.$$

Biên độ, vận tốc, gia tốc của máy sàng theo phương y được xác định như sau:

$$y(t) = \hat{y}.\sin(\Omega t + \varphi) = \hat{y}.\sin(\Omega t) \quad (8)$$

Các thông số được xác định như sau:

$$\hat{y} = \varepsilon.\cos(\varphi_0).\left(\frac{\eta_y^2}{1-\eta_y^2}\right); \quad (9)$$

$$\varphi_y = \arctan\left(\frac{-2.D.\eta_y}{1-\eta_y^2}\right) = 0.$$

Vận tốc dao động bởi khối lệch tâm liên quan đến vận tốc ban đầu khi dao động biên độ đó được xác định như sau:

$$\hat{v}_y = v_{oy}.\left(\frac{\eta_y^3}{1-\eta_y}\right) \quad (10)$$

Gia tốc dao động bởi kích động lệch tâm liên quan đến vận tốc ban đầu $a_{0y} = [\varepsilon.\cos\varphi_0.(\omega_{0y})^2]$ và được xác định như sau:

$$\hat{a}_y = a_{oy} \cdot \left(\frac{\eta_y^4}{1 - \eta} \right) \quad (11)$$

Biên độ, vận tốc, gia tốc của máy sàng theo phương y được xác định như sau:

$$x(t) = \bar{x} \cdot \sin(\Omega t + \varphi) = \bar{x} \cdot \sin(\Omega t) \quad (12)$$

Các thông số được xác định như sau:

$$\bar{x} = \varepsilon \cdot \sin \varphi_0 \cdot \left(\frac{\eta_x^2}{1 - \eta_x^2} \right) \quad (13)$$

Vận tốc dao động bởi khối lệch tâm liên quan đến vận tốc ban đầu khi dao động $v_{ox} = (\varepsilon \cdot \sin \varphi_0 \cdot \omega_{oy})$, biên độ đó được xác định như sau:

$$\hat{v}_x = v_{oy} \cdot \left(\frac{\eta_x^3}{1 - \eta} \right) \quad (14)$$

Gia tốc dao động bởi kích động lệch tâm liên quan đến vận tốc ban đầu $a_{ox} = [\varepsilon \cdot \sin \varphi_0 \cdot (\omega_{ox})^2]$, và được xác định như sau:

$$\hat{a}_x = a_{ox} \cdot \left(\frac{\eta_x^4}{1 - \eta} \right) \quad (15)$$

Theo kết quả từ lập mô hình dao động, vận tốc lớn nhất v_0 được xác định:

$$v_0 = \sqrt{(\hat{v}_x)^2 + (\hat{v}_y)^2} \quad (16)$$

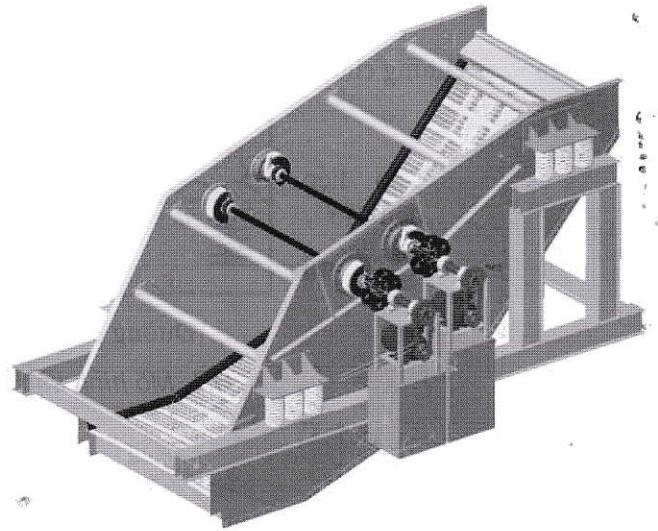
Theo kết quả từ lập mô hình dao động, gia tốc lớn nhất a_0 được xác định:

$$a_0 = \sqrt{(\hat{a}_x)^2 + (\hat{a}_y)^2} \quad (17)$$

1.2. Tính toán biên độ sàng đa góc dốc năng suất 650 tấn/h

Mô hình hình 3D của sàng đa góc dốc năng suất 650 t/h (H.3) được lắp đặt và vận hành tại Công ty Tuyển than Hòn Gai-Vinacomin. Sàng có hai trục lệch tâm quay ngược chiều nhau và được dẫn động từ hai động cơ điện. Toàn bộ sàng được

đặt trên hệ lò với bốn gối đỡ, mỗi gối đỡ có 3 lò xo trụ tròn.



H.3. Mô hình 3D máy sàng rung quỹ đạo thẳng

Một số thông số của sàng rung như sau:

- Lò xo: đường kính 210 mm; đường kính dây lò xo 30 mm; chiều cao tự do 410 mm; số lượng: 12 cái;
- Khối lượng thuyền sàng: 9.500 kg;
- Khối lượng vật liệu trên sàng: 300 kg;
- Khối lượng lệch tâm: 250 kg;
- Độ lệch tâm: 0,09 m;
- Vận tốc quay khối lệch tâm: 980 vòng/ph.

Trên cơ sở các thông số hình học của lò xo, tính được độ cứng của hệ lò xo $c = 1.151.603$ N/m. Đưa các thông số trên và độ cứng c vào các phương trình dao động đã xây dựng và giải cho các trường hợp khối lượng lệch tâm $m_1 = 250$ kg và $m_1 = 280$ kg, thu được kết quả như trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả vận tốc, gia tốc sàng khi $m_1 = 250$ kg

Thông số cho trước	c_y , N/m	C_x , N/m	m_1 , kg	m_0 , kg	e , m	φ_0 , độ	n (v/ph)
	1.151.603	1.151.603	250	9800	0,09	18	980
Kết quả tính	$\bar{y}$, m	$\bar{x}$, m	v_{oy} , m/s	$\hat{v}_y$, m/s	v_{ox} , m/s	$\hat{v}_x$, m/s	v_0 , m/s
	0,004	0,001	0,046	0,445	0,015	0,145	0,468
	a_{oy} , m/s ²	$\hat{a}_y$, m/s ²	a_{ox} , m/s ²	$\hat{a}_x$, m/s ²	a_0 , m/s ²		
	0,493	45,54	0,16	14,78	47,87		

Bảng 2 Kết quả vận tốc, gia tốc sàng khi $m_1 = 280$ kg

Thông số cho trước	c_y , N/m	C_x , N/m	m_1 , kg	m_0 , kg	e , m	φ_0 , độ	n (v/ph)
	1.151.603	1.151.603	280	9800	0,09	18	980
Kết quả tính	$\bar{y}$, m	$\bar{x}$, m	v_{oy} , m/s	$\hat{v}_y$, m/s	v_{ox} , m/s	$\hat{v}_x$, m/s	v_0 , m/s
	0,005	0,002	0,051	0,494	0,017	0,165	0,521
	a_{oy} , m/s ²	$\hat{a}_y$, m/s ²	a_{ox} , m/s ²	$\hat{a}_x$, m/s ²	a_0 , m/s ²		
	0,545	50,642	0,177	16,447	53,264		

Để đánh giá độ chính xác tính toán lý thuyết và thực tế, đã thực hiện đo biên độ dao động của sàng khi làm việc đạt công suất. Biên độ dao động trung bình đo được là 4,5 mm.

2. Thảo luận

Phân tích kết quả tính toán và so sánh kết quả tính toán lý thuyết và đo kiểm tra sàng đang làm việc cho thấy:

➤ Khi thay đổi khối lượng khối lệch tâm mà vẫn giữ nguyên các thông số của sàng khác như: độ cứng lò xo; vận tốc quay và độ lệch tâm của khối lệch tâm, theo tính toán, các thông số khác của sàng rung đa góc dốc thay đổi theo. Cụ thể, đối với sàng rung đa góc dốc năng suất 650 tấn/h của Công ty Tuyển than Hòn Gai-Vinacomin, khi tăng khối lượng khối lệch tâm từ 250 kg lên 280 kg thì gia tốc rung lớn nhất tăng từ $47,87 \text{ m/s}^2$ lên $53,64 \text{ m/s}^2$. Và vận tốc dao động tăng từ $0,468 \text{ m/s}$ lên $0,521 \text{ m/s}$. Điều này phù hợp với lý thuyết dao động chung. Như vậy, có thể thấy, khi cần điều chỉnh chế độ dao động của sàng, cách đơn giản và hợp lý là thay đổi khối lượng khối lệch tâm để chọn chế độ dao động phù hợp;

➤ Kết quả kiểm tra biên độ dao động sàng rung khi làm việc cho thấy kết quả tính toán tương đối phù hợp với kết quả đo thực tế. Điều này chứng tỏ mức độ phù hợp cao của các phương trình dao động đã thiết lập so với thực tế.

3. Kết luận

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây, có thể rút ra một số kết luận:

➤ Sàng rung đa góc dốc là loại sàng rung mới có năng suất và hiệu suất cao mới được đưa vào sử dụng tại Việt Nam, vì vậy cần nghiên cứu tính toán các thông số dao động để phục vụ lựa chọn các thông số của bộ gây rung của sàng;

➤ Phương trình dao động sàng rung đa góc dốc đã thiết lập có thể dùng để tính toán các dao động của sàng loại này trong thiết kế mới và thiết kế cải tạo sàng;

➤ Khi cần điều chỉnh chế độ rung của sàng đã có, giải pháp hợp lý là thay đổi khối lượng khối lệch tâm để lựa chọn chế độ dao động phù hợp. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. James F. Sullivan., Screening Theory and Practice, Triple Dynamics, 2012
2. Trần Quang Quý, Nguyễn Văn Vịnh, Nguyễn Bính, Máy và thiết bị sản xuất vật liệu xây dựng, NXB Giao thông vận tải, 2012
3. Piotr Wodzinski. Screens-Classification and Systematics Single-Plane Screens, Physicochemical

Problems of Mineral Processing Volume 41, trang 237-249, 2007

4. Shah K.P., Construction, Working and Maintenance of Electric Vibrators and Vibrating Screens, www.practicalmaintenance.net, 2018

5. Nguyễn Văn Khang, Dao động kỹ thuật, NXB Khoa học Kỹ thuật, 2005

Ngày nhận bài: 26/05/2019

Ngày gửi phản biện: 18/09/2019

Ngày nhận phản biện: 25/11/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2020

Từ khóa: sàng rung; đa góc dốc; thông số dao động; bộ gây rung; cửa sàng; khối lệch tâm

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

Tóm tắt: Khi thiết kế sàng rung đa góc dốc cần xác định độ rung của thông số. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết lập các phương trình và độ rung biên độ xác định của sàng rung đa góc dốc. Nó phải được sử dụng trong thiết kế và cải tạo sàng rung đa góc dốc.

Study to set up the equation and determine the amplitude of vibration of the vibrating banana screen with multiple angles

SUMMARY

When design banana screen it is necessary to determine parameters vibration. The paper present results of research establishment the equations and determination amplitude vibration of banana screen. It must be used in design and renovations of banana screens.



1. Không nên mưu việc lớn với những kẻ nói nhiều. Văn Trung Tử.
2. Một trái tim không lí tưởng là bầu trời không tinh tú. Gaston Dutil.
3. Bất kể người nào tôi gặp cũng có chỗ hơn tôi, đáng cho tôi học. Pascal.

VTH sưu tầm