

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT HỢP LÝ BÀN RUNG TẠO VÀ CHẠM BÊ TÔNG VÀ PALLET CỦA MÁY ĐÚC GẠCH KHÔNG NUNG

Trần Văn Tuấn^a, Cao Thành Dũng^{a,*}

^aKhoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 07/11/2021, Sửa xong 12/01/2022, Chấp nhận đăng 13/01/2022

Tóm tắt

Các thông số kỹ thuật của bàn rung trong máy đúc gạch không nung theo phương pháp ép rung ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng gạch không nung. Bài báo thiết lập phương trình vi phân mô tả chuyển động, xác định điều kiện của lực kích rung để tìm lực ép yêu cầu. Từ lực ép và trọng lượng chày ép đã chỉ ra xy lanh không cần tạo lực ép trong quá trình ép gạch, dẫn tới năng lượng được tiết kiệm. Sau đó, các thông số của bàn rung được khảo sát theo những tần số phổ biến của động cơ và đã chọn được thông số hợp lý của bàn rung đảm bảo khuôn không tách rời khỏi bàn rung. Nghiên cứu mở rộng phạm vi cho trường hợp thay đổi độ cứng lò xo và khối lượng rung. Khảo sát đã chỉ ra biên độ dao động thay đổi không đáng kể khi thay đổi độ cứng lò xo và khối lượng rung. Do đó, lò xo được lựa chọn dựa vào kích thước thiết kế và độ bền mỗi khi tổng khối lượng rung thay đổi. Từ đó, cơ sở khoa học để xác định hợp lý các thông số kỹ thuật được xây dựng để phù hợp với công nghệ ép rung, đây là tiền đề cho việc thiết kế và chế tạo máy đúc gạch không nung theo phương pháp ép rung. Công nghệ ép rung này cho chất lượng và năng suất cao hơn hẳn công nghệ ép tĩnh.

Từ khoá: máy đúc gạch không nung; bàn rung; thông số kỹ thuật hợp lý; công nghệ ép rung; phương trình vi phân chuyển động.

DETERMINATION THE REASONABLE SPECIFICATIONS OF VIBRATING TABLE BY COLLIDING BETWEEN CONCRETE AND PALLET OF THE ADOBE BRICK MOLDING MACHINE

Abstract

The productivity and quality of the adobe bricks are directly affected by the specifications of the vibrating table in the adobe brick molding machine by the vibrating pressing method. The article refers to set up differential equations by describing motion, determine the conditions of the vibrating force to look for the required pressure. From the pressure and the weight of the pressing pestle, it is shown that the cylinder does not need to create pressure during the brick pressing process, resulting in energy savings. And then, the parameters of the vibrating table are surveyed according to the common frequencies of the motor and the reasonable parameters of the vibrating table are selected to ensure that the mold do not separate from the vibrating table. The article develops the research scope for the case of changing the spring stiffness and the vibration mass. The survey has shown that the vibration amplitude changes insignificantly when changing the spring stiffness and the vibration mass. As a result, the spring is selected basing on the design size and the fatigue strength when the total vibration mass changes. From there, a scientific basis for reasonable determination of the technical parameters is built to match with the vibrating pressing technology and then it contributes to design and manufacture the adobe brick molding machine by the vibrating pressing method. This vibrating pressing technology has much higher quality and capacity than that of the static pressing technology.

Keywords: adobe brick molding machine; vibrating table; reasonable specification; vibrating pressing technology; differential equation of motion.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(1V\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(1V)-10) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: dungct2@nuce.edu.vn (Dũng, C. T.)

1. Giới thiệu

Không chỉ ở Việt Nam, hiện nay các nước đã và đang phát triển đều xem sản xuất và sử dụng vật liệu không nung là xu hướng tất yếu của xây dựng trong tương lai. Rất nhiều quốc gia trên thế giới đã có những chính sách riêng nhằm hỗ trợ cho việc phát triển loại vật liệu thân thiện này dần thay thế vật liệu nung truyền thống.

Tại châu Âu và các nước phát triển ở châu Á [1], từ thập niên 60, 70 của thế kỷ trước, ngành sản xuất vật liệu không nung đã phát triển mạnh, đến nay đã gần thay thế hoàn toàn gạch đất sét nung. Vật liệu không nung chiếm thị phần ngày càng lớn do chính phủ nhiều quốc gia sớm có những chính sách hỗ trợ để loại vật liệu này có thể cạnh tranh với vật liệu nung. Điển hình như Trung Quốc đã ban hành lệnh cấm sản xuất, sử dụng gạch đất sét nung ở 170 thành phố từ năm 2003. Thái Lan quản lý chặt việc sử dụng đất đai, do đó vật liệu nung có giá cao hơn nhiều vật liệu không nung. Tại các nước phát triển, vật liệu không nung chiếm khoảng 60% tổng vật liệu xây dựng, gạch đất sét nung chỉ chiếm khoảng 10÷15%. Tại Mỹ, những chương trình xây dựng xanh đang có chiều hướng tăng với tốc độ đáng kể do chính sách ưu đãi và khuyến khích của chính quyền địa phương và liên bang, có tới 1/3 các công trình xây dựng thương mại mới là các công trình xanh, hoàn toàn xây dựng bởi vật liệu thân thiện với môi trường như vật liệu không nung.

Ở Việt Nam, nhu cầu về vật liệu xây dựng rất cao do nước ta đang trong giai đoạn phát triển [1], nhu cầu năm 2020 khoảng 42 tỷ viên gạch, nhưng hiện tại sản xuất vật liệu không nung chỉ chiếm khoảng 8÷10% tổng vật liệu xây dựng. Tính đến năm 2014, cả nước có hơn 1.000 dây chuyền sản xuất gạch không nung có năng suất cao nhất là 7 triệu viên/năm; khoảng 50 dây chuyền năng suất từ 7÷40 triệu viên/năm. Năm 2010 Chính phủ đưa ra Quyết định về việc phê duyệt chương trình phát triển vật liệu xây dựng không nung [2], với mục tiêu là phát triển sản xuất và sử dụng vật liệu không nung để thay thế gạch đất sét nung, tiết kiệm đất nông nghiệp, góp phần bảo đảm an ninh lương thực quốc gia, giảm thiểu khí phát thải gây hiệu ứng nhà kính và ô nhiễm môi trường, giảm chi phí xử lý phế thải của các ngành công nghiệp, tiết kiệm nhiên liệu than, đem lại hiệu quả kinh tế chung cho toàn xã hội.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về tính chất của gạch không nung, như sử dụng hợp lý chất ổn định của rác thải nông nghiệp để tăng cường độ của gạch không nung [3]; tính chất cơ lý thay đổi theo các thành phần phối liệu khác nhau của gạch không nung [4], từ đó có thể lựa chọn phối liệu sản xuất gạch không nung cho phù hợp với yêu cầu; cường độ chịu nén của gạch không nung thay đổi theo tỷ lệ xi măng và nước [5], thông qua nghiên cứu lựa chọn được tỷ lệ phối liệu hợp lý theo cường độ gạch yêu cầu. Máy ép gạch cũng được quan tâm, như nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy ép gạch đa năng cho sản phẩm với chi phí thấp, phục vụ cho người có thu nhập thấp [6]; các thông số của máy ép gạch thủy lực phục vụ cho công nghệ ép tĩnh được nghiên cứu và hiệu quả của máy được đánh giá thông qua các thông số khảo sát [7]. Bên cạnh đó, một số nhà khoa học đã nghiên cứu và chỉ ra một số đặc điểm của bàn rung, ví dụ động lực học của các tác động lặp lại của bàn rung dao động hình sin được xây dựng [8], từ đó các giai đoạn làm việc của bàn rung được xác định; một nghiên cứu khác về bàn rung là xây dựng phương pháp tách hạt theo trọng lượng được thực hiện do các hạt có khối lượng khác nhau thì nhận được các độ rung động khác nhau [9]; ma sát trên bề mặt bàn rung được xác định thông qua các thử nghiệm trên cả mặt bàn nằm ngang và nằm nghiêng [10], trong nghiên cứu này, tác động của việc thay đổi gia tốc pháp tuyến đối với mặt phẳng đã được chỉ ra và một phương pháp giải thích các thử nghiệm, dựa trên các phương trình chuyển động của bàn rung, đã được đề xuất.

Trong nước đã có một số nghiên cứu về bàn va rung, như nghiên cứu phương pháp xác định lực ép lên bề mặt cấu kiện bê tông nói chung trong quá trình đúc bằng công nghệ va rung trong [11]. Bài báo xem xét các trường hợp gia tải khác nhau và mới chỉ dừng ở đề xuất cách xác định lực ép trong một số trường hợp cụ thể; một nghiên cứu khác về lực ép lên cấu kiện bê tông trên bàn rung thông

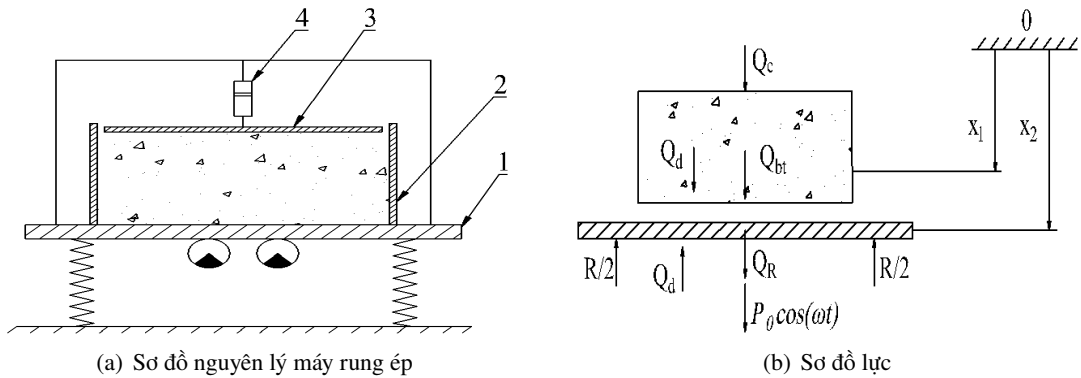
qua việc thay đổi gia tải quán tính [12]. Nghiên cứu chỉ ra giới hạn của vật ra tải đảm bảo máy không mất ổn định khi làm việc và biên độ dao động không nhỏ quá.

Hiện nay trên thị trường Việt Nam có nhiều đơn vị cung cấp, chuyển giao dây chuyền sản xuất gạch không nung khác nhau, nhưng nhìn chung được phân ra làm 2 loại công nghệ chính là dây chuyền công nghệ có máy đúc ép tĩnh và dây chuyền công nghệ có máy đúc ép rung. Công nghệ ép rung cho chất lượng và năng suất cao hơn hẳn công nghệ chỉ có ép tĩnh nhưng nó yêu cầu phải đảm bảo các thông số kỹ thuật hợp lý của bàn rung [13].

Mặc dù có nhiều nghiên cứu về bàn rung, nhưng bàn rung đóng vai trò là một cụm công tác phục vụ cho máy ép gạch chưa được xem xét cụ thể để nâng cao hiệu quả làm việc của máy và chất lượng gạch không nung. Bài báo này đề xuất các bước tính toán thông số cơ bản của bàn rung như biên độ, tần số, thời gian rung và các thông số động lực khác như độ cứng lò xo, lực kích rung, hệ số giảm dao động... trong tổ hợp máy đúc ép rung làm việc với chế độ va chạm giữa hỗn hợp bê tông có sử dụng phế thải công nghiệp và Pallet.

2. Cơ sở lý thuyết xác định lực ép bề mặt gạch tạo va chạm trong

Lực ép bề mặt gạch được xác định thông qua sơ đồ lực tác dụng khi đúc gạch bằng ép rung (Hình 1). Theo [11, 14, 15] để khối hỗn hợp bê tông tách ra và va chạm với pallet làm tăng đáng kể hiệu quả làm chặt và tạo hình gạch thì giá trị lực ép lên bề mặt hỗn hợp khi đúc Q_e phải được xác định trong một miền giá trị nhất định ($Q_{e\min} \leq Q_e \leq Q_{e\max}$). Lực ép này phụ thuộc vào lực kích rung và trọng lượng của các phần tử rung.



(a) Sơ đồ nguyên lý máy rung ép

(b) Sơ đồ lực

1- Bàn rung; 2- Khuôn; 3- Tấm ép; 4- Xi lanh ép

Hình 1. Sơ đồ lực tác dụng khi đúc gạch bằng ép rung

Khi đúc gạch không nung dùng hỗn hợp bê tông bán khô, do đó giá trị lực dính Q_d nhỏ có thể bỏ qua. Bài báo xem xét máy đúc gạch rung ép phổ biến hiện nay với khuôn đúc sắp xếp 24 viên gạch tiêu chuẩn theo phương đứng. Chiều cao viên gạch khi đúc khoảng 25 cm, để giá trị lực ép nằm trong miền giá trị đã nêu và trong quá trình làm việc tạo va chạm một lần trong một chu kỳ rung thì Q_e được xác định theo [16] có công thức (1).

$$Q_e = Q_{bt} \left(0,39 \frac{P_0}{Q_{bt} + Q_R} - 1 \right) \quad (1)$$

trong đó Q_{bt} là trọng lượng hỗn hợp bê tông trong 24 viên gạch (N); Q_R là trọng lượng rung động (N);

P_0 là lực gây rung (N) được xác định theo công thức (2).

$$P_0 = m_0 r \omega^2 = K \omega^2 \quad (2)$$

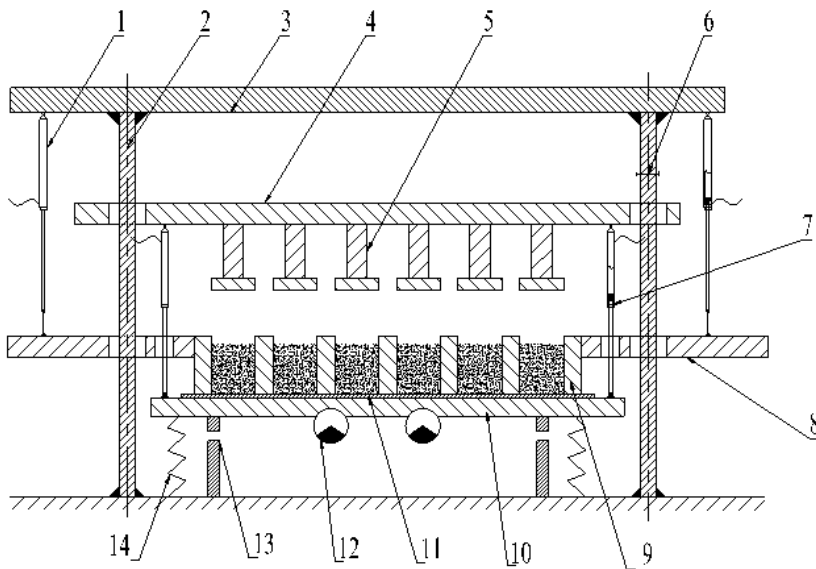
trong đó m_0 là khối lượng quả lệch tâm; r là bán kính lệch tâm; ω là vận tốc góc và K là mô men quán tính gây rung. Giá trị P_0 được xác định theo giả thiết là khuôn và pallet không tách khỏi mặt bàn rung, khi đó để đầm chặt hỗn hợp bê tông thì giá trị biên độ x_a và tần số ω_{lv} phù hợp với công nghệ va rung đúc gạch bê tông được xác định theo biểu thức (3) [17, 18].

$$x_a = (0,3 \div 0,8) \text{ mm}; \quad \omega_{lv} = (154 \div 314) \text{ rad/s} \quad (3)$$

Các công thức trong mục này sẽ là cơ sở để tính toán, thiết kế bàn rung và máy đúc rung ép ở các phần tiếp theo.

3. Nguyên lý làm việc của máy rung ép

Máy đúc gạch không nung theo công nghệ ép rung được mô tả theo Hình 2. Quá trình làm việc của máy thực hiện theo 3 giai đoạn.



- 1- Xi lanh di chuyển khuôn gạch; 2- Cột dẫn hướng; 3- Khung máy; 4- Giá giữ chày ép; 5- Chày ép; 6- Lẫy giữ chày ép; 7- Xi lanh nâng hạ chày ép; 8- Giá khuôn gạch; 9- Khuôn gạch; 10- Bàn rung; 11- Pallet (khay); 12- Cơ cấu gây rung; 13- Gối chặn cứng; 14- Lò xo

Hình 2. Sơ đồ nguyên lý máy ép rung

3.1. Giai đoạn 1 - cấp liệu

Khuôn gạch 10 được nâng lên nhờ xi lanh 1; chày ép 5 được nâng lên nhờ xi lanh 8; tiếp theo pallet 12 được đưa vào đặt tự do trên bàn rung; sau đó, khuôn gạch 10 và pít tông xi lanh 1 hạ xuống nhờ trọng lượng bản thân ép chặt pallet trên bàn rung; cơ cấu cấp liệu đưa hỗn hợp bê tông vào và rải đều vào khuôn gạch đồng thời máy rung có hướng 13 làm việc; khi nạp và rải xong vật liệu, cơ cấu cấp liệu về vị trí ban đầu.

3.2. Giai đoạn 2 - ép kết hợp rung

Chày ép 5 hạ xuống nén hỗn hợp bê tông trong khuôn gạch 10, đồng thời cơ cấu gây rung 13 tiếp tục hoạt động với chế độ ép rung.

3.3. Giai đoạn 3 - kết thúc

Động cơ bàn rung ngừng hoạt động; khuôn gạch 10 được nâng lên nhờ xi lanh 1; sau đó chày ép 5 được nâng lên nhờ xi lanh 8; tiếp đến pallet mới được đưa vào và đẩy pallet đang chứa gạch sau rung ép ra khỏi bàn rung để bắt đầu chu trình làm việc mới.

4. Xác định các thông số bàn rung

4.1. Xác định lực kích rung

Trong quá trình máy làm việc mà không sử dụng kẹp khuôn thì điều kiện để khuôn và pallet không tách khỏi mặt bàn rung được xác định theo công thức (4).

$$P_0 = F_{qt} \leq \sum Q \quad (4)$$

trong đó F_{qt} là lực quán tính do dao động rung tạo ra (N); $\sum Q$ là tổng trọng lượng nằm trên bàn rung tham gia dao động (N), được xác định theo công thức (5).

$$\sum Q = Q_{kh} + Q_{bt}^R + Q_{pl} + Q_{ce} \quad (5)$$

trong đó Q_{kh} là trọng lượng khuôn ép (N); $Q_{bt}^R = q_{bt}a_1$, q_{bt} là trọng lượng hỗn hợp bê tông (N) và a_1 là hệ số lượng bê tông tham gia dao động (do chiều cao hỗn hợp bê tông nhỏ hơn 25 cm nên chọn $a_1 = 1$) [16]; Q_{pl} là trọng lượng pallet (N); Q_{ce} là trọng lượng chày ép (N). Từ bài toán khuôn đúc có 24 viên gạch, các khối lượng thành phần được xác định như sau: khối lượng khuôn 971 (kg), khối lượng pallet 49,6 (kg), khối lượng bê tông 104 (kg), khối lượng chày ép 218,4 (kg). Khi đó, máy đúc gạch ép rung có tổng trọng lượng nằm trên bàn rung tham gia dao động $\sum Q = 13175$ (N). Theo công thức (4), lực kích rung tối đa cho phép để không cần kẹp khuôn trên bàn rung là $P_0 \leq \sum Q = 13175$ (N).

4.2. Kiểm tra lực kích rung

Lực kích rung P_0 phải thỏa mãn lực ép lên bề mặt hỗn hợp khi đúc Q_e theo công thức (1). Khối lượng bàn rung được chọn sơ bộ theo kinh nghiệm là 400 (kg). Khi đó, trọng lượng rung động $Q_R = 16079$ (N). Khi lực kích rung $P_0 \leq 13175$ (N) thì lực ép lên bề mặt hỗn hợp khi đúc Q_e xác định theo công thức (1) luôn nhận giá trị âm, ví dụ $P_0 = 10000$ (N) thì giá trị lực ép lên bề mặt hỗn hợp bê tông bán khô khi đúc được xác định $Q_e = -788$ (N).

Lực ép Q_e là giá trị âm, do đó khi có va chạm trong thì lực ép sẽ tác động vào chày ép gạch có chiều ngược với chiều giả thiết trong Hình 1, có nghĩa khi có lực rung P_0 theo giá trị tính toán, bê tông sẽ ép vào bề mặt dưới chày. Do giá trị lực ép $Q_e = 788$ (N) nhỏ hơn trọng lượng chày ép $Q_{ce} = 2143$ (N) nên chày ép không tách khỏi bề mặt bê tông khi làm việc, do đó, xi lanh chỉ cần hoạt động cho quá trình nâng chày ép mà không cần tạo lực ép trong quá trình ép gạch khi các thông số của bàn rung thỏa mãn công thức (3).

4.3. Mô men quán tính cần thiết để tạo rung

Mô men quán tính được liên hệ với lực quán tính do dao động tạo ra theo công thức (2). Trong thực tế, động cơ gây rung thường được chọn với hai loại tốc độ phổ biến là 1500 v/ph tương đương tần số 157 rad/s và loại 3000 v/ph tương đương tần số 314 rad/s. Bài báo sẽ khảo sát hai loại tần số này để xác định mô men quán tính gây rung theo lực quán tính ở mục sau.

Ví dụ khi cho lực quán tính $P_0 = 10000$ (N) và tần số là 157 rad/s, mô men quán tính gây rung K được xác định theo công thức (2), ta được $K = 0,4$ (kg.m). Khi tần số là 314 rad/s, ta được $K = 0,1$ (kg.m).

5. Khảo sát các thông số của bàn rung

5.1. Khảo sát lực rung phù hợp điều kiện công nghệ

Các thông số của bàn rung sẽ được khảo sát theo hai trường hợp của giá trị tần số là 157 rad/s và 314 rad/s. Bên cạnh đó lực kích rung P_0 cũng được xem xét tại một số giá trị cụ thể nhưng phải đảm bảo theo phương trình (4).

Bài báo tính toán cụ thể trường hợp tần số lực kích rung là 157 (rad/s) và lực quán tính $P_0 = 10000$ (N) để khảo sát các thông số của bàn rung.

Đầu tiên cần xác định tổng độ cứng lò xo c và hệ số cản dao động b . Để bàn rung làm việc bình ổn, chế độ làm việc phải xa điểm cộng hưởng, ta có $i = \omega_{lv}/\omega_0$, với $\omega_{lv} = 157$ (rad/s) là tần số lực kích rung và ω_0 là tần số dao động riêng. Theo [19] chọn $i = \omega_{lv}/\omega_0 = 4$, khi đó tần số dao động riêng $\omega_0 \approx 40$ (rad/s).

Bên cạnh đó tần số dao động riêng của bàn rung được xác định theo công thức (6).

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{M_0}} \quad (6)$$

trong đó M_0 là tổng khối lượng rung (bao gồm cả bàn rung), $M_0 = 1743$ (kg).

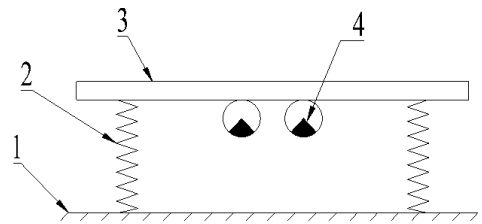
Từ công thức (6), tổng độ cứng lò xo được xác định $c = 2788800$ (N/m). Mô hình bàn rung được chỉ ra trên Hình 3, bàn rung có 4 cụm lò xo ở bốn góc, do đó độ cứng của một cụm lò xo là $c_1 = c/4 = 697200$ (N.m). Hệ số cản dao động khi có kể đến ảnh hưởng của hỗn hợp bê tông, theo [19, 20] được xác định $b = 10^{-3} \cdot C$. Từ đó ta xác định được $b = 2789$ (N.s/m).

Phương trình động lực học bàn rung của máy đúc gạch ép rung, thiết lập như phương trình Lagrang II, theo [19] xác định được phương trình vi phân (7) và nghiệm của nó có dạng phương trình dao động (8).

$$M_0 \ddot{x} + b \dot{x} + cx = P_0 \cos(\omega_{lv} t) \quad (7)$$

$$x = e^{-ht} \left(x_0 \cos \omega_1 t + \frac{x_0 h + \dot{x}_0}{\omega_1} \sin \omega_1 t \right) - \frac{P_0 e^{-ht} \left[(\omega_0^2 - \omega_{lv}^2) \cos \omega_1 t + \frac{h}{\omega_1} (\omega_0^2 + \omega_{lv}^2) \sin \omega_1 t \right]}{M_0 \left[(\omega_0^2 - \omega_{lv}^2)^2 + 4h^2 \omega_{lv}^2 \right]} \quad (8)$$

$$+ \frac{P_0 \cos(\omega_{lv} t - \varphi)}{M_0 \cdot \sqrt{(\omega_0^2 - \omega_{lv}^2)^2 + 4h^2 \omega_{lv}^2}}$$



1- Đế bàn rung gắn với móng máy; 2- Lò xo; 3- Bàn rung cùng các phần tử rung gắn với nó; 4- Cụm cơ cấu gây rung

Hình 3. Mô hình bàn rung

trong đó $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - h^2}$ với h là hệ số cản đặc trưng (N.s/m.kg); t là thời gian rung (s).

Nghiệm bình ổn của phương trình (8) được thể hiện theo phương trình (9) [19].

$$x = x_a \cos(\omega_{lv}t - \varphi) \tag{9}$$

trong đó biên độ dao động x_a được xác định theo công thức (10) và pha dao động φ được xác định theo công thức (11).

$$x_a = \frac{P_0}{M_0 \sqrt{(\omega^2 - \omega_{lv}^2)^2 + 4h^2\omega_{lv}^2}} \tag{10}$$

$$\varphi = \arctan \frac{2h\omega_{lv}}{|\omega^2 - \omega_{lv}^2|} = 14^\circ \div 16^\circ \tag{11}$$

Chọn pha dao động $\varphi = 16^\circ$, xác định được hệ số đặc trưng $h = 21$ (N.s/m.kg).

Lực kích rung ứng với chế độ bình ổn $P_0 = 10000$ (N) và biên độ dao động ứng với chế độ bình ổn $x_a = 0,24$ (mm).

Khảo sát phương trình dao động (8) thông qua phần mềm Matlab với các thông số đầu vào $M_0 = 1743$ (kg), $\omega_0 = 40$ (rad/s), $\omega_{lv} = 157$ (rad/s), $P_0 = 10000$ (N), $\varphi = 16^\circ$, $h = 21$ (N.s/m.kg) và điều kiện ban đầu $t = 0$, $x = x_0$, $\dot{x} = \dot{x}_0$. Thông qua khảo sát phương trình dao động được mô tả theo đồ thị trên Hình 4.

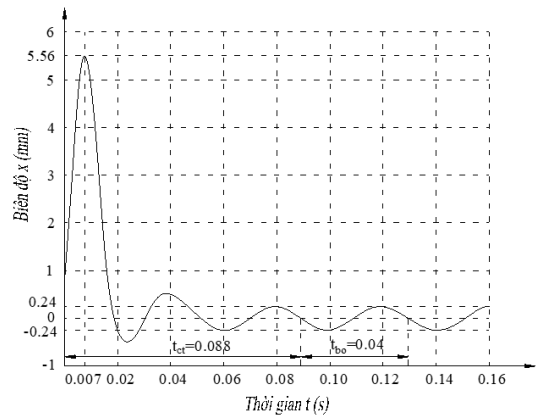
Do khối lượng rung 1743(kg) có giá trị khá lớn so với khối lượng bê tông 104(kg) nên hiện tượng va chạm giữa khối bê tông và khối rung đã được tuyến tính hóa theo dao động điều hòa của khối rung, kết quả cho ở đồ thị Hình 4 dạng điều hòa. Từ đồ thị Hình 4 thấy rằng thời gian chuyển tiếp là $t_{ct} = 0,088$ (s), ở thời gian này biên độ dao động lớn nhất $x_{a\max} = 5,56$ (mm). Sau đó đồ thị dao động bình ổn theo đường hình cos với biên độ bình ổn $x_a = 0,24$ (mm) và chu kỳ dao động $t_{bo} = 0,04$ (s). Đây sẽ là chế độ làm việc hiệu quả của bàn rung trong quá trình đúc gạch khi đáp ứng giá trị biên độ theo điều kiện (3).

Sau khi đã xem xét trường hợp cụ thể tần số lực kích rung là 157 (rad/s) và lực quán tính $P_0 = 10000$ (N), các tính toán là tương tự với các giá trị khác của lực quán tính và tần số lực kích rung để khảo sát các thông số của bàn rung. Các kết quả tính toán được tổng hợp theo Bảng 1 khi lực quán tính thay đổi từ 9000 (N) đến 13000 (N) thỏa mãn công thức (4) và tần số lực kích rung xét cho 2 trường hợp phổ biến là $\omega_{lv} = 157$ (rad/s) và 314 (rad/s), các thông số kết cấu và công nghệ của bàn rung không thay đổi bao gồm, $M_0 = 1743$ (kg), $c = 2788800$ (N/m) và $\varphi = 16^\circ$.

Từ Bảng 1 ta có một số nhận xét sau:

- Khi tần số lực kích rung ω_{lv} không đổi và lực quán tính P_0 tăng thì biên độ dao động x_a và mô men quán tính gây rung K tăng trong khi thời gian chuyển tiếp để chuyển sang chế độ làm việc bình ổn là t_{ct} nhỏ và thay đổi không nhiều, do đó t_{ct} không cần xem xét tiếp theo;

- Khi tần số lực kích rung $\omega_{lv} = 314$ (rad/s) thì biên độ dao động x_a rất nhỏ, không thỏa mãn điều kiện về công nghệ trong công thức (3). Do đó giá trị của tần số lực kích rung $\omega_{lv} = 314$ (rad/s) không được xem xét để lựa chọn cho bàn rung.



Hình 4. Đồ thị mối liên hệ giữa biên độ và thời gian làm việc khi tần số lực kích rung là 157 (rad/s)

Bảng 1. Các thông số làm việc của bàn rung khi tần số và lực ép thay đổi

ω_{lv} (rad/s)	$P_0 = 9000$ (N)			$P_0 = 10000$ (N)			$P_0 = 11000$ (N)		
	x_a (mm)	K (kg.m)	t_{ct} (s)	x_a (mm)	K (kg.m)	t_{ct} (s)	x_a (mm)	K (kg.m)	t_{ct} (s)
157	0,22	0,37	0,092	0,24	0,4	0,088	0,25	0,45	0,091
314	0,05	0,09	0,057	0,06	0,1	0,066	0,06	0,11	0,055
ω_{lv} (rad/s)	$P_0 = 12000$ (N)			$P_0 = 12500$ (N)			$P_0 = 13000$ (N)		
	x_a (mm)	K (kg.m)	t_{ct} (s)	x_a (mm)	K (kg.m)	t_{ct} (s)	x_a (mm)	K (kg.m)	t_{ct} (s)
157	0,27	0,49	0,092	0,3	0,51	0,091	0,32	0,53	0,09
314	0,07	0,12	0,057	0,08	0,13	0,056	0,08	0,13	0,057

- Khi tần số lực kích rung $\omega_{lv} = 157$ (rad/s) và lực quán tính P_0 phải lớn hơn hoặc bằng 12500 (N) thì biên độ dao động x_a mới đảm bảo điều kiện trong công thức (3).

Từ những nhận xét này, để khuôn không bị tách rời khỏi bàn rung và hiệu quả làm chặt tốt hơn ta thấy lựa chọn bộ thông số $\omega_{lv} = 157$ (rad/s), $P_0 = 13000$ (N) là hợp lý nhất, khi đó biên độ dao động $x_a = 0,32$ (mm), mô men quán tính gây rung $K = 0,53$ (kg.m), thời gian chuyển tiếp $t_{ct} = 0,11$ (s), tổng khối lượng rung $M_0 = 1743$ (kg), tổng độ cứng lò xo $c = 2788800$ (N/m) và pha dao động $\varphi = 16^\circ$.

5.2. Khảo sát biên độ dao động của bàn rung khi độ cứng lò xo và khối lượng rung thay đổi

Để phát triển nghiên cứu các loại máy ép gạch có tổng khối lượng rung thay đổi, bài báo xem xét sự thay đổi của tổng độ cứng lò xo và tổng khối lượng rung khi tần số lực kích rung $\omega_{lv} = 157$ (rad/s) để đánh giá chính xác sự lựa chọn hợp lý các thông số của bàn rung phục vụ ép rung gạch có hiệu quả không.

Các thông số không thay đổi của bàn rung khi khảo sát ở trường hợp này được xác định theo Mục 5.1 là $\omega_{lv} = 157$ (rad/s), $P_0 = 13000$ (N) và $\varphi = 16^\circ$.

Tổng độ cứng của lò xo được xem xét trong 2 trường hợp là $c = 2788800$ (N/m) và $c' = 2c = 5577600$ (N/m). Tổng khối lượng rung thay đổi xung quang giá trị xét ở Mục 5.1 từ 1600 (kg) đến 1900 (kg). Khi pha dao động $\varphi = 16^\circ$ và độ cứng lò xo tăng thì hệ số đặc trưng tăng $h' = 21,8$ (N.s/m.kg).

Các kết quả tính toán được tổng hợp theo Bảng 2 để xác định biên độ dao động khi tổng độ cứng lò xo và tổng khối lượng rung thay đổi.

Bảng 2. Biên độ dao động ứng với độ cứng lò xo và khối lượng rung thay đổi

c (N/m)	$M_0 = 1600$ (kg)		$M_0 = 1743$ (kg)		$M_0 = 1800$ (kg)		$M_0 = 1850$ (kg)		$M_0 = 1900$ (kg)	
	x_a (mm)	t_{ct} (kg)	x_a (mm)	t_{ct} (kg)	x_a (mm)	t_{ct} (kg)	x_a (mm)	t_{ct} (kg)	x_a (mm)	t_{ct} (kg)
2788800	0,296	0,091	0,32	0,091	0,3	0,092	0,257	0,092	0,25	0,092
5577600	0,297	0,092	0,3	0,092	0,29	0,092	0,255	0,092	0,27	0,092

Theo Bảng 2, khi tổng độ cứng lò xo và tổng khối lượng rung thay đổi thì biên độ dao động và thời gian chuyển tiếp để chuyển sang chế độ làm việc bình ổn là thay đổi không đáng kể. Do đó, khi tổng khối lượng rung thay đổi thì lò xo được lựa chọn dựa vào tiêu chí kích thước thiết kế và độ bền mỏi của lò xo mà không phụ thuộc nhiều vào độ cứng của nó.

6. Kết luận

Đề tài đã đề xuất được mô hình nguyên lý máy ép rung có va chạm hợp lý, nhằm giảm đáng kể lực ép cần thiết so với máy ép tĩnh và máy ép rung hiện có, tiết kiệm năng lượng và đạt hiệu quả cao trong quá trình tạo hình và làm chặt hỗn hợp bê tông khi đúc gạch, tăng tuổi thọ máy và khuôn đúc gạch.

Bên cạnh đó, đồ thị mối liên hệ giữa biên độ và thời gian làm việc khi tần số lực kích rung thay đổi đã được xây dựng. Thông qua đồ thị ta có thể xác định được thời gian chuyển tiếp để chuyển sang chế độ làm việc bình ổn là rất nhỏ, phù hợp với điều kiện công nghệ. Biên độ dao động và thời gian làm việc bình ổn của bàn rung cũng được xác định từ đồ thị, từ đó làm căn cứ để khảo sát các thông số làm việc.

Bài báo đã xác định được các thông số kỹ thuật hợp lý của bàn rung thông qua quá trình khảo sát sự thay đổi của các thông số theo điều kiện thực tế đảm bảo các yêu cầu về công nghệ rung giúp cho máy khi làm việc thì khuôn không bị tách rời khỏi bàn rung và hiệu quả làm chặt tốt hơn: biên độ dao động $x_a = 0,32$ (mm) hợp lý nhất tương ứng với tần số lực kích rung $\omega_{lv} = 157$ (rad/s) và lực kích rung $P_0 = 13000$ (N). Ngoài ra, khi tổng độ cứng lò xo và tổng khối lượng rung thay đổi thì biên độ và thời gian chuyển tiếp để chuyển sang chế độ làm việc bình ổn thay đổi không đáng kể.

Thông qua kết quả khảo sát này, các thông số làm việc chính của máy như thông số kết cấu, thông số động lực đã được lựa chọn hợp lý, làm cơ sở cho việc thiết kế, chế tạo và khai thác máy đúc gạch không nung có thể làm việc đồng bộ trong dây chuyền thiết bị tự động hóa với cấp phối vật liệu và kích thước gạch sản phẩm khác nhau.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho đề tài “Nghiên cứu thiết kế máy đúc gạch không nung khi sử dụng một số phế thải công nghiệp”, mã số 33-2021/KHXD.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tùng, D. D. *Xây dựng chính sách khuyến khích chế tạo thiết bị sản xuất gạch không nung trong nước*. Dự án cấp nhà nước “Tăng cường sản xuất và sử dụng gạch không nung ở Việt Nam”, Bộ Xây dựng, mã số 00087517.
- [2] Quyết định số 567/QĐ-TTg, ngày 28/04/2010 (2010). *Quyết định về việc phê duyệt chương trình phát triển vật liệu xây dựng không nung đến năm 2020*. Thủ tướng chính phủ.
- [3] Sasui, S., Kim, G., Lee, S. K., Son, M., Hwang, E., Nam, J. (2019). A Study on Improving the Strength Properties of Adobe Brick with the use of Agriculture Waste Stabilizer. *Proceedings of the Korean Institute of Building Construction Conference*, 19(1):25–26.
- [4] Amir A., M., Mohammad A. M., A., Baitollah, B., Mahdi M., A. Mechanical properties of compressed adobe brick. *8th International Conference on Seismology & Earthquake Engineering*, 541:ST-11711006.
- [5] Qin, L. B., Chen, W., Li, X. W. (2014). [Experimental Research on Compressive Strength of Adobe with Cement](#). *Applied Mechanics and Materials*, 507:217–221.
- [6] Yakubu, S. O., Umar, M. B. (2015). Design, construction and testing of a multipurpose brick/block moulding machine. *American Journal of Engineering Research*, 4(2):27–32.
- [7] Pius, B. M. (2011). Development and performance evaluation of hydraulic brick moulding machine. *Technical report, AU J.T*, 14(4):308–312.
- [8] Holmes, P. J. (1982). [The dynamics of repeated impacts with a sinusoidally vibrating table](#). *Journal of Sound and Vibration*, 84(2):173–189.

- [9] Özcan Yildırım Gülsoy, Gülcan, E. (2019). [A new method for gravity separation: Vibrating table gravity concentrator](#). *Separation and Purification Technology*, 211:124–134.
- [10] Pavanello, P., Carrubba, P., Moraci, N. (2018). [The determination of interface friction by means of vibrating table tests](#). *Geotextiles and Geomembranes*, 46(6):830–835.
- [11] Tuấn, T. V. (2007). Nghiên cứu phương pháp xác định lực ép lên bề mặt cấu kiện bê tông trong quá trình đúc bằng công nghệ va rung trong. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN*, 1 (1):20–25.
- [12] Tuấn, T. V. (2005). Nghiên cứu quá trình đúc cấu kiện bê tông bằng bàn rung và xác định lực ép bề mặt tối thiểu. *Hội nghị khoa học công nghệ đại học Xây dựng lần thứ 14*, 4:16–22.
- [13] Công ty cổ phần kinh doanh quốc tế Đại Việt. [Sử dụng công nghệ ép tĩnh hay ép rung? Ưu nhược điểm ra sao?](#) Truy cập ngày 02/10/2021.
- [14] Gusev, B. V. (1982). *Vibrating colliding technology for compacting concrete*. Moscow.
- [15] Tuấn, T. V. (2016). Nghiên cứu cơ sở tính toán, thiết kế bàn va rung cộng hưởng một khối lượng dẫn động bằng khối lệch tâm đúc cấu kiện bê tông. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN*, 10(2):78–83.
- [16] Savinov, O. A., Lavrinovitr, E. V. (1986). *Vibrating technology for compacting and forming concrete*. Leningrad.
- [17] Osmacov, C. A., Braul, P. G. (1976). *Vibrating molding machines*. Leningrad.
- [18] ACI 309.1R-93 (1998). *Behavior of fresh concrete during vibration*. ACI Committee.
- [19] Tuấn, T. V. (2005). *Cơ sở kỹ thuật rung trong xây dựng và sản xuất vật liệu xây dựng*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [20] Chính, V. L., Anh, N. K., Mai, N. T. T., Ngô, Đ. T., Tuấn, T. V., Xuân, N. T. (2013). *Máy và thiết bị sản xuất vật liệu và cấu kiện xây dựng*. Nhà xuất bản Xây dựng.