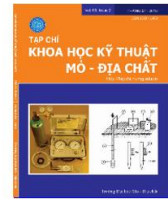




Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Phân tích chuyển động của hạt vật liệu và tối ưu hóa các tham số của máy cấp liệu rung hai chất thể GZS

Nguyễn Văn Xô ^{1,*}, Trần Viết Linh ¹, Phạm Văn Tiến ¹, Phạm An Cường ²

¹ Khoa Cơ điện, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/6/2017
 Chấp nhận 20/7/2017
 Đăng online 27/4/2018

Từ khóa:

Two-Mass GZS Vibratory Feeder
 Matlab Software Optimization
 Feeding Capacity

Máy cấp liệu rung hai chất thể GZS hiện đang dùng nhiều trong các ngành khai thác mỏ, xây dựng...tuy nhiên năng suất của máy vẫn còn hạn chế bởi vì nó phụ thuộc vào nhiều tham số (công nghệ, hình học, động học, động lực học...), việc tìm ra giá trị hợp lý của các tham số đó để máy làm việc cho năng suất cao là hết sức quan trọng. Vì vậy trong nghiên cứu của mình nhóm tác giả đi sâu vào phân tích ảnh hưởng của các tham số đó đến máy trong quá trình làm việc, sau đó ứng dụng phần mềm Matlab tối ưu hóa với hàm mục tiêu là vận tốc trung bình của hạt vật liệu (v_d) từ đó tìm ra giá trị hợp lý của các tham số đó để máy có năng suất lớn nhất khi làm việc. Kết quả nghiên cứu có thể làm tài liệu tham khảo cho các nhà khoa học trong quá trình nghiên cứu, thiết kế chế tạo máy.

© 2018 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Máy cấp liệu rung loại hai chất thể GZS hiện nay đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực (Wang Yun Chi, 2003), kết cấu và nguyên lý làm việc của nó như hình 1: bộ gá động cơ điện (4) và động cơ điện kích dao động (6) tổ hợp thành bộ phận kích dao động tạo ra lực kích dao động không đổi, thông qua lò xo chủ động (3) truyền đến máng cấp liệu (2), làm cho máng cấp liệu dao động lắc để thực hiện quá trình cấp liệu (Van Xo Nguyen, 2016).

Các nghiên cứu (Wang et al., 2009) đề cập đến tần số cố hữu của máy cấp liệu rung hai chất thể;

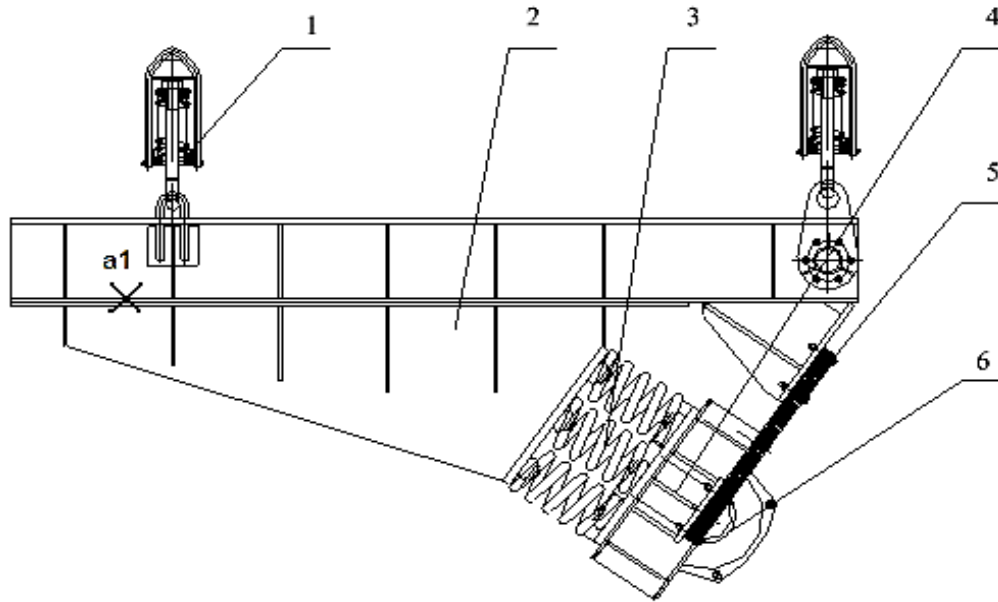
Ruan Wen Su (Van Xo Nguyen, 2013) ứng dụng phần mềm ADAMS để mô phỏng động lực học của máy cấp liệu rung hai chất thể và cho kết quả các đồ thị động lực học của máy cấp liệu rung hai chất thể. Tuy nhiên chưa có tác giả nào đề cập đến vấn đề nâng cao năng suất làm việc của máy, vì vậy trong bài báo này tác giả đi sâu vào nghiên cứu nghiên cứu nguyên lý làm việc của máy, nghiên cứu chuyển động của hạt vật liệu trên bề mặt máng cấp liệu khi máy làm việc, từ đó ứng dụng phần mềm Matlab xây dựng chương trình phân tích để tìm ra giá trị của tham số sao cho năng suất làm việc cho máy là lớn nhất.

2. Phân tích chuyển động của hạt vật liệu trên bề mặt máng cấp liệu

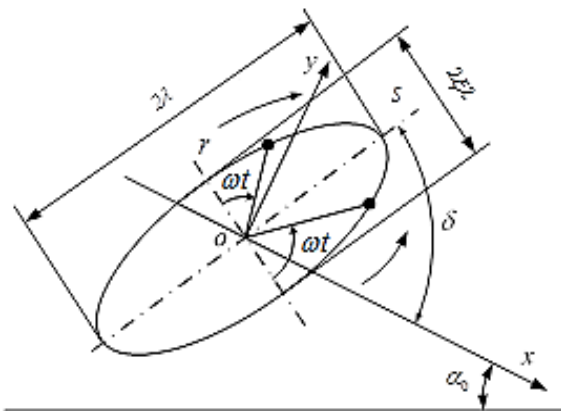
2.1. Quỹ đạo chuyển động của máng cấp liệu

*Tác giả liên hệ

E-mail: nguyenvanxo@humg.edu.vn



Hình 1. Kết cấu của máy cấp liệu rung loại GZS. 1 - Lò xo treo; 2 - Máng cấp liệu; 3 - Lò xo chủ động; 4 - Bộ gá động cơ điện; 5 - Lớp cao su nhiều lớp; 6 - Động cơ điện kích dao động.



Hình 2. Quỹ đạo chuyển động của máng cấp liệu.

Quỹ đạo chuyển động của máng cấp liệu có dạng elip như Hình 2 (Wen and Liu, 2001). Phương trình vị trí chuyển động của máng cấp liệu theo phương x và y như công thức (1), (2) và có đồ thị như Hình 3:

$$x = \lambda_x \sin(\omega t + \beta_x) \quad (1)$$

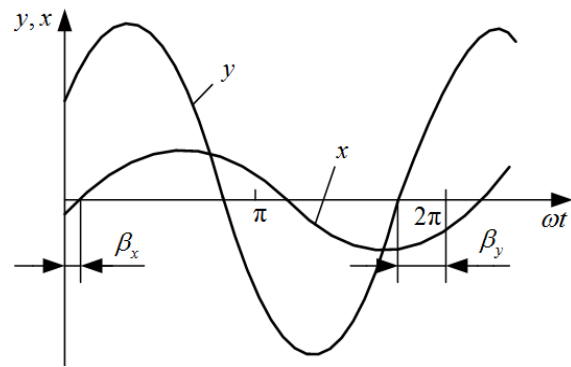
$$y = \lambda_y \sin(\omega t + \beta_y) \quad (2)$$

Trong đó: λ_x, λ_y biên độ dao động theo phương x và phương y

$$\lambda_x = \lambda \sqrt{\cos^2 \delta + \xi^2 \sin^2 \delta} \quad (3)$$

$$\lambda_y = \lambda \sqrt{\sin^2 \delta + \xi^2 \cos^2 \delta} \quad (4)$$

λ - bán kính trục dài elip; ξ - độ oval là tỷ lệ của trục dài và trục ngắn của elip, $0 \leq \xi \leq 1$; δ - góc phương dao động; α_0 - góc nghiêng của máng cấp liệu; ω - vận tốc góc; t - thời gian; β_x, β_y vị trí tương



Hình 3. Vị trí chuyển động của máng cấp liệu theo phương x và y.

đối ban đầu theo phương x và phương y.

$$\beta_x = \arctan(-\xi \tan \delta) \quad (5)$$

$$\beta_y = \arctan(\xi \tan \delta) \quad (6)$$

2.2. Vận tốc và gia tốc của máng cấp liệu

Từ công thức (1) và (2) lấy đạo hàm cấp 1 và cấp 2 ta tìm được vận tốc và gia tốc của máng cấp liệu là:

$$v_x = \omega \lambda_x \cos(\omega t + \beta_x) \quad (7)$$

$$v_y = \omega \lambda_y \cos(\omega t + \beta_y) \quad (8)$$

$$a_x = -\omega^2 \lambda_x \sin(\omega t + \beta_x) \quad (9)$$

$$a_y = -\omega^2 \lambda_y \sin(\omega t + \beta_y) \quad (10)$$

2.3. Lực tác dụng lên hạt vật liệu

Không xét lực tương tác giữa các hạt vật liệu, hạt vật liệu trên máng của máy cấp liệu rung hai

chất thể GZS chịu lực tác dụng như hình 4, hợp lực theo phương x và phương y là:

$$F_x = -m(a_x + \Delta\ddot{x}) + G \sin\alpha_0 \quad (11)$$

$$F_y = m(a_y + \Delta\ddot{y}) + G \cos\alpha_0 \quad (12)$$

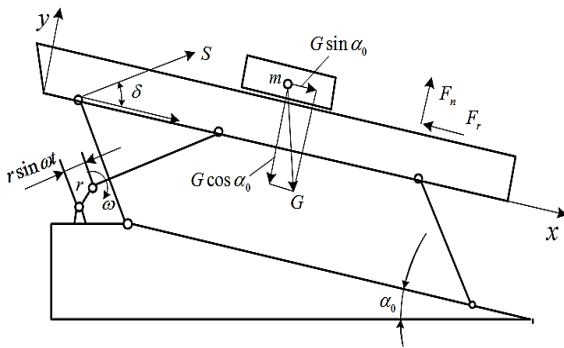
Trong đó: m, G - khối lượng và trọng lượng hạt vật liệu; $\Delta x, \Delta y, \Delta\dot{x}, \Delta\dot{y}, \Delta\ddot{x}, \Delta\ddot{y}$ - vị trí tương đối, vận tốc, gia tốc của hạt vật liệu với máng cấp liệu theo phương x và phương y.

Thay (10) vào (12) ta được (13)

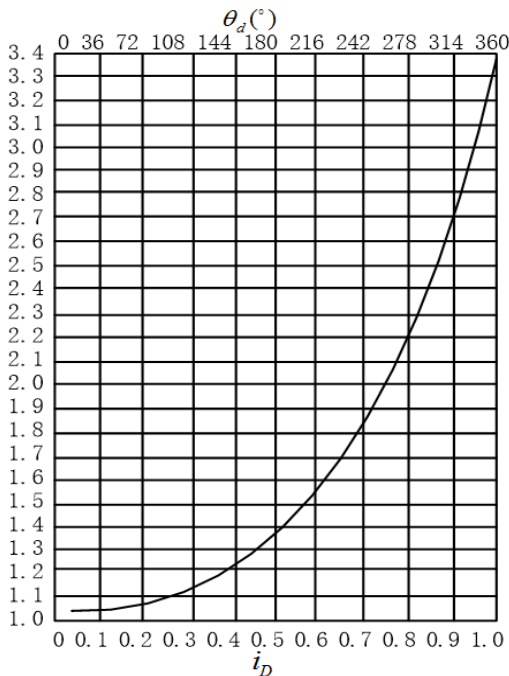
$$m\Delta\ddot{y} = F_n - G \cos\alpha_0 + m\omega^2\lambda_y \sin(\omega t + \beta_y) \quad (13)$$

Khi vật liệu bắt đầu xuất hiện chuyển động nhảy tức thời, dọc theo phương y gia tốc, áp lực thay vào (13) ta được:

Khi vật liệu bắt đầu xuất hiện chuyển động nhảy tức thời, dọc theo phương y gia tốc, áp lực thay vào (13) ta được:



Hình 4. Lực tác dụng lên hạt vật liệu.



Hình 5. Mối quan hệ giữa chỉ số nhảy D và hệ số cách nhảy i_d .

$$\begin{cases} m\omega^2\lambda_y \sin\varphi_{dy} - G \cos\alpha_0 = 0 \\ \varphi_{dy} = \omega t_{dy} + \beta_y \end{cases} \quad (14)$$

φ_{dy} - góc nhảy danh nghĩa đầu; $\varphi_{dy} = 0^\circ \div 180^\circ$;
 ωt_{dy} góc nhảy đầu;

$$D = \frac{1}{\sin\varphi_{dy}}$$

Thay vào (14) ta có:

$$\begin{cases} D = \frac{\omega^2\lambda_y}{g \cos\alpha_0} \\ \varphi_{dy} = \arcsin \frac{1}{D} \end{cases} \quad (15)$$

D gọi là chỉ số nhảy: khi $D < 1$, phương trình (15) không thể giải được tức là vật liệu không xuất hiện chuyển động nhảy; khi $D \geq 1$ vật liệu có thể xảy ra chuyển động nhảy. Như vậy để vật liệu xuất hiện chuyển động nhảy thì chỉ số nhảy D không nhỏ hơn 1.

2.5. Góc cách nhảy θ_d và hệ số cách nhảy i_D

Khi vật liệu xuất hiện chuyển động nhảy thì áp lực $F_n = 0$, thay vào (13) ta có:

$$\begin{cases} m\Delta\ddot{y} = -G \cos\alpha_0 + m\omega^2\lambda_y \sin\varphi_y \\ \varphi_y = \omega t + \beta_y \end{cases} \quad (16)$$

Tích phân hai lần gia tốc $\Delta\ddot{y}$ ta sẽ được vị trí tương đối:

$$\Delta y = -\lambda_y [\sin\varphi_{dy} - \sin\varphi_y + \cos\varphi_{dy}(\varphi_y + \varphi_{dy}) - \frac{1}{2} \sin\varphi_{dy}(\varphi_y - \varphi_{dy})^2] \quad (17)$$

Khi $\varphi_y = \varphi_{dy}$ thì $\Delta y = 0$, đơn giản hóa công thức (17) ta được:

$$\begin{cases} \cos\varphi_{dy} = \frac{\theta_d - (1 - \cos\theta_d)}{\theta_d - \sin\theta_d} \\ \theta_d = \varphi_{zy} + \varphi_{dy} \end{cases} \quad (18)$$

θ_d gọi là góc cách nhảy; $i_D = \frac{\theta_d}{2\pi}$ gọi là hệ số cách nhảy.

Theo công thức (15) và (18) ta có quan hệ giữa i_D và D như sau:

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\left(\frac{2\pi^2 i_D^2 + \cos 2\pi i_D - 1}{2\pi i_D - \sin 2\pi i_D}\right)^2 + 1} \\ &= \sqrt{\left(\frac{0.5\theta_D^2 + \cos\theta_D - 1}{\theta_D - \sin\theta_D}\right)^2 + 1} \end{aligned} \quad (19)$$

Từ công thức (19) ta có đồ thị mối quan hệ chỉ số nhảy D và hệ số cách nhảy i_D như Hình 5.

2.6. Vận tốc trung bình của hạt vật liệu

Theo Hình 4, gia tốc của hạt vật liệu theo hướng máng cấp liệu được tính như sau:

$$\Delta \ddot{x} = g \sin \alpha_0 - a_x \quad (20)$$

Thay (9) vào (20) ta được

$$\begin{cases} \Delta \ddot{x} = g \sin \alpha_0 - a_x = g \sin \alpha_0 + \omega^2 \lambda_x \sin \varphi_x \\ \varphi_x = \omega t + \beta_x \end{cases} \quad (21)$$

Tích phân 2 lần $\Delta \ddot{x}$ ta tìm được vị trí tương đối:

$$\begin{cases} \Delta x_d = \lambda_x (-\sin \varphi_{dx} + \sin \varphi_{dx} + \theta_d \cos \varphi_{dx}) + \frac{g \sin \alpha_0}{2\omega^2} \theta_d^2 \\ \varphi_{dx} = \varphi_{dx} + \theta_d, \varphi_{dx} = \omega t_d + \beta_x, \theta_d = 2\pi i_D \end{cases} \quad (22)$$

Vận tốc trung bình của hạt vật liệu là:

$$\begin{aligned} v_d &= \frac{\Delta x_d}{2\pi/\omega} = \frac{\omega \lambda_x}{2\pi} [\sin \varphi_{dx} (1 - \cos 2\pi i_D) \\ &+ \cos \varphi_{dx} (2\pi i_D - \sin 2\pi i_D)] + \frac{\pi i_D^2}{D} \omega \lambda_y \tan \alpha_0 \\ v_d &= \frac{\omega \lambda_x \cos(\beta_x - \beta_y)}{2\pi D} \{(\theta_d - \sin \theta_d) \\ &[\sqrt{D^2 - 1} - \tan(\beta_x - \beta_y)] + \\ &(1 - \cos \theta_d) [1 + \sqrt{D^2 - 1} \tan(\beta_x - \beta_y)]\} \\ &+ \frac{\theta_d^2}{4\pi D} \omega \lambda_y \tan \alpha_0 \end{aligned} \quad (23)$$

Thay công thức (3), công thức (4) vào công thức (23) và biến đổi ta được kết quả như sau:

$$\begin{aligned} v_d &= \frac{g \cos \alpha_0 \cos(\beta_x - \beta_y)}{2\pi \omega} \\ &\sqrt{(1 + \xi^2 \tan^2 \delta) / (\xi^2 + \tan^2 \delta)} \{(\theta_d - \sin \theta_d) \\ &[\sqrt{D^2 - 1} - \tan(\beta_x - \beta_y)] + (1 - \cos \theta_d) \\ &[1 + \sqrt{D^2 - 1} \tan(\beta_x - \beta_y)]\} + \frac{g \theta_d^2}{4\pi \omega} \sin \alpha_0 \end{aligned} \quad (24)$$

Vận tốc chuyển động trung bình thực tế của hạt vật liệu v_m (Wen et al., 1989)

$$v_m = C_\alpha C_h C_m C_w v_d \quad (25)$$

Trong đó: C_α - hệ số ảnh hưởng do góc nghiêng của máng cấp liệu, (tra bảng); C_h - hệ số ảnh hưởng do độ dày của lớp vật liệu, (tra bảng); C_m - hệ số ảnh hưởng do tính chất vật liệu, (tra bảng); C_w - hệ số ảnh hưởng do chuyển động trượt, (tra bảng).

3. Tối ưu hóa các tham số để năng suất cấp liệu của máy là lớn nhất

Năng suất cấp liệu của máy cấp liệu rung dạng GZS là (Wen et al., 1989):

$$Q = 3600 h B v_m \gamma \quad (26)$$

Trong đó: h - độ dày của lớp vật liệu (m); B - độ rộng của máng cấp liệu (m); γ - độ tơi xốp của vật liệu (t/m^3).

Cường độ dao động K của máy cấp liệu là (Wen et al., 1989):

$$K = \frac{\omega^2 \lambda}{g} \quad (27)$$

Từ các công thức (27), (15), (3) và (4) ta được:

$$D = \frac{K \sqrt{\sin^2 \delta + \xi^2 \cos^2 \delta}}{\cos \alpha_0} \quad (28)$$

Thay công thức (28) vào công thức (19) ta được:

$$\begin{aligned} K^2 (\sin^2 \delta + \xi^2 \cos^2 \delta) / \cos^2 \alpha_0 \\ = [(0.5\theta_d^2 + \cos \theta_d - 1) / (\theta_d - \sin \theta_d)]^2 + 1 \end{aligned} \quad (29)$$

Từ công thức (29) và công thức (24) ta có:

$$v_d = f(K, \alpha_0, \delta, \xi) g / \omega$$

$$f(K, \alpha_0, \delta, \xi) = \frac{\cos \alpha_0 \cos(\beta_x - \beta_y)}{2\pi} \quad (30)$$

$$\sqrt{(1 + \xi^2 \tan^2 \delta) / (\xi^2 + \tan^2 \delta)} \{(\theta_d - \sin \theta_d) \\ [\sqrt{D^2 - 1} - \tan(\beta_x - \beta_y)] + (1 - \cos \theta_d) \} \quad (31)$$

$$[1 + \sqrt{D^2 - 1} \tan(\beta_x - \beta_y)] + \frac{\theta_d^2}{4\pi} \sin \alpha_0$$

Chúng ta quan tâm khi K , α_0 , ξ cố định thì lựa chọn δ hợp lý để v_d đạt giá trị lớn nhất hoặc khi K , α_0 , δ cố định thì lựa chọn ξ hợp lý để v_d đạt giá trị lớn nhất (tức là năng suất cấp liệu Q lớn nhất).

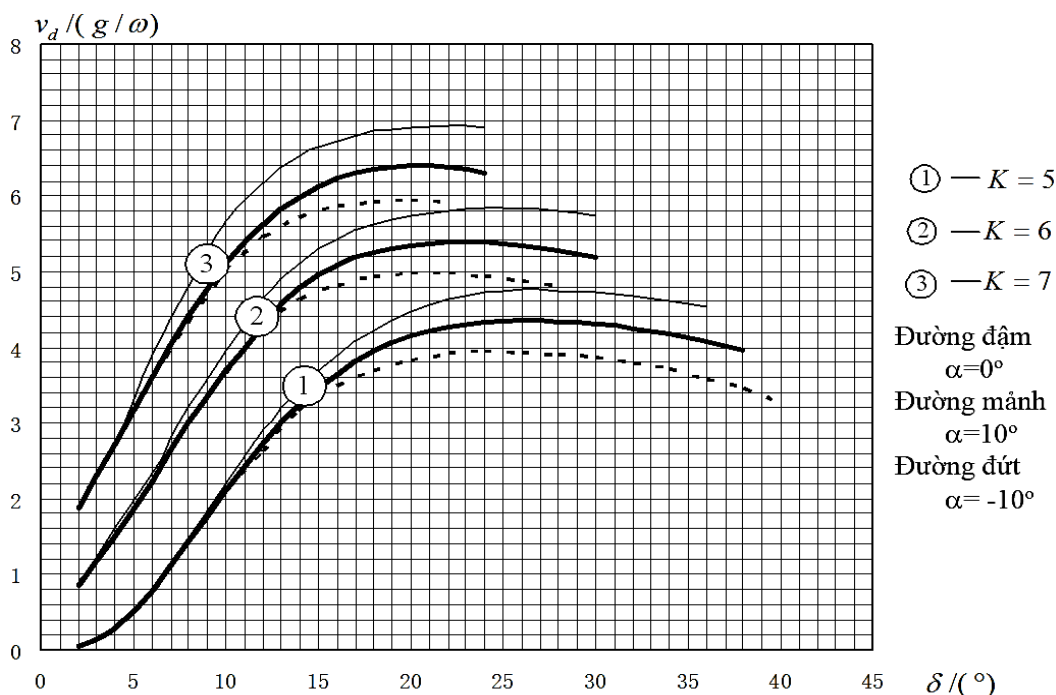
+ Khi $\xi = 0.2$ với các giá trị khác nhau của K và α_0 ta có đường cong quan hệ v_d - δ như Hình 6. Từ Hình 6 ta thấy: Khi K , δ , ξ cố định thì v_d tỷ lệ thuận với α_0 ; Khi α_0 , δ , ξ cố định thì v_d tỷ lệ thuận với K ; Tùy theo K tăng, δ cho phép lấy giá trị trong phạm vi nhỏ.

Sử dụng phần mềm Matlab (Zhang et al., 2015; Howard et al., 2003; Alfio, et al., 2014) tiến hành tối ưu hóa vận tốc trung bình v_d (công thức 30) với các điều kiện biên: $-10^\circ \leq \alpha_0 \leq 10^\circ$; $0 \leq \xi \leq 1; 10; 10^\circ \leq \delta \leq 60^\circ; 0^\circ < \theta < 360^\circ$.

Sau khi chạy chương trình ta được kết quả như sau: $\alpha_0 = 8.1287^\circ$; $\xi = 0.0140$; $\delta = 59.0274^\circ$; $\theta_d = 358.9982^\circ$; $v_d = 22.2297 g/\omega$.

Từ kết quả ta thấy:

- Khi $\xi = 0.0140$ thì quỹ đạo chuyển động của máng cấp liệu gần như đường thẳng và vận tốc trung bình đạt giá trị lớn nhất v_d (tức là năng suất cấp liệu lớn nhất). Vì thế khi thiết kế máy cấp liệu nên tính toán thiết kế để quỹ đạo chuyển động của máng là đường thẳng.



Hình 6. Đường cong quan hệ.

- Khi $\theta_d = 358.9982^\circ$ thì $D = 3.29$ vật liệu ở trạng thái dao động nhảy, như thế đối với vật liệu dễ vỡ thì nên chú ý khi thiết kế lựa chọn.

- Để máy cấp liệu rung dạng GZS đạt năng suất lớn nhất khi làm việc thì phải tính toán thiết kế sao cho quỹ đạo chuyển động của máng là dạng đường thẳng đồng thời khi lắp đặt phải chọn góc nghiêng của máng cấp liệu $\alpha_0 = 8.1287^\circ$.

4. Kết luận

Bài báo nêu ra nguyên lý hoạt động của máy cấp liệu rung hai chất thể GZS; phân tích chuyển động của hạt vật liệu trên bề mặt máng cấp liệu, từ đó xây dựng được phương trình chuyển động, phương trình vận tốc, phương trình gia tốc của hạt vật liệu trên bề mặt máng cấp liệu khi máy làm việc.

Xây dựng được công thức quan hệ giữa các tham số ảnh hưởng đến quá trình cấp liệu ($D, I_D, \theta_d, K, \alpha_0, \xi, m, \delta \dots$); Thiết lập được công thức tính vận tốc trung bình v_d của hạt vật liệu, từ đó xây dựng được các đồ thị đường cong ($v_d - \delta, v_d - \xi$); Sau đó đi sâu vào phân tích ảnh hưởng của các tham số đó trong quá trình máy làm việc.

Cuối cùng tác giả ứng dụng phần mềm Matlab tiến hành tối ưu hóa với hàm mục tiêu là vận tốc trung bình của vật liệu trên bề mặt máng cấp liệu

v_d , từ đó tìm được các thông số hợp lý để máy cấp liệu rung dạng GZS cho năng suất lớn nhất.

Kết quả nghiên cứu có thể làm tài liệu tham khảo cho các nhà khoa học trong nghiên cứu tính toán thiết kế về máy cấp liệu rung hai chất thể dạng GZS.

Tài liệu tham khảo

- Van Xo Nguyen, 2013. Dynamic simulation of two mass vibratory feeder based on ADAMS. *Mining machinery in China*.
- Van Xo Nguyen, 2016. Conjugated PROE and ANSYS Softwares to Analyze the Modal of Two-Mass GZS Vibratory Feeder. *ESAGD 2016*. November 12-15, Ha Noi, Viet Nam. 160-166.
- WangNanNan, HeJingRun, TianZuZhi, HuangGui, 2009. Modal analysis of two mass vibratory feeder based on ANSYS. *Hoisting machinery*, 64-66.
- WangYunChi, 2003. Current situation and development of vibration feeding equipment in China. *China's coal quality technology*, 29-31.
- WenBangChun, LiuFeng, LiuJie, 1989. Design and mode of vibration feeder for vibration feeder of vibrating screen. *Chemical Industry Press*. Beijing.

WenBangChun, LiuShuYing, 2001. Theory and dynamic design method of vibration machinery. *Beijing*.

ZhangZhiYong, YangZuYing. 2015. MATLAB tutorials. *Beihang University press. Beijing*.

Howard Wilson, Louis Turcotte and David

Halpern. 2003. Advanced Mathematics and Mechanics Applications Using MATLAB, 3rd Edition. *CRC Press*.

Alfio Quarteroni, Fausto Saleri and Paola Gervasio. 2014. Scientific Computing with MATLAB and Octave, 4th edition. *Springer*.

ABSTRACT

Analysis of material particle motion and optimizing parameters of two-mass GZS vibratory feeder

Xo Van Nguyen ¹, Linh Viet Tran ¹, Tien Van Pham ¹, Cuong An Pham ²

¹ Faculty of Electro-Mechanics, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

² Faculty of Information Technology, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

Two-mass GZS vibratory feeder is currently used in many mining and construction industries. However, the productivity of the machine is limited because it depends on many parameters (technology, geometry, dynamics). , dynamics, etc...), finding the reasonable value of those parameters for high-productivity machines is of paramount importance. So in their study the authors went into the analysis of the effect of these parameters on the machine during the work, then applied Matlab software optimization with the objective function is the average velocity of material particle (v_d) from which to find the reasonable value of the parameters to maximize productivity at work. Research results can be used as reference materials for scientists in the research, design and manufacture of two-mass GZS vibratory feeder.