



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0048710

(51)^{2022.01} B65G 27/00; B65G 27/16

(13) B

(21) 1-2023-02951

(22) 05/05/2023

(45) 25/07/2025 448

(43) 26/06/2023 423A

(73) Trường Đại học Mỏ - Địa Chất (VN)

Số 18, phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội, Việt Nam

(72) Nguyễn Văn Xô (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CỦA GỐI ĐÀN HỒI CỦA MÁY
CẤP LIỆU RUNG

(21) 1-2023-02951

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định các thông số của gôi đàn hồi của máy cấp liệu rung bao gồm các bước:

i) xác định độ cứng của lò xo ở chế độ hoạt động cộng hưởng trong suốt quá trình làm việc của máy cấp liệu rung, với yêu cầu đảm bảo chế độ dao động cộng hưởng được và chất lượng cách ly rung của hệ thống được cải thiện;

ii) xác định đường kính của dây lò xo và đường kính trung bình của nó dựa trên khả năng chịu tải, độ cứng lò xo;

iii) xác định bước của lò xo theo điều kiện không có tiếp xúc giữa các vòng lò xo khi nó nén lại;

trong đó chi tiết về điều kiện thực hiện các bước trên đây là như được mô tả trong bản mô tả. Phương pháp theo sáng chế có tính đến các yếu tố trong quá trình làm việc thực tế của máy do đó kết quả tính có độ tin cậy cao, cụ thể có tính đến các yếu tố ảnh hưởng trong quá trình làm việc thực tế bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, khối lượng dao động, chế độ cộng hưởng, khả năng cách ly dao động với bộ máy. Giải pháp theo sáng chế được tạo ra trên cơ sở tập trung nghiên cứu về gôi đàn hồi, bộ phận quan trọng ảnh hưởng đến dao động và khả năng làm việc của máy cấp liệu rung, và đề xuất cơ sở lý thuyết để tính toán thiết kế gôi đàn hồi. Sáng chế có thể làm cơ sở tham khảo cho các nghiên cứu tính toán thiết kế về máy cấp liệu rung trong lĩnh vực này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực cơ khí, cụ thể hơn sáng chế đề cập đến phương pháp xác định các thông số hợp lý của gối đàn hồi của máy cấp liệu rung, bằng cách đưa ra phương pháp tính toán gối đàn hồi có tính đến các yếu tố ảnh hưởng lên nó trong quá trình làm việc thực tế bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, khối lượng dao động, chế độ cộng hưởng, khả năng cách ly dao động với bộ máy. Giải pháp theo sáng chế được tạo ra trên cơ sở tập trung nghiên cứu về gối đàn hồi, bộ phận quan trọng ảnh hưởng đến dao động và khả năng làm việc của máy cấp liệu rung, và đưa ra cơ sở lý thuyết để tính toán thiết kế gối đàn hồi, đồng thời chỉ ra các loại gối đang được sử dụng cho máy cấp liệu. Sáng chế có thể làm cơ sở tham khảo cho các nghiên cứu tính toán thiết kế về máy cấp liệu rung trong lĩnh vực này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Máy cấp liệu rung, còn có tên gọi khác là sàng rung cấp liệu hay bộ nạp rung, là một thiết bị sử dụng trong quá trình sản xuất và chế biến để cung cấp nguyên liệu một cách có định lượng cho máy móc khác bao gồm máy sàng, máy nghiền. Máy cấp liệu rung hiện nay đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, kết cấu và nguyên lý làm việc của nó như được thể hiện trong Hình 1.

Vai trò chính của máy cấp liệu rung là giúp cung cấp, phân phối nguyên liệu một cách đồng đều và chính xác đến các máy, giúp tăng hiệu suất sản xuất và giảm thiểu thời gian gián đoạn cấp liệu trong quá trình sản xuất. Bằng cách sử dụng rung điện từ, rung bằng khối lệch tâm, v.v., máy có thể giữ các nguyên liệu ở mức ổn định, giúp ngăn chặn các tình trạng bị dồn đống cục bộ, giảm thiểu tác động không mong muốn đến sản phẩm và đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra.

Gối đàn hồi là bộ phận quan trọng để hình thành nên quỹ đạo chuyển động của máy cấp liệu rung, ngoài ra, gối đàn hồi còn có nhiệm vụ giảm tải trọng động do thuyền cấp liệu truyền xuống các kết cấu đỡ, và để đảm bảo các tiêu chuẩn an toàn lao động đúng với các tiêu chuẩn hiện hành, thuyền cấp liệu phải được cách ly rung động một cách hiệu quả. Thuyền cấp liệu có thể được treo thông qua các phần tử đàn hồi đến các kết cấu chịu lực (kiểu treo) hoặc nằm trên các phần tử đàn hồi được lắp đặt trên nền hoặc khung bộ máy (kiểu đỡ) như được thể hiện trong Hình 1. Kết cấu của gối đàn hồi cơ bản như được thể hiện trong Hình 2, và một số gối đàn hồi phổ biến dùng cho máy cấp liệu rung như được thể hiện trong Hình 3, trong đó 3A thể các thanh

dẫn hướng hình trụ đặt bên trong lò xo và 3B thể hiện cốc dẫn hướng cố định hình trụ bên ngoài.

Đối với máy cấp liệu rung, gỏi đàn hồi là một cơ cấu cơ khí được sử dụng cùng với cụm gây rung tạo nên chuyển động của thuyền cấp liệu, chuyển động của thuyền cấp liệu quyết định phần lớn đến năng suất, hiệu suất cũng như tuổi thọ của máy, ngoài ra gỏi đỡ lò xo nó còn đóng vai trò là chi tiết cách ly rung động giữa máng cấp liệu và bộ máy, giúp nâng cao an toàn lao động và giảm thiểu tác động đến máy móc khác cũng như nhà xưởng.

Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu để tính toán thiết kế tối ưu máy, tuy nhiên ở Việt Nam việc tính toán thiết kế loại máy này chủ yếu dựa vào kinh nghiệm và thường thực hiện theo mẫu theo mô hình sẵn có của nước ngoài, có ít công trình nghiên cứu lý thuyết của loại máy này, mà dao động của máy quyết định năng suất, độ bền, độ ổn định của máy, dao động của máy rất phức tạp vì nó chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố bao gồm gỏi đàn hồi, thông số công nghệ, vận tốc, gia tốc, vật liệu đầu vào, v.v. Do đó, đến nay vẫn chưa có phương pháp tính toán nào đáng tin cậy về vấn đề này khiến cho việc tạo ra dao động thực tế trên máy theo như tính toán rất khó khăn, mất nhiều thời gian, tốn kém vì phải thực nghiệm nhiều lần để tìm ra các thông số phù hợp cho gỏi đỡ lò xo.

Tài liệu 1 mô tả nghiên cứu xây dựng mô hình tính toán động lực học của máy sàng rung vô hướng trên tổ hợp nghiền sàng di động có tính đến yếu tố ảnh hưởng rung động của cụm máy nghiền và động cơ lên khung bộ máy nói chung và lên quá trình làm việc của máy sàng rung trên tổ hợp nghiền sàng di động nói riêng; và bao gồm cả ảnh hưởng của nền đất đàn hồi nơi tổ hợp đứng làm việc. Nghiên cứu này đã xác định các thông số kết cấu (hình học) hợp lý ($L_{\min} = 34,7d_{\max}$) của lưới sàng và vùng thông số động lực học (ĐLH) chuẩn sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm xác định các thông số hợp lý của máy sàng rung vô hướng làm thông số đầu vào. Từ đó xác định được một số thông số hợp lý ($\alpha_0=20^\circ$, $m_0=3,6 \div 4.2$ kg, $C_x=44540 \div 67640$ N/m, $\omega=115 \div 125$ rad/s, $\omega_{dc}=125 \div 135$ rad/s, $\omega_{bd}=70 \div 80$ rad/s) nhằm nâng cao năng suất và hiệu quả làm việc tổ hợp nghiền sàng di động. Kết quả đo đạc thực nghiệm cho hiệu quả sàng tăng 13.5% ở bộ thông số hợp lý so với bộ thông số máy đang sử dụng. Tác giả cũng đã xây dựng được phương pháp đo đạc thực nghiệm trên tổ hợp nghiền sàng di động TNS-05 để xác định một số thông số đầu vào và kiểm chứng lại các kết quả nghiên cứu lý thuyết về ĐLH của máy sàng rung vô hướng trên tổ hợp nghiền sàng di động với kết quả sai số đo được $\leq 11,7\%$.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu 1: Nguyễn Mạnh Hùng: “*Nghiên cứu xác định một số thông số hợp lý của máy sàng rung vô hướng trên tổ hợp nghiên sàng di động*”, Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật Quân Sự, 2020.

Tài liệu 2: Liu Chu-sheng* et.al: “*Dynamic analysis and simulation of four-axis forced synchronizing banana vibrating screen of variable linear trajectory*”, School of Mechanical and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China 2012.

Tài liệu 3: Sergey Rumyantsev* et.al: “*Numerical Simulation of Non-linear Dynamics of Vibration Transport Machines in Case of Three Independently Rotating Vibration Exciters*”, Recent Advances in Applied Mathematics, ISSN 1790-2769, 2010.

Tài liệu 4: Manfred Vogel* et.al: “*Creo Parametric Creo Simulate – Einstieg in die Konstruktion und Simulation mit Creo 1*”, Carl Hanser Verlag München, 2011.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục những điểm tồn tại như trên.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất giải pháp kỹ thuật để tính toán các thông số của gối đỡ đà hồi có tính đến các yếu tố trong quá trình làm việc thực tế của máy do đó kết quả tính có độ tin cậy cao, đảm bảo không có hiện tượng va đập giữa các vòng lò xo.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất giải pháp kỹ thuật cho phép giảm được số lần thử nghiệm để tìm ra các thông số phù hợp của gối đỡ lò xo.

Để đạt được các mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất phương pháp xác định các thông số gối đàn hồi của máy cấp liệu rung bao gồm các bước:

i) xác định tổng độ cứng (C_z) của lò xo, trong đó độ cứng của lò xo được xác định ở chế độ hoạt động cộng hưởng trong suốt quá trình làm việc của máy cấp liệu rung với yêu cầu đảm bảo chế độ dao động cộng hưởng được và chất lượng cách ly rung của hệ thống được cải thiện, và trong đó:

gối đàn hồi bao gồm các lò xo riêng lẻ được kết hợp thành nhóm với các kết nối song song, nối tiếp hoặc hỗn hợp, và

tổng độ cứng C_z dọc trục cần thiết để đảm bảo chế độ hoạt động cộng hưởng được xuyên suốt trong quá trình làm việc của máy cấp liệu rung được xác định theo công thức sau:

$$C_z = \left(\frac{\omega}{Z} \right)^2 \cdot m_{vt}, \text{ N/m};$$

trong đó:

ω là vận tốc góc, rad/s;

m_{vt} là tổng khối lượng của thuyền cấp liệu và vật liệu trên thuyền cấp liệu, kg;

Z là hệ số tách rời khỏi mặt thuyền cho trước, nằm trong khoảng từ 3 đến 4;

ii) xác định đường kính (d) của dây lò xo và đường kính trung bình (D_{tb}) của nó trên cơ sở tổng độ cứng C_z được xác định trong bước i), trong đó đường kính (d) của dây lò xo và đường kính trung bình (D_{tb}) của nó có tỷ lệ được xác định theo độ cứng cần thiết (c_z) của một lò xo mà được xác định theo công thức sau:

$$c_z = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_{tb}^3 \cdot i} \Leftrightarrow \frac{d^4}{D_{tb}^3 \cdot i} = \frac{8c_z}{G}$$

trong đó:

c_z là độ cứng cần thiết của một lò xo, N/m;

G là mô đun đàn hồi của vật liệu lò xo, N/m²;

i là số vòng lò xo;

d là đường kính dây lò xo, m;

D_{tb} là đường kính trung bình của lò xo, m;

iii) xác định bước lò xo (t) theo điều kiện không có tiếp xúc giữa các vòng lò xo khi nó nén lại, trong đó bước lò xo, được chọn trong điều kiện không có tiếp xúc giữa các cuộn khi đi qua vùng cộng hưởng, được xác định bằng công thức sau:

$$t = \frac{d + (1,15 \div 1,30) \cdot \lambda}{i}, \text{ m}$$

trong đó:

d, i là như được xác định trên đây;

λ là biên độ dao động của máng cấp liệu, m.

Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm bước iv) kiểm tra độ bền của lò xo, trong đó để đảm bảo lò xo làm việc tin cậy không bị phá hủy, ứng suất (σ) trên lò xo phải nhỏ hơn ứng suất cho phép (σ_b) của vật liệu làm lò xo.

Theo phương án cụ thể, ứng suất (σ) trên lò xo được xác định theo công thức sau và đảm bảo theo điều kiện sau:

$$\sigma = \frac{20 \cdot R \cdot D_{tb} (2 \cdot D_{tb} + d)}{\pi \cdot d^3 (5 \cdot D_{tb} - 4 \cdot d)} < [\sigma_b]$$

trong đó:

σ ứng suất trên lò xo, Mpa;

σ_b là ứng suất cho phép của vật liệu làm lò xo, Mpa;

R là tổng tải trọng lên một lò xo dọc theo trục của nó, N;

π là số pi bằng 3,14;

d, D_{tb} là như được xác định trên đây.

Theo phương án khác, các thông số cơ bản cần xác định bao gồm tổng độ cứng (C_z) của lò xo, độ cứng (c_z) của một lò xo, đường kính (d) của dây lò xo và đường kính trung bình (D_{tb}) của nó, và bước lò xo (t).

Theo phương án cụ thể, trong bước i), tổng số lò xo (n) cũng như số lượng lò xo trong mỗi bộ đỡ (n_0) được chọn dựa trên thiết kế của máy cấp liệu rung và sơ đồ thiết kế ban đầu, và trong đó đối với các gối đỡ đối xứng và gối đỡ bất đối xứng, các thông số cơ bản lần lượt được xác định như sau đây:

i.1) đối với các gối đỡ đối xứng:

- độ cứng cần thiết (c_z) của một lò xo được xác định: $c_z = \frac{C_z}{n}$, N/m;

- tải trọng tĩnh (R_1) trên mỗi lò xo, $R_1 = \frac{g \cdot m_v}{n}$, N;

và trong đó:

g là gia tốc trọng trường;

các biến còn lại là như được xác định trên đây;

i.2) đối với các gối đỡ bất đối xứng:

- tổng số lò xo $n = 2n'_0 + 2n''_0$, trong đó n'_0 và n''_0 là số lượng lò xo trong bộ đỡ tương ứng; và

- độ cứng cần thiết (c_z) của một lò xo được xác định từ sự phân bố theo

công thức: $c_z = \frac{C_z}{2n'_0 + 2n''_0}$, N/m;

- tải trọng tĩnh (R_1) trên mỗi lò xo: $R_1 = \frac{g \cdot m_v}{2n'_0 + 2n''_0}$, N;

và trong đó các biến là như được xác định trên đây.

Theo phương án cụ thể khác, bước i) tốt hơn nếu Z là 4.

Theo phương án cụ thể khác, trong bước iii) các thông số khác được xác định bao gồm chiều cao (H_0) của lò xo ở trạng thái tự do (lò xo không chịu lực nén), chiều cao (H_c) của lò xo bị nén cho đến khi các cuộn dây chạm vào nhau, tải trọng động lên lò xo khi thuyền cấp liệu dao động theo phương thẳng đứng được (R_d), tổng tải trọng lên một lò xo theo phương dọc trục (R), độ lún của lò xo (f_l) khi chịu tác động của toàn bộ tải trọng, và chiều cao của lò xo khi biến dạng hoàn toàn (H_t), nhằm xác định điều kiện thông số để đảm

bảo hệ thống hoạt động bình thường, không va đập, trong giai đoạn khởi động và dừng.

Theo phương án cụ thể khác, chiều cao (H_0) của lò xo ở trạng thái tự do và chiều cao (H_c) của lò xo bị nén cho đến khi các cuộn dây chạm vào nhau lần lượt được xác định theo các công thức sau đây:

$$H_0 = H_c + i \cdot (t - d), \text{ m};$$

$$H_c = (i - 0,5)d, \text{ m};$$

trong đó các biến là như được xác định trên đây.

Theo phương án cụ thể khác, tải trọng động lên lò xo khi thuyền cấp liệu dao động theo phương thẳng đứng (R_t) và tổng tải trọng (R) lên một lò xo theo phương dọc trục (R) lần lượt được xác định bằng công thức sau:

$$R_t = c_z \cdot \lambda \cdot \sin \beta, \text{ N};$$

$$R = R_t + R_l, \text{ N};$$

trong đó:

β là góc phương dao động của máy;

các biến còn lại là như được xác định trên đây.

Theo phương án cụ thể khác, β có giá trị nằm trong khoảng từ 20 đến 35 độ.

Theo phương án cụ thể khác, độ lún độ lún của lò xo khi chịu tác động của toàn bộ tải trọng (f_l) và độ lún tối đa của thuyền cấp liệu (f) được xác định bằng công thức sau:

$$f_l = \frac{R}{c_z}, \text{ m};$$

$$f = f_l + f_p = \frac{R}{c_z} + 10 \cdot \lambda, \text{ m};$$

trong đó:

f_p có giá trị bằng 10λ là độ lún của lò xo tương ứng với độ lớn của biên độ dao động của thuyền cấp liệu (λ_p) tăng khi hệ đi qua vùng cộng hưởng;

các biến còn lại là như được xác định trên đây.

Theo phương án cụ thể khác, chiều cao của lò xo khi biến dạng hoàn toàn (H_t) được xác định bằng công thức sau:

$$H_t = H_0 - f, \text{ m}.$$

trong đó các biến là như được xác định trên đây.

Theo phương án cụ thể khác, lò xo được chọn đảm bảo hệ thống hoạt động bình thường, không va đập trong giai đoạn khởi động và dừng khi thỏa mãn điều kiện giá trị H_t phải lớn hơn H_c , trong đó H_t và H_c là như được xác định trên đây.

Theo phương án cụ thể khác, máy cấp liệu rung về cơ bản bao gồm gối đàn hồi, truyền cấp liệu, lò xo chủ động, bộ gá động cơ điện, lớp cao su nhiều lớp liên kết, và động cơ rung.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, sáng chế còn được minh họa với sự tham chiếu đến các hình vẽ, trong đó:

Hình 1 thể hiện kết cấu của máy cấp liệu rung đã biết;

Hình 2 thể hiện sơ đồ vị trí của gối đàn hồi (kiểu đỡ);

Hình 3 thể hiện kết cấu của gối đỡ đàn hồi lò xo;

Hình 4 thể hiện sơ đồ tính toán thông số gối đàn hồi của máy cấp liệu rung theo một phương án cụ thể của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được mô tả trên đây, máy cấp liệu rung hiện đang sử dụng rộng rãi trên thế giới trong nhiều lĩnh vực khai thác mỏ, sàng tuyển, xây dựng, v.v. Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu về nó để tính toán thiết kế tối ưu máy, tuy nhiên ở Việt Nam việc tính toán thiết kế loại máy này chủ yếu dựa vào kinh nghiệm và thường chép mẫu theo mô hình sẵn có của nước ngoài, có ít công trình nghiên cứu lý thuyết của loại máy này, mà dao động của máy quyết định năng suất, độ bền, độ ổn định của máy, dao động của máy rất phức tạp vì nó chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, gối đàn hồi, thông số công nghệ, vận tốc, gia tốc, vật liệu đầu vào.

Sáng chế đề xuất giải pháp kỹ thuật để cho phép người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sử dụng để xác định các thông số phù hợp của gối đỡ đàn hồi có tính đến các yếu tố trong quá trình làm việc thực tế của máy do đó kết quả tính có độ tin cậy cao, đảm bảo không có hiện tượng va đập giữa các vòng lò xo.

Giải pháp này tốt hơn nữa là cho phép giảm được số lần thử nghiệm để tìm ra các thông số phù hợp của gối đỡ lò xo.

Các tác giả đã tiến hành tổng hợp, nghiên cứu sâu rộng để tìm ra giải pháp kỹ thuật để xác định các thông số phù hợp cho gối đỡ lò xo để nâng cao năng suất, hiệu suất và thời gian sử dụng trên cơ sở nghiên cứu sâu rộng sử dụng các công thức để tính toán chính xác.

Sau đây phương pháp xác định các thông số gỏi đàn hồi của máy cấp liệu rung theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn.

Như được mô tả trên đây, máy cấp liệu rung, còn có tên gọi khác là sàng rung cấp liệu hay bộ nạp rung, là một thiết bị sử dụng trong quá trình sản xuất và chế biến để cung cấp nguyên liệu một cách có định lượng cho máy móc khác bao gồm máy sàng, máy nghiền. Máy cấp liệu rung hiện nay đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, và như được thể hiện trong Hình 1, kết cấu và nguyên lý làm việc của nó bao gồm gỏi đàn hồi 1 (dạng treo), thuyền cấp liệu 2, lò xo chủ động 3, bộ gá động cơ điện 4, liên kết 5 (lớp cao su nhiều lớp), và động cơ rung 6, trong đó bộ gá động cơ 4 và động cơ rung 6 tổ hợp thành bộ phận kích dao động (hộp gây rung) tạo ra lực kích dao động không đổi, thông qua lò xo chủ động 3 truyền đến thuyền cấp liệu 2, làm cho thuyền cấp liệu dao động để thực hiện quá trình cấp liệu.

Vai trò chính của máy cấp liệu rung là giúp cung cấp, phân phối nguyên liệu một cách đồng đều và chính xác đến các máy, giúp tăng hiệu suất sản xuất và giảm thiểu thời gian gián đoạn cấp liệu trong quá trình sản xuất. Bằng cách sử dụng rung điện từ, rung bằng khối lệch tâm, v.v., máy có thể giữ các nguyên liệu ở mức ổn định, giúp ngăn chặn các tình trạng bị dồn đống cục bộ, giảm thiểu tác động không mong muốn đến sản phẩm và đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra.

Gỏi đàn hồi là bộ phận quan trọng để hình thành nên quỹ đạo chuyển động của máy cấp liệu rung, ngoài ra, gỏi đàn hồi còn có nhiệm vụ giảm tải trọng động do thuyền cấp liệu truyền xuống các kết cấu đỡ, và để đảm bảo các tiêu chuẩn an toàn lao động đúng với các tiêu chuẩn hiện hành, thuyền cấp liệu phải được cách ly rung động một cách hiệu quả. Thuyền cấp liệu có thể được treo thông qua các phần tử đàn hồi đến các kết cấu chịu lực (kiểu treo) hoặc nằm trên các phần tử đàn hồi được lắp đặt trên nền hoặc khung bê tông (kiểu đỡ) như được thể hiện trong Hình 1. Kết cấu của gỏi đàn hồi cơ bản như được thể hiện trong Hình 2, và một số gỏi đàn hồi phổ biến dùng cho máy cấp liệu rung như được thể hiện trong Hình 3, trong đó 3A thể các thanh dẫn hướng hình trụ đặt bên trong lò xo và 3B thể hiện các thanh dẫn hướng cố định hình trụ bên ngoài, và trong đó bao gồm chốt trụ 1-1, kẹp 1-2, tấm đế trên 1-3, trục dẫn hướng hình trụ và các thanh dẫn hướng cố định hình trụ 1-4, lò xo xoắn hình trụ 1-5, vỏ cao su 1-6, khung đỡ gỏi đàn hồi 1-7.

Đối với máy cấp liệu rung, gỏi đàn hồi là một cơ cấu cơ khí được sử dụng cùng với cụm gây rung tạo nên chuyển động của thuyền cấp liệu, chuyển động của thuyền cấp liệu quyết định phần lớn đến năng suất, hiệu suất cũng như tuổi thọ của máy, ngoài ra gỏi đỡ lò xo nó còn đóng vai trò là

chi tiết cách ly rung động giữa máng cấp liệu và bộ máy, giúp nâng cao an toàn lao động và giảm thiểu tác động đến máy móc khác cũng như nhà xưởng.

Như được mô tả trên Hình 4 và trên đây, phương pháp theo sáng chế, khi bắt đầu tiến hành thực hiện, về cơ bản bao gồm các bước:

i) xác định độ cứng của lò xo ở chế độ hoạt động cộng hưởng trong suốt quá trình làm việc của máy cấp liệu rung, với yêu cầu đảm bảo chế độ dao động cộng hưởng được và chất lượng cách ly rung của hệ thống được cải thiện;

ii) xác định đường kính của dây lò xo và đường kính trung bình của nó dựa trên khả năng chịu tải, độ cứng lò xo;

iii) xác định bước của lò xo theo điều kiện không có tiếp xúc giữa các vòng lò xo khi nó nén lại; và

iv) kiểm tra độ bền của lò xo.

Sau đây, phương án cụ thể cho các bước này sẽ được mô tả.

Bước i) xác định độ cứng của lò xo

Về mặt cấu trúc, “gối đàn hồi” bao gồm các bộ phận riêng lẻ (lò xo) được kết hợp thành nhóm với các kết nối song song, nối tiếp hoặc hỗn hợp. Đặc tính chính của lò xo là độ cứng C_z và lực đàn hồi P_z khi biến dạng cực đại.

Để chế độ hoạt động cộng hưởng được đảm bảo xuyên suốt quá trình làm việc của máy cấp liệu rung, tổng độ cứng dọc trục cần thiết của hệ đàn hồi được xác định theo phương trình sau:

$$C_z = \left(\frac{\omega}{Z} \right)^2 \cdot m_{vt}, \text{ N/m}$$

trong đó:

m_{vt} - tổng khối lượng của thuyền và vật liệu trên thuyền cấp liệu, kg;

Z - hệ số tách khỏi mặt thuyền, được xác định từ tỷ lệ $\frac{\omega}{\rho} \leq 3 \div 4$.

Với tỷ lệ này, chế độ dao động cộng hưởng được đảm bảo và chất lượng cách ly rung của hệ thống được cải thiện. Tuy nhiên, cần phải lưu ý rằng việc giảm độ cứng của các gối đàn hồi phải được thực hiện trong giới hạn nhất định, đảm bảo đủ độ bền cơ học của các gối đỡ đàn hồi.

Tổng số lò xo n , cũng như số lượng lò xo trong mỗi bộ đỡ n_0 được chọn dựa trên thiết kế của máy cấp liệu rung và sơ đồ thiết kế ban đầu.

Đối với các gối đỡ đối xứng, thì các thông số cơ bản được xác định như sau:

- Độ cứng cần thiết của một lò xo c_z được xác định: $c_z = \frac{C_z}{n}$, N/m;

- Tải trọng tĩnh R_l trên mỗi lò xo, $R_l = \frac{g \cdot m_{vt}}{n}$, N.

Đối với các gối (sơ đồ) bất đối xứng:

- Tổng số lò xo $n = 2n'_0 + 2n''_0$ (n'_0 và n''_0 - số lượng lò xo trong bộ đỡ tương ứng);

- Độ cứng cần thiết của một lò xo c_z được xác định từ sự phân bố theo công thức: $c_z = \frac{C_z}{2n'_0 + 2n''_0}$;

- Tải trọng tĩnh R_l trên mỗi lò xo: $R_l = \frac{g \cdot m_{vt}}{2n'_0 + 2n''_0}$, N;

trong đó:

g là gia tốc trọng trường, m/s²;

các biến còn lại là như được xác định trên đây.

Bước ii) xác định đường kính của dây lò xo và đường kính trung bình của nó

Theo phương án cụ thể, độ cứng cần thiết của lò xo c_z được xác định theo công thức sau:

$$c_z = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_{tb}^3 \cdot i}, \text{ N/m}$$

$$\Leftrightarrow \frac{d^4}{D_{tb}^3 \cdot i} = \frac{8c_z}{G}$$

trong đó:

G - mô đun đàn hồi của vật liệu lò xo, N/m².

i - số vòng lò xo;

d - đường kính dây lò xo, m;

D_{tb} - đường kính trung bình của lò xo, m.

Bước iii) xác định chiều cao và bước của lò xo

Chiều cao H_0 của lò xo ở trạng thái tự do (lò xo không chịu lực nén):

$$H_0 = H_c + i \cdot (t - d), \text{ m}$$

Chiều cao H_c của lò xo bị nén cho đến khi các cuộn dây chạm vào nhau:

$$H_c = (i - 0,5)d, \text{ m.}$$

Bước lò xo t được chọn trong điều kiện không có tiếp xúc giữa các cuộn khi đi qua vùng cộng hưởng:

$$t = \frac{d + (1,15 \div 1,30) \cdot \lambda}{i}, \text{ m.}$$

trong đó:

λ - biên độ dao động của máng cấp liệu, m;

các biến còn lại là như được xác định trên đây

Tải trọng động lên lò xo khi thuyền cấp liệu dao động theo phương thẳng đứng R_t được xác định bằng:

$$R_t = c_z \cdot \lambda \cdot \sin \beta, \text{ N.}$$

trong đó:

β là góc phương dao động của máy, có giá trị tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20 đến 35 độ;

các biến còn lại là như được xác định trên đây.

Tổng tải trọng lên một lò xo theo phương dọc trục R được xác định theo công thức sau:

$$R = R_l + R_t, \text{ N.}$$

Độ lún f_l của lò xo và chiều cao H_t của lò xo khi chịu tác động của toàn bộ tải trọng lần lượt bằng:

$$f_l = \frac{R}{c_z}, \text{ m; } H_t = H_0 - f_l, \text{ m.}$$

Độ lớn của biên độ dao động của thuyền cấp liệu (λ_p) tăng khi hệ đi qua vùng cộng hưởng. Trong tính toán thực tế $\lambda_p = 10 \cdot \lambda$. Khi đó, độ lún tối đa f của thuyền cấp liệu được xác định:

$$f = f_l + f_p = \frac{R}{c_z} + 10 \cdot \lambda, \text{ m.}$$

Chiều cao H_t của lò xo khi biến dạng hoàn toàn sẽ là:

$$H_t = H_0 - f, \text{ m.}$$

Cần lưu ý rằng, các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu để chọn lựa lò xo nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động bình thường, không va đập, trong giai đoạn khởi động và dừng thì giá trị H_t được xác định là phải lớn hơn H_c và độ lớn khe hở giữa các vòng lò xo khi biên độ dao động cộng hưởng sẽ được tính bằng công thức:

$$S = \frac{H_t - H_c}{i}, \text{ m.}$$

Bước iv) kiểm tra độ bền của lò xo

Trước khi kết thúc, phương pháp theo sáng chế tốt hơn là còn bao gồm bước kiểm tra độ bền của lò xo để đảm bảo lò xo làm việc tin cậy không bị phá hủy thì ứng suất trên lò xo phải đảm bảo theo điều kiện sau:

$$\sigma = \frac{20 \cdot R \cdot D_{th} (2 \cdot D_{th} + d)}{\pi \cdot d^3 (5 \cdot D_{th} - 4 \cdot d)} < [\sigma_b]$$

trong đó:

D_n - đường kính ngoài của lò xo, m;

$[\sigma_b]$ - ứng suất cho phép của vật liệu làm lò xo.

Như được mô tả trên đây, sáng chế cho phép xác định thông số hợp lý của gối đỡ đà hồi có tính đến các yếu tố trong quá trình làm việc thực tế của máy do đó kết quả tính có độ tin cậy cao, đảm bảo không có hiện tượng va đập giữa các vòng lò xo. Nhờ đó, lò xo đảm bảo độ bền khi làm việc.

Sử dụng phương pháp tính được tạo ra theo sáng chế làm tăng độ tin cậy của kết quả tính toán nhờ sử dụng các phương trình và/hoặc công thức tính cụ thể, chính xác. Biểu hiện cụ thể là các kết quả tính toán trong ví dụ dưới đây đều nằm trong giới hạn cho phép và không có giá trị nào bất thường mà. Đây là căn cứ quan trọng để tiến hành những công đoạn tiếp theo trong thiết kế máy cấp liệu rung.

Ngoài ra, nhờ có phương pháp tính toán này mà giảm được số lần thử nghiệm để tìm ra các thông số phù hợp của gối đỡ lò xo.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1: Xác định các thông số của gối đàn hồi để đảm bảo độ bền khi làm việc

Trong ví dụ cụ thể này, các tác giả tiến hành xác định các thông số của gối đỡ lò xo, trong đó khối lượng của phần dao động là 1700kg, tổng số lượng lò xo là 8 và mỗi gối có 2 lò xo, vật liệu làm dây lò xo là thép 50XΦA.

Thực hiện các bước xác định như được mô tả trên đây theo phương pháp của sáng chế để xác định các thông số của gối đàn hồi để đảm bảo độ bền khi làm việc. Cụ thể:

Xác định tổng độ cứng theo phương thẳng đứng của hệ đàn hồi:

$$C_z = \left(\frac{\omega}{Z}\right)^2 \cdot m_{vt} = \left(\frac{108,6}{4}\right)^2 \cdot 1700 = 1,25 \cdot 10^6 \text{ N/m},$$

trong đó: m_{vt} - tổng khối lượng dao động, có tính đến khối lượng của vật liệu nằm trên thuyền cấp liệu, kg; Z - hệ số tách rời cho trước của hệ, chọn $Z = 4$.

Tổng số lò xo n , cũng như số lượng lò xo trong mỗi bộ đỡ n_0 được chọn: $n = 8, n_0 = 2$.

Độ cứng cần thiết của một lò xo được xác định như sau: $c_z = \frac{C_z}{n}$;

$$c_z = \frac{1,23 \cdot 10^6}{8} = 0,153 \cdot 10^6 \text{ N/m};$$

Tải trọng tĩnh trên mỗi lò xo $R_1 = \frac{g \cdot m_{vt}}{n}$. Cụ thể,

$$R_1 = \frac{9,8 \cdot 1700}{8} = 2,08 \cdot 10^3 \text{ N}.$$

Hệ số độ cứng cần thiết của lò xo c_z với các thông số của lò xo được ràng buộc bằng công thức, sau đó biến đổi công thức này để thu được:

$$\frac{d^4}{D_{tb}^3 \cdot i} = \frac{8c_z}{G} = \frac{8 \cdot 0,153 \cdot 10^6}{7,85 \cdot 10^4 \cdot 10^6} = 0,178 \cdot 10^{-4}.$$

Chọn đường kính của dây lò xo $d = 0,02 \text{ m}$, số vòng lò xo, $i = 7$.

Từ đó, suy ra:

$$D_{DN} = D_{tb} = \sqrt[3]{\frac{d^4}{i \cdot 0,178 \cdot 10^{-4}}} = \sqrt[3]{\frac{0,02^4}{7 \cdot 0,178 \cdot 10^{-4}}} = 0,108 \text{ m}.$$

Chọn đường kính lò xo, $D_{tb} = 0,12 \text{ m}$:

$$\lambda_p = 10 \cdot \lambda = 10 \cdot 0,0051 = 0,051 \text{ m}.$$

Bước của lò xo được lựa chọn trong điều kiện không có tiếp xúc giữa các cuộn dây khi đi qua vùng cộng hưởng:

$$t = \frac{d + (1,15 \div 1,30) \cdot \lambda_p}{i} = \frac{0,02 + 1,2 \cdot 0,051}{7} = 0,03 \text{ m}.$$

Tải trọng động lên lò xo khi thuyền cập liệu dao động theo phương của trục thẳng đứng được xác định bằng:

$$R_i = c_z \cdot \lambda \cdot \sin \beta = 0,153 \cdot 10^6 \cdot 0,0051 \cdot 0,342 = 610 \text{ N}.$$

Tổng tải trọng lên một lò xo dọc theo trục của nó là:

$$R = R_i + R_D = 4,165 \cdot 10^3 + 610 = 4,77 \cdot 10^3 \text{ N}.$$

Độ lún của lò xo dưới tác động của tổng tải trọng:

$$f_1 = \frac{4,77 \cdot 10^3}{0,153 \cdot 10^6} = 1,36 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Độ lớn của biên độ dao động của thuyền cấp liệu (λ_p) tăng khi hệ đi qua vùng cộng hưởng. Trong tính toán thực tế, $\lambda_p = 10 \cdot \lambda$. Khi đó, độ lún tối đa của thuyền cấp liệu được xác định:

$$f = f_l + f_p = \frac{R}{c_z} + 10 \cdot \lambda = \frac{4,77 \cdot 10^3}{0,153 \cdot 10^6} + 10 \cdot 0,0051 = 0,0646 \text{ m.}$$

Chiều cao của lò xo khi biến dạng hoàn toàn sẽ là:

$$\begin{aligned} H_l &= H_0 - f = H_C + i \cdot (t - d) = (i - 0,5) \cdot d + i \cdot (t - d) - f = \\ &= (7 - 0,5) \cdot 0,02 + 7 \cdot (0,03 - 0,02) - 0,0646 = \\ &= 0,135 + 0,096 - 0,0646 = 0,1654 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$H_l = 0,1654 \text{ m}$$

Tiếp theo, ứng suất lớn nhất của lò xo trong quá trình vận hành máy cấp liệu rung ở trạng thái ổn định được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{20 \cdot R \cdot D_{ib} (2 \cdot D_{ib} + d)}{\pi \cdot d^3 (5 \cdot D_{ib} - 4 \cdot d)} < [\sigma_b] \\ \sigma &= \frac{20 \cdot 4,77 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 (2 \cdot 0,1 + 0,02)}{3,14 \cdot 0,02^3 (5 \cdot 0,1 - 4 \cdot 0,02)} = 178,18 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Với thép làm lò xo 50XΦA, có ứng suất cho phép là $[\sigma_b] = 1050 \text{ MPa}$

$$\text{Do đó } \sigma = 178,18 \text{ MPa} < [\sigma_b] = 1050 \text{ MPa}$$

Thảo luận

Với phương pháp tính toán như được thể hiện trong ví dụ 1 trên đây, lò xo đảm bảo bền với ứng suất lớn nhất của lò xo trong quá trình vận hành máy cấp liệu rung ở trạng thái ổn định nhỏ hơn ứng suất cho phép (σ_b) của vật liệu làm lò xo.

Sáng chế đã được mô tả thông qua các phương án cụ thể và ví dụ minh họa cho sáng chế, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này có thể thực hiện sáng chế theo hướng dẫn đã được mô tả.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Sáng chế đề xuất thành công phương pháp tính toán các thông số của gối đỡ đà hồi có tính đến các yếu tố trong quá trình làm việc thực tế của máy do đó kết quả tính có độ tin cậy cao, đảm bảo không có hiện tượng va đập giữa các vòng lò xo.

Sử dụng phương pháp tính được tạo ra theo sáng chế làm tăng độ tin cậy của kết quả tính toán. Biểu hiện cụ thể là các kết quả tính toán trong ví dụ đều nằm trong giới hạn cho phép và không có giá trị nào bất thường. Đây là căn cứ quan trọng để tiến hành những công đoạn tiếp theo trong thiết kế máy cấp liệu rung.

Ngoài ra, nhờ có phương pháp tính toán này mà giảm được số lần thử nghiệm để tìm ra các thông số phù hợp của gôi đỡ lò xo.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp xác định các thông số của gối đàn hồi của máy cấp liệu rung, *đặc trưng ở chỗ*, phương pháp này bao gồm các bước:

i) xác định tổng độ cứng (C_z) của lò xo, trong đó độ cứng của lò xo được xác định ở chế độ hoạt động cộng hưởng trong suốt quá trình làm việc của máy cấp liệu rung với yêu cầu đảm bảo chế độ dao động cộng hưởng được và chất lượng cách ly rung của hệ thống được cải thiện, và trong đó:

gối đàn hồi bao gồm các lò xo riêng lẻ được kết hợp thành nhóm với các kết nối song song, nối tiếp hoặc hỗn hợp, và tổng độ cứng C_z dọc trục cần thiết để đảm bảo chế độ hoạt động cộng hưởng được xuyên suốt trong quá trình làm việc của máy cấp liệu rung được xác định theo công thức sau:

$$C_z = \left(\frac{\omega}{Z} \right)^2 \cdot m_{vt}, \text{ N/m};$$

trong đó:

ω là vận tốc góc, rad/s;

m_{vt} là tổng khối lượng của thuyền cấp liệu và vật liệu trên thuyền cấp liệu, kg;

Z là hệ số tách rời khỏi mặt thuyền cho trước, nằm trong khoảng từ 3 đến 4;

ii) xác định đường kính (d) của dây lò xo và đường kính trung bình (D_{tb}) của nó trên cơ sở tổng độ cứng C_z được xác định trong bước i), trong đó đường kính (d) của dây lò xo và đường kính trung bình (D_{tb}) của nó có tỷ lệ được xác định theo độ cứng cần thiết (c_z) của một lò xo mà được xác định theo công thức sau:

$$c_z = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_{tb}^3 \cdot i} \Leftrightarrow \frac{d^4}{D_{tb}^3 \cdot i} = \frac{8c_z}{G}$$

trong đó:

c_z là độ cứng cần thiết của một lò xo, N/m;

G là mô đun đàn hồi của vật liệu lò xo, N/m²;

i là số vòng lò xo;

d là đường kính dây lò xo, m;

D_{tb} là đường kính trung bình của lò xo, m;

iii) xác định bước lò xo (t) theo điều kiện không có tiếp xúc giữa các vòng lò xo khi nó nén lại, trong đó bước lò xo, được chọn trong điều kiện không có tiếp xúc giữa các cuộn khi đi qua vùng cộng hưởng, được xác định bằng công thức sau:

$$t = \frac{d + (1,15 \div 1,30) \cdot \lambda}{i}, \text{ m}$$

trong đó:

d, i là như được xác định trên đây;

λ là biên độ dao động của máng cấp liệu, m.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước iv) kiểm tra độ bền của lò xo, trong đó để đảm bảo lò xo làm việc tin cậy không bị phá hủy, ứng suất (σ) trên lò xo phải nhỏ hơn ứng suất cho phép (σ_b) của vật liệu làm lò xo.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó ứng suất (σ) trên lò xo được xác định theo công thức sau và đảm bảo theo điều kiện sau:

$$\sigma = \frac{20 \cdot R \cdot D_{tb} (2 \cdot D_{tb} + d)}{\pi \cdot d^3 (5 \cdot D_{tb} - 4 \cdot d)} < [\sigma_b]$$

trong đó:

σ ứng suất trên lò xo, Mpa;

σ_b là ứng suất cho phép của vật liệu làm lò xo, Mpa;

R là tổng tải trọng lên một lò xo dọc theo trục của nó, N;

π là số pi bằng 3,14;

d, D_{tb} là như được xác định trên đây.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó các thông số cơ bản cần xác định bao gồm tổng độ cứng (C_z) của lò xo, độ cứng (c_z) của một lò xo, đường kính (d) của dây lò xo và đường kính trung bình (D_{tb}) của nó, và bước lò xo (t).

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước i), tổng số lò xo (n) cũng như số lượng lò xo trong mỗi bộ đỡ (n_0) được chọn dựa trên thiết kế của máy cấp liệu rung và sơ đồ thiết kế ban đầu, và trong đó đối với các gối đỡ đối xứng và gối đỡ bất đối xứng, các thông số cơ bản lần lượt được xác định như sau đây:

i.1) đối với các gối đỡ đối xứng:

- độ cứng cần thiết (c_z) của một lò xo được xác định: $c_z = \frac{C_z}{n}$, N/m;

- tải trọng tĩnh (R_1) trên mỗi lò xo, $R_1 = \frac{g \cdot m_{vt}}{n}$, N;

và trong đó:

g là gia tốc trọng trường;

các biến còn lại là như được xác định trên đây;

i.2) đối với các gối đỡ bất đối xứng:

- tổng số lò xo $n = 2n'_0 + 2n''_0$, trong đó n'_0 và n''_0 là số lượng lò xo trong bộ đỡ tương ứng; và

- độ cứng cần thiết (c_z) của một lò xo được xác định từ sự phân bố theo

$$\text{công thức: } c_z = \frac{C_z}{2n_0 + 2n_0''}, \text{ N/m;}$$

- tải trọng tĩnh (R_1) trên mỗi lò xo: $R_1 = \frac{g \cdot m_{vt}}{2n_0 + 2n_0''}, \text{ N;}$

và trong đó các biến là như được xác định trên đây.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bước i) tốt hơn nếu Z là 4.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước iii) các thông số khác được xác định bao gồm chiều cao (H_0) của lò xo ở trạng thái tự do (lò xo không chịu lực nén), chiều cao (H_c) của lò xo bị nén cho đến khi các cuộn dây chạm vào nhau, tải trọng động lên lò xo khi thuyền cấp liệu dao động theo phương thẳng đứng được (R_t), tổng tải trọng lên một lò xo theo phương dọc trục (R), độ lún của lò xo (f_l) khi chịu tác động của toàn bộ tải trọng, và chiều cao của lò xo khi biến dạng hoàn toàn (H_l), nhằm xác định điều kiện thông số để đảm bảo hệ thống hoạt động bình thường, không va đập, trong giai đoạn khởi động và dừng.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó chiều cao (H_0) của lò xo ở trạng thái tự do và chiều cao (H_c) của lò xo bị nén cho đến khi các cuộn dây chạm vào nhau lần lượt được xác định theo các công thức sau đây:

$$H_0 = H_c + i \cdot (t - d), \text{ m;}$$

$$H_c = (i - 0,5)d, \text{ m;}$$

trong đó các biến là như được xác định trên đây.

9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tải trọng động lên lò xo khi thuyền cấp liệu dao động theo phương thẳng đứng (R_t) và tổng tải trọng (R) lên một lò xo theo phương dọc trục (R) lần lượt được xác định bằng công thức sau:

$$R_t = c_z \cdot \lambda \cdot \sin \beta, \text{ N;}$$

$$R = R_1 + R_t, \text{ N;}$$

trong đó:

β là góc phương dao động của máy;

các biến còn lại là như được xác định trên đây.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó β có giá trị nằm trong khoảng từ 20 đến 35 độ.

11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó độ lún độ lún của lò xo khi chịu tác động của toàn bộ tải trọng (f_l) và độ lún tối đa của thuyền cấp liệu (f) được xác định bằng công thức sau:

$$f_1 = \frac{R}{c_z}, \text{ m};$$

$$f = f_1 + f_p = \frac{R}{c_z} + 10 \cdot \lambda, \text{ m};$$

trong đó:

f_p có giá trị bằng 10λ là độ lún của lò xo tương ứng với độ lớn của biên độ dao động của thuyền cấp liệu (λ_p) tăng khi hệ đi qua vùng cộng hưởng;

các biến còn lại là như được xác định trên đây.

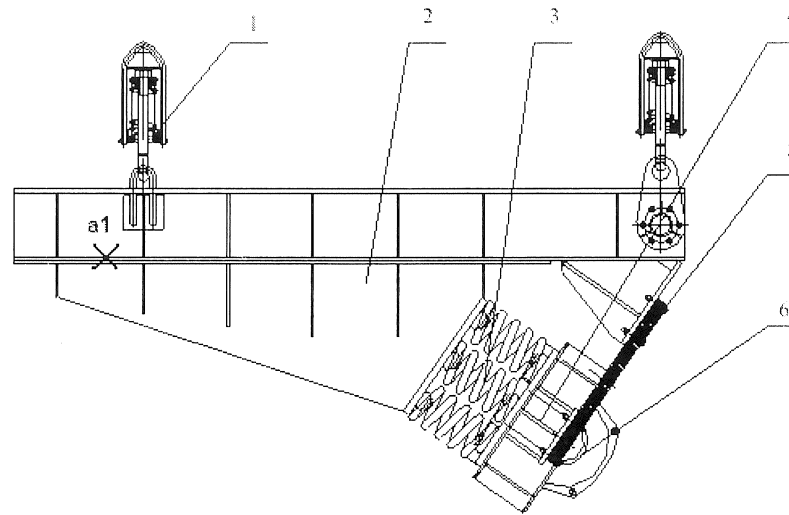
12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó chiều cao của lò xo khi biến dạng hoàn toàn (H_t) được xác định bằng công thức sau:

$$H_t = H_0 - f, \text{ m}.$$

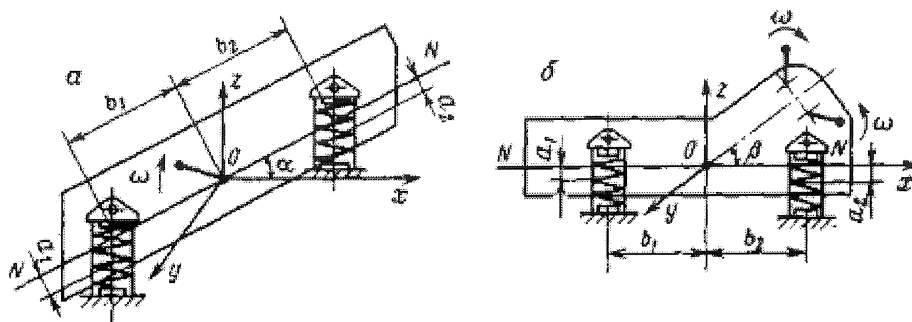
trong đó các biến là như được xác định trên đây.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lò xo được chọn đảm bảo hệ thống hoạt động bình thường, không va đập trong giai đoạn khởi động và dừng khi thỏa mãn điều kiện giá trị H_t phải lớn hơn H_c , trong đó H_t và H_c là như được xác định trên đây.

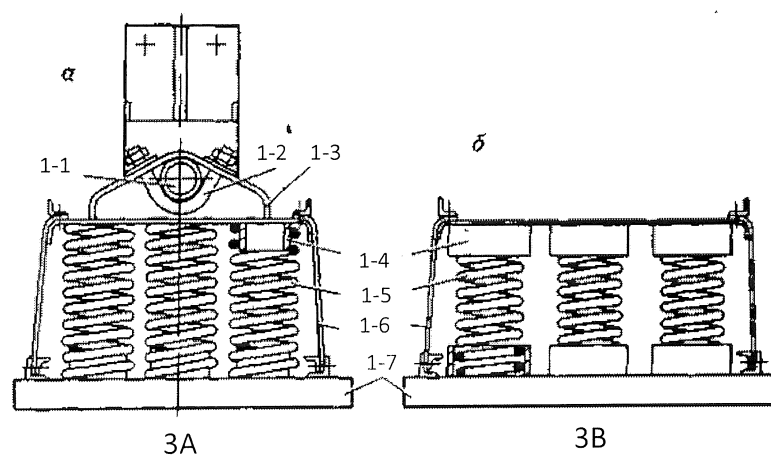
14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó máy cấp liệu rung về cơ bản bao gồm gối đàn hồi, thuyền cấp liệu, lò xo chủ động, bộ gá động cơ điện, lớp cao su nhiều lớp liên kết, và động cơ rung.



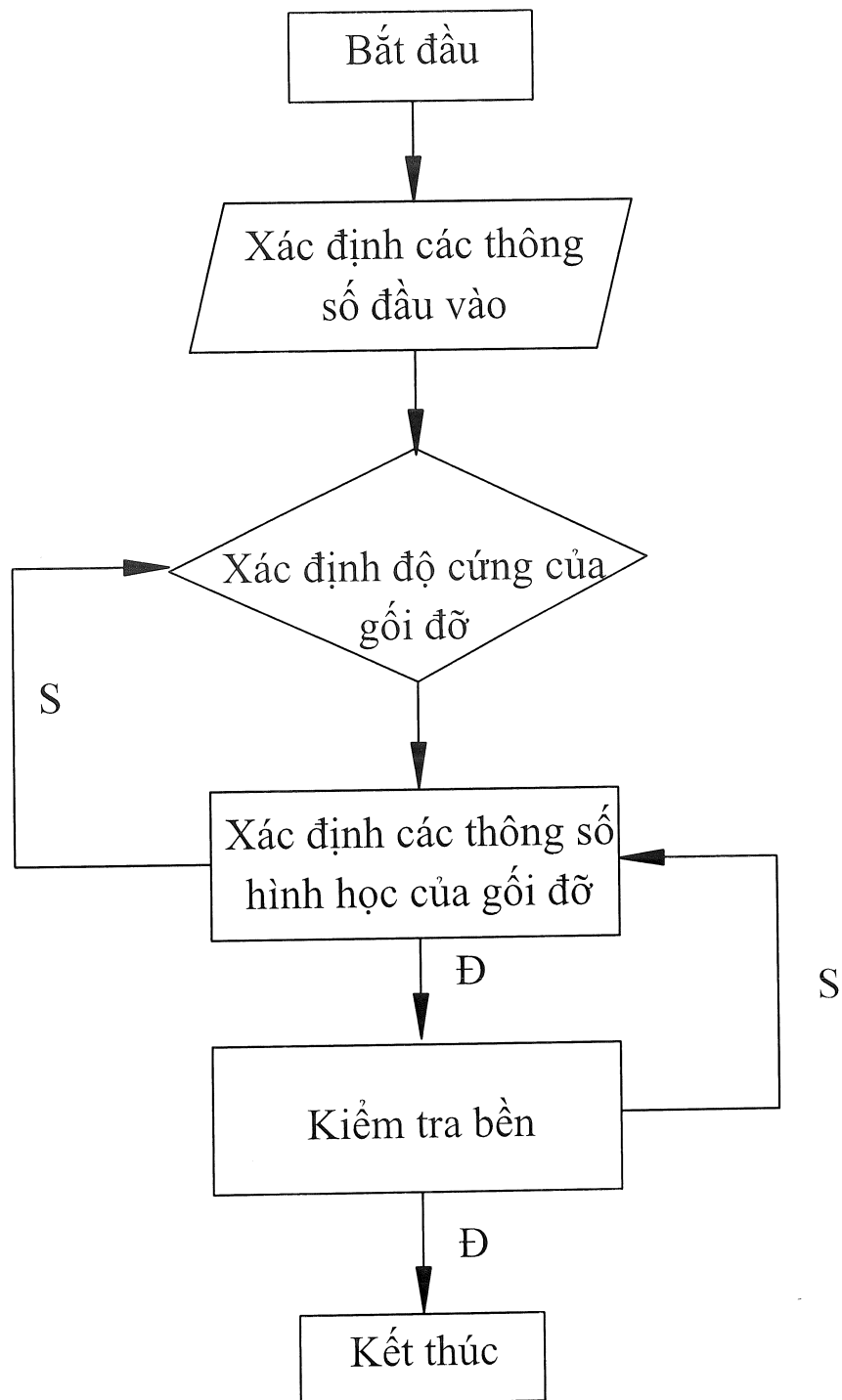
Hình 1



Hình 2



Hình 3



Hình 4