

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG LÀM NHẪN BỀ MẶT BÊ TÔNG XI MĂNG CỦA THIẾT BỊ THI CÔNG CÓ TRỐNG LĂN CHUYỂN ĐỘNG PHỨC TẠP

STUDY TO DETERMINE THE ABILITY TO SMOOTH THE CEMENT CONCRETE SURFACE OF CONSTRUCTION EQUIPMENT WITH COMPLEX MOVING ROLLERS

ĐỖ GIA CƯỜNG^{1*}, TRẦN QUANG HÙNG²

¹Học Viện Kỹ thuật Quân sự

²Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

*Email liên hệ: cuongvcg2010@gmail.com

Tóm tắt

Một trong những vấn đề đặc biệt quan trọng trong đánh giá sản phẩm bê tông xi măng là chất lượng bề mặt. Có nhiều phương pháp làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng bằng trống lăn, trong đó làm nhẵn bằng thiết bị thi công có trống lăn chuyển động phức tạp là phương pháp mới và được ứng dụng nhiều. Việc nghiên cứu xác định khả năng làm nhẵn của thiết bị thi công có trống lăn chuyển động phức tạp là nội dung quan trọng nhằm đánh giá chất lượng bề mặt bê tông xi măng sau khi thi công, từ đó làm cơ sở để lựa chọn các thông số làm việc hợp lý của thiết bị. Bài báo trình bày phương pháp xây dựng mô hình và xác định công thức đánh giá khả năng làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng, khảo sát ảnh hưởng của các thông số kết cấu và thông số làm việc đến khả năng làm nhẵn của thiết bị.

Từ khóa: Chất lượng bề mặt bê tông, làm nhẵn bề mặt, trống lăn.

Abstract

One of the particularly important issues in the evaluation of cement concrete products is the surface quality. Currently, there are many methods of smoothing cement concrete surface by roller drum, in which smoothing by construction equipment with complex moving roller is a new and effective method. Therefore, determining the smoothing ability of construction equipment with complex moving rollers is an important content to evaluate the quality of cement concrete surface after construction, thereby serving as a basis for selection. Select the reasonable working parameters of the device. The content of the article focuses on building a model and determining a formula to evaluate the ability of

construction equipment to level the cement concrete surface, thereby investigating the influence of structural and working parameters of the device to its smoothing ability.

Keywords: Concrete mixture, quality, drum roller, smoothing.

1. Đặt vấn đề

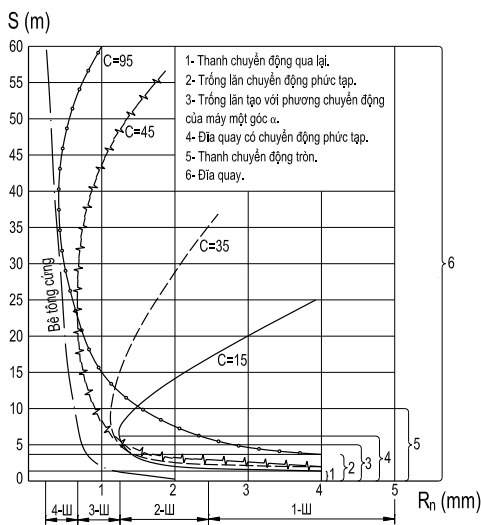
Làm nhẵn bề mặt khi thi công bê tông xi măng là nguyên công quyết định đến chất lượng bề mặt và tuổi thọ của công trình. Theo tiêu chuẩn SNiP 1-A, 4-62, độ nhẵn của bề mặt sản phẩm bê tông xi măng được đánh giá theo độ nhám bề mặt, bao gồm 4 cấp độ nhám trong phạm vi của Rn từ 0,3mm đến 5mm được thể hiện ở Bảng 1 [5].

Bảng 1. Quy định độ nhám bề mặt BTXM theo Tiêu chuẩn SNiP 1-A, 4-62 [5]

Cấp độ nhám	Độ nhám, mm	Chiều dài cơ bản, mm	Các loại sản phẩm bê tông
4-III	0,3÷0,6	100	Sàn bê tông ở nơi công cộng
3-III	0,6÷1,2	100	Mặt bằng trong khu dân cư và công nghiệp
2-III	1,2÷2,5	200	Bề mặt gạch bê tông
1-III	2,5÷5	200	Mặt sàn dưới lớp sàn gỗ, các khối móng, ...
Còn lại	> 5	200	Sản phẩm được đặt trong lòng đất (trừ cọc)

Những nghiên cứu đầu tiên của quá trình hoàn thiện bề mặt bê tông xi măng là sử dụng trống lăn để

làm nhẵn bề mặt. Sau đó đã có nhiều tác giả nghiên cứu về vấn đề này và người có đóng góp lớn cho sự phát triển của lý thuyết làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng là giáo sư A.V. Bolotny. Trong đó, A.V. Bolotny đã đưa ra “thông số S” để làm tiêu chí đánh giá hiệu quả làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng của các thiết bị công tác khác nhau [1]. Đồng thời đã nghiên cứu thực nghiệm và đưa ra về mối quan hệ giữa thông số S và độ nhám bề mặt bê tông xi măng (Hình 1). Trên cơ sở đó, quá trình nghiên cứu để nâng cao chất lượng làm nhẵn đã có nhiều bước tiến mới và có nhiều thiết bị công tác dạng trống lăn mới (bao gồm trống lăn rung và trống lăn không rung) được sử dụng để hoàn thiện bề mặt bê tông xi măng.



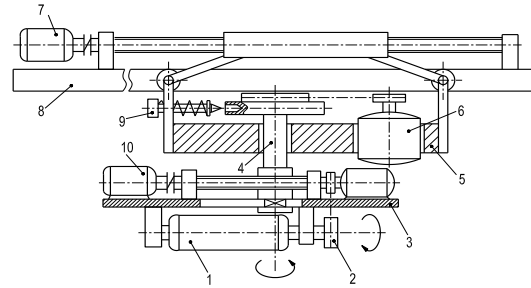
Hình 1. Mối quan hệ S - độ nhám R_n , theo kết quả thực nghiệm [1]

Nghiên cứu các máy được chế tạo trước đây thấy rằng, trong quá trình làm việc, bề mặt của trống lăn mài mòn nhanh và không đều, dẫn đến chất lượng bề mặt không ổn định, nghĩa là xuất hiện những rãnh dọc trên bề mặt bê tông theo mức độ mài mòn của trống lăn.

Máy hoàn thiện bề mặt bê tông xi măng Hình 2 đã loại bỏ được những hạn chế đó. Máy được cấu tạo từ bàn trượt (5), có dẫn động điện cơ dịch chuyển ngang so với khung chữ II. Trên bàn trượt lắp trục trung tâm thẳng đứng, có hệ thống dẫn động quay (6) và cơ cấu hãm để dừng trục trung tâm ở những vị trí cố định. Ở đầu dưới của trục trung tâm lắp tấm đỡ có phay rãnh và hệ thống dẫn động (10) để dịch chuyển tấm đỡ trong mặt phẳng nằm ngang dọc theo rãnh phay tương đối so với trục. Phía bên dưới, bộ phận công tác san phẳng dạng trống lăn cùng với hệ thống dẫn động quay của nó (2) được cố định vào tấm đỡ.

Theo kết cấu của máy, ngoài chuyển động quay

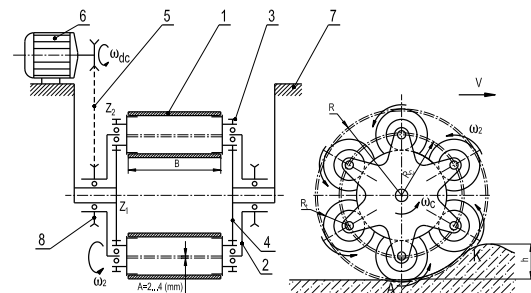
riêng của trống lăn, còn có chuyển động dưới một góc nào đó so phương vuông góc với chiều chuyển động của máy. Sự thay đổi có tính chu kỳ của góc đặt trống lăn, được thực hiện bởi hệ thống dẫn động (6) và cơ cấu hãm (9), sẽ đảm bảo độ mài mòn đồng đều của bề mặt trống lăn và sự ổn định trong quá trình san phẳng. Ngoài ra, việc đặt trống lăn dưới một góc so với phương vuông góc với chiều chuyển động của máy còn đảm bảo giảm tạo sóng của hỗn hợp bê tông đối với thành khuôn.



Hình 2. Máy hoàn thiện bề mặt BTXM có trống lăn chuyển động phức tạp

1. Trống lăn; 2. Hệ thống dẫn động quay trống lăn; 3. Tấm đỡ; 4. Trục quay trung tâm; 5. Bàn trượt; 6. Hệ thống dẫn động quay của tấm đỡ; 7. Hệ thống dẫn động dịch chuyển của bàn trượt; 8. Khung chữ II; 9. Cơ cấu hãm; 10. Hệ thống dẫn động dịch chuyển tấm đỡ so với trục quay trung tâm.

Khi nghiên cứu về trống lăn rung để hoàn thiện bề mặt bê tông xi măng, một vấn đề nảy sinh là dao động của trống lăn sẽ truyền lên thân máy và ảnh hưởng đến người điều khiển. Để giảm thiểu được sự lan truyền này, một thiết bị công tác có nhiều trống lăn rung chuyển động dạng cơ cấu hành tinh được đề xuất (Hình 3).



Hình 3. Bộ công tác nhiều trống lăn rung chuyển động dạng cơ cấu hành tinh

1. Trống lăn rung; 2. Đĩa hình sao (giá hành tinh); 3. Bánh răng hành tinh; 4. Bánh răng trung tâm; 5. Bộ truyền đai; 6. Động cơ điện; 7. Khung giá máy; 8. Pu ly.

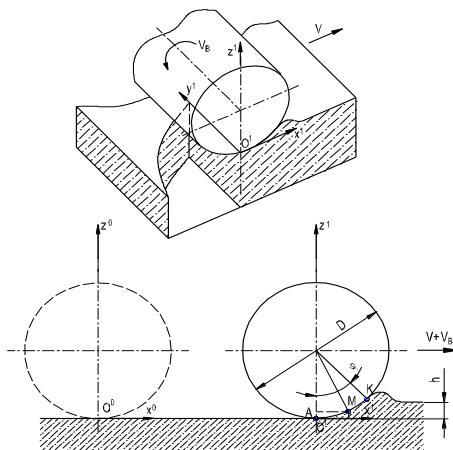
Bộ phận công tác bao gồm nhiều trống lăn rung được bố trí trên hai đĩa hình sao (2). Thông qua hệ

bánh răng hành tinh, bao gồm bánh răng trung tâm (4) và bánh răng hành tinh (3) được cố định vào trống lăn (1), truyền chuyển động quay đến trống lăn (1) với vận tốc góc ω_2 . Các trống lăn rung được bố trí đối xứng nhau qua trục quay trung tâm. Do dao động của các trống lăn có cùng khối lượng, cùng tần số và biên độ theo hướng ngược nhau, nên dập tắt được rung động truyền lên thân máy.

Những thiết bị công tác dạng trống lăn có chuyển động phức tạp được đề xuất ở trên đã giải quyết được các vấn đề này sinh trong quá trình thi công. Tuy nhiên, để đánh giá khả năng hoàn thiện bề mặt các trống lăn dạng này, cần có các nghiên cứu xác định khả năng làm nhẵn bề mặt và ảnh hưởng của các thông số kết cấu và các thông số làm việc đến chất lượng làm nhẵn bề mặt. Bài báo này trình bày phương pháp: *Nghiên cứu xác định khả năng làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng của thiết bị thi công có trống lăn chuyển động phức tạp.*

2. Nội dung nghiên cứu

Các nghiên cứu quá trình làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng, cũng như kinh nghiệm chế tạo máy làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng đã đưa ra thông số đánh giá khả năng làm nhẵn của thiết bị công tác. Theo đó, hiệu quả làm nhẵn của thiết bị công tác được xác định bằng chiều dài quãng đường thiết bị công tác, tác động lên từng điểm ΔF của bề mặt được làm nhẵn. Chiều dài của quãng đường này chính là “Khả năng làm nhẵn của thiết bị công tác” và được gọi là “thông số S” [1, 2, 3, 4].



Hình 4. Sơ đồ tính toán xác định khả năng làm nhẵn của trống lăn

Xét quá trình làm việc của trống lăn khi làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng (Hình 3), trống lăn quay với vận tốc góc ω_B và di chuyển tịnh tiến với vận tốc v.

Để xác định khả năng làm phẳng của trống lăn, chọn hệ tọa độ cố định Ox^0y^0 , gốc O tại một điểm tùy ý và trục Ox^0 trùng với phương của vận tốc làm phẳng v và trục Oy^0 vuông góc với phương này. Chọn hệ tọa độ động $O^1x^1y^1$ di chuyển tịnh tiến tương đối so với hệ tọa độ cố định với vận tốc $v+v_B$. Trong đó: v_B - Vận tốc của điểm trên chu vi trống lăn. Hệ thống trục tọa độ này song song với hệ trục tọa độ cố định. Gốc tọa độ O^1 tại thời điểm ban đầu trùng với gốc O của hệ tọa độ cố định (Hình 4).

Trong quá trình chuyển động, trục của trống lăn luôn song song với trục Oy^0 . Khi đó tọa độ của điểm M bất kỳ trên bề mặt trống lăn trong hệ tọa độ cố định được xác định theo biểu thức:

$$\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(0)} - (v + v_B)(t - t_0) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(0)} \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: $x_M^{(0)}, y_M^{(0)}$ - Tọa độ của các điểm M trong hệ thống cố định; t_0 - Thời điểm ban đầu.

Hệ (1) là phương trình tham số của quỹ đạo 1 điểm M trong hệ tọa độ chuyển động. Vi phân độ dài cung của quỹ đạo này có dạng:

$$dS = \sqrt{\left(\frac{dx_M^{(1)}}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy_M^{(1)}}{dt}\right)^2} = (v + v_B).dt \quad (2)$$

Khi đó, khả năng làm nhẵn, tức chiều dài quỹ đạo trong thời gian tiếp xúc được xác định như sau:

$$S = \int_0^{T_{tx}} dS = \int_0^{T_{tx}} (v + v_B).dt \quad (3)$$

Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, điểm M trùng với điểm O^1 , điểm M thoát ra khỏi bề mặt bê tông tại thời điểm $t = T_{tx}$, với $T_{tx} = L_{AK}/v$. Trong đó: L_{AK} - Độ dài của dây cung AK được xác định như sau:

$$L_{AK} = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} = \sqrt{2Rh} \sqrt{1 - h/2R} \quad (4)$$

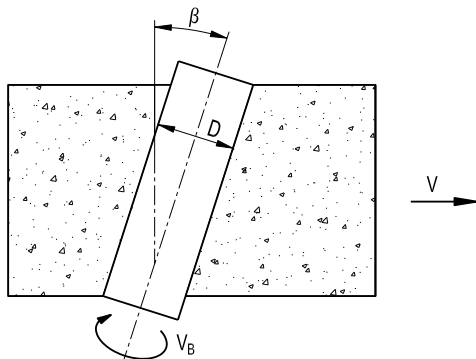
Trong đó: R - Bán kính của trống lăn, (m); h - Chiều cao san, (m).

Vì vậy, độ dài của vết được vẽ bởi điểm M trên bề mặt trống lăn trong quá trình di chuyển:

$$S = (v + v_B) \frac{\sqrt{Dh} \cdot \sqrt{1-h/D}}{v}; \quad D = 2R \quad (5)$$

*** Đối với bộ công tác có trống lăn chuyển động phức tạp**

Ngoài chuyển động quay riêng với vận tốc góc ω_B , trống lăn còn quay một góc $(90^\circ - \beta)$ so với hướng san phẳng (Hình 5).



Hình 5. Trạng thái trống lăn nghiêng một góc β

Trong trường hợp này, vận tốc của điểm O^1 trong hệ tọa độ cố định là:

$$\begin{cases} v_x = v + v_B \cos\beta \\ v_y = v_B \sin\beta \end{cases} \quad (6)$$

Khi đó, tọa độ của điểm M trong hệ tọa độ di động có dạng:

$$\begin{cases} x_M^{(1)} = x_M^{(0)} - (v + v_B \cos\beta)(t - t_0) \\ y_M^{(1)} = y_M^{(0)} - v_B \sin\beta(t - t_0) \end{cases} \quad (7)$$

Tức là điểm M vẫn di chuyển trên hệ chuyển động với tốc độ không đổi, nhưng tốc độ này là:

$$v_B = \sqrt{v^2 + v_B^2 + 2vv_B \cos\beta} \quad (8)$$

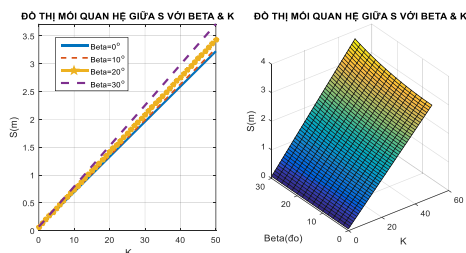
Đường đi của trục trống lăn liên quan đến hệ tọa độ cố định có giá trị bằng $L_{AK}/\cos\beta$, do đó độ dài của vết được vẽ bởi điểm M trên bề mặt trống lăn là:

$$S_\beta = \sqrt{v^2 + v_B^2 + 2vv_B \cos\beta} \cdot \frac{\sqrt{Dh} \cdot \sqrt{1 - h/D}}{v \cdot \cos\beta} \quad (9)$$

Đặt $K = v_B/v$ - hệ số tốc độ. Thay vào (9) ta có:

$$S_\beta = \sqrt{1 + K^2 + 2K \cos\beta} \cdot \frac{\sqrt{Dh} \cdot \sqrt{1 - h/D}}{\cos\beta} \quad (10)$$

Khảo sát sự thay đổi của thông số S theo β và K với

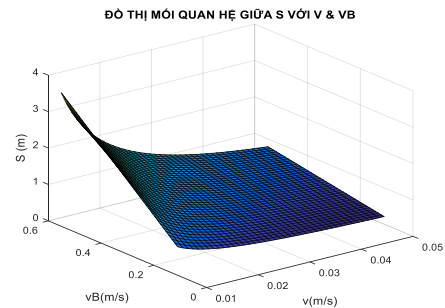


Hình 6. Sự phụ thuộc S vào góc β

các thông số đầu vào như sau: $D = 0,22m$; $h = 0,02m$; $v = 0,02m/s$. Trên Hình 6 là kết quả tính toán.

Theo đồ thị (Hình 6), khi β tăng thì S tăng, khi K tăng thì S cũng tăng và giá trị của $S_{max} = 3,7m$. Như vậy, khi trống lăn nghiêng một góc $(90^\circ - \beta)$ so với hướng san phẳng sẽ nâng cao chất lượng làm nhẵn bề mặt của trống lăn. Đối chiếu với đồ thị quan hệ giữa độ nhám với thông số S (Hình 1) cho thấy, độ nhám của bề mặt bê tông xi măng có thể đạt cấp độ nhám 3-III.

Khảo sát sự thay đổi của thông số S theo v và v_B với

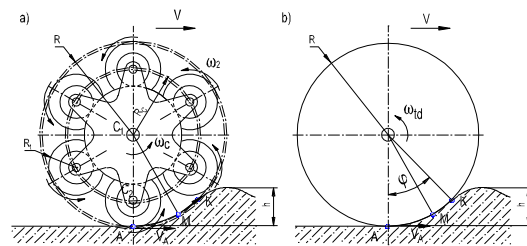


Hình 7. Sự phụ thuộc S vào v và v_B

các thông số đầu vào như sau: $D = 0,22m$; $h = 0,02m$; $\beta = 15^\circ$. Trên Hình 7, ta thấy khi v giảm thì S tăng, tuy nhiên nếu v nhỏ quá thì năng suất làm việc của máy sẽ giảm, bởi vậy cần lựa chọn vận tốc v phù hợp để vừa đảm bảo chất lượng bề mặt theo yêu cầu mà vẫn đảm bảo năng suất cao nhất. Khi v_B tăng thì S tăng, tuy nhiên nếu v_B quá lớn thì tốc độ quay của mô tơ dẫn động trống lăn sẽ lớn, làm tăng độ rung động, ngoài ra công suất dẫn động cũng sẽ tăng lên.

*** Đối với bộ công tác nhiều trống lăn chuyển động dạng cơ cấu hành tinh**

Xét quá trình làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng của



Hình 8. Mô hình tương đương của bộ công tác nhiều trống lăn chuyển động dạng cơ cấu hành tinh

trống lăn (Hình 8.a). Trống lăn quay quanh trục với vận tốc ω_2 , đồng thời toàn bộ trống lăn quay quanh tâm C_1 với vận tốc góc ω_c và bộ công tác di chuyển tịnh tiến với vận tốc v .

Trong quá trình chuyển động, trục của các trống lăn

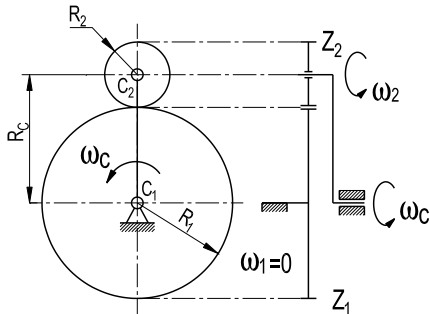
nhỏ luôn song song với bề mặt được làm nhẵn. Các trống lăn nhỏ tiếp xúc với bề mặt bê tông tại đỉnh của trống lăn (trên hình 8.a là điểm A). Do đó, quá trình làm nhẵn của bộ công tác nhiều trống lăn nhỏ (bán kính R_2 , vận tốc góc ω_2) sẽ tương đương với 1 trống lăn lớn có bán kính R quay với vận tốc góc ω_{td} (Hình 8.b). Trong đó, ω_{td} được xác định bằng cách xét vận tốc tại điểm A trên trống lăn nhỏ, ta có:

$$\vec{V}_A = \vec{V}_{C_2} + \vec{V}_{AC_2} \quad (11)$$

Ta thấy: $\vec{V}_A // \vec{V}_{C_2} // \vec{V}_{AC_2}$, $V_A = \omega_{td} \cdot R$.

Khi đó: $V_A = \omega_{td} \cdot R = \omega_2 R_t + \omega_C R_C$

$$\Rightarrow \omega_{td} = \frac{\omega_2 R_t + \omega_C (R_1 + R_2)}{R} = \frac{\omega_C}{R} (\omega_2 R_t + R_1 + R_2) \quad (12)$$



Hình 9. Hệ bánh răng hành tinh truyền chuyển động quay đến trống lăn

Xét hệ bánh răng hành tinh truyền chuyển động quay đến trống lăn:

Theo công thức Willis ta có:

$$i_{12}^C = \frac{\omega_1 - \omega_C}{\omega_2 - \omega_C} = -\frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \omega_2 = \omega_C \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \quad (13)$$

Như vậy, với kết cấu sử dụng hệ bánh răng hành tinh để truyền chuyển động, đảm bảo tốc độ quay của trống lăn $\omega_2 > \omega_C$.

Thay công thức (13) vào (12) ta có:

$$\omega_{td} = \frac{\omega_C}{R} \left[\left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) R_t + R_1 + R_2 \right] = \frac{\omega_C}{R} \left(\frac{R_C R_t}{R_2} \right) \quad (14)$$

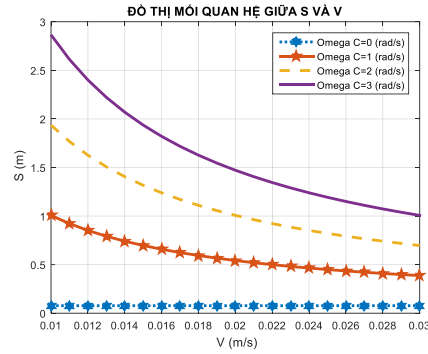
Khi đó, khả năng làm nhẵn của bộ công tác nhiều trống lăn được xác định theo công thức:

$$S_{td} = (v + \omega_{td} R) \frac{\sqrt{Dh} \cdot \sqrt{1 - h/D}}{v} \quad (15)$$

$$= \left[v + \omega_C \left(\frac{R_C R_t}{R_2} \right) \right] \frac{\sqrt{Dh} \cdot \sqrt{1 - h/D}}{v}$$

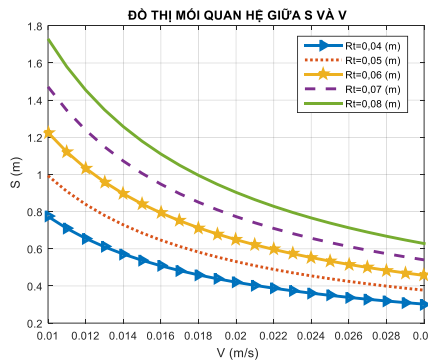
Khảo sát sự thay đổi của thông số S theo v và ω_C

với các thông số đầu vào: $R_1 = R_2 = 0,05m$; $R_t = 0,06m$; $h = 0,02m$; $v = 0 \div 0,02$ (m/s); $\omega_C = 1 \div 3$ (rad/s). Theo Hình 10, khi v giảm thì S tăng, khi ω_C tăng thì S tăng. Đối chiếu với đồ thị (Hình 1), độ nhám của bề mặt bê tông xi măng có thể đạt cấp độ nhám 2-III.



Hình 10. Sự phụ thuộc S vào v và ω_C

Khảo sát sự thay đổi của thông số S theo bán kính trống lăn R_t với các thông số đầu vào: $R_1 = R_2 = 0,05m$; $R_t = 0,4 \div 0,8$ (m); $h = 0,02m$; $v = 0 \div 0,02$ (m/s); $\omega_C = 1$ rad/s. Trên Hình 11, khi R_t tăng thì S tăng. Tuy nhiên, R_t quá lớn dẫn đến kết cấu máy cồng kềnh, khối lượng trống lăn lớn, công suất máy tăng lên.



Hình 11. Sự phụ thuộc S vào R_t

3. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được công thức xác định thông số S làm cơ sở cho việc đánh giá khả năng làm nhẵn của các bộ công tác dạng trống lăn có chuyển động phức tạp. Khảo sát ảnh hưởng của bán kính trống lăn, các vận tốc làm việc v và v_B của trống lăn đến khả năng làm nhẵn bề mặt bê tông xi măng cho thấy:

- Thiết bị thi công có bộ công tác có kết cấu trống lăn chuyển động phức tạp có thể làm nhẵn đạt độ nhám cấp 3-III. Bộ công tác này đảm bảo độ mòn đồng đều của trống lăn, tăng khả năng làm nhẵn do

tăng diện tích tiếp xúc giữa trống lăn với bề mặt bê tông xi măng.

- Thiết bị thi công có bộ công tác sử dụng nhiều trống lăn có thể làm nhẵn đạt độ nhám cấp 2-III. Bộ công tác nhiều trống lăn chuyển động dạng cơ cấu hành tinh đảm bảo nâng cao độ êm dịu của máy.

Như vậy, các bộ công tác trống lăn làm nhẵn bề mặt có $S < 5m$, thường được sử dụng để làm phẳng hỗn hợp bê tông tươi, bê tông có độ cứng thấp và trung bình. Độ nhám của bề mặt đạt được nhỏ hơn giới hạn dưới của cấp độ nhám 3-III.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Болотный А.В., *Устройство для заглаживания незатвердевших бетонных поверхностей*, А.с. 387070 СССР, кл. E01C 19/42, 1973.
- [2] Болотный А.В., *Новый способ измерения шероховатости поверхности бетона*: Доклад к XXIII науч. конф. Ленинград, инж.- строит, инта. Л.: ЛИСИ, 1975.

- [3] Болотный А.В., *Теория и процессы заглаживания бетонных поверхностей*: Дис. д-ра т.н. /А.В. Болотный. Л.: ЛИСИ, 1975.
- [4] Болотный А.В., *Основы малой механизации строительных и ремонтных работ*: Учеб. пособие /А.В. Болотный. СПб., - 87 с, 1992.
- [5] Мамаев Л.А., *Методология совершенствования теории взаимодействия рабочих органов бетоноотделочных машин с поверхностью обрабатываемых сред*: дис. д-ра техн. наук / Л.А. Мамаев. -СПб.: СПбГАСУ, 360 с, 2007.

Ngày nhận bài: 26/6/2021

Ngày nhận bản sửa: 06/8/2021

Ngày duyệt đăng: 14/8/2021