

NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH XẼ CỦA CƯA VÒNG ĐỨNG TRONG DÂY CHUYỀN XẼ GỖ TỰ ĐỘNG

Nguyễn Thị Lục

Trường Đại học Lâm nghiệp

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.3.114-123>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết lập mô hình toán học tối ưu, trong quá trình xẻ trên máy cưa vòng đứng thuộc dây chuyền xẻ gỗ tự động do Đề tài cấp Nhà nước mã số ĐTĐL.CN-10/16 thiết kế, chế tạo. Nghiên cứu đã lựa chọn 6 thông số, với 2 hàm mục tiêu và 1 hàm điều kiện, để giải được bài toán tối ưu này bài báo sử dụng phương pháp đồng dạng và thứ nguyên trong nghiên cứu thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu khi xẻ gỗ Tần Bì đã tìm ra được giá trị tối ưu của một số thông số: Sức căng ban đầu $S_0=1867$ (N), vận tốc cắt $v = 55$ (m/s), vận tốc dây $u_c = 0,123$ (m/s), góc cắt $\delta = 58$ (độ), chiều rộng tấm ván xẻ $H = 44$ (cm) tương ứng với đường kính gỗ $d = 62$ (cm). Khi đó thì chi phí năng lượng riêng $A_{r\min} = 1,72$ (kWh/m²) và độ mấp mô bề mặt ván xẻ $R_{amin} = 0,173$ (mm), năng suất trung bình cần xẻ $\Pi_v = 3,12$ (m³/h), như vậy năng suất đạt được đảm bảo yêu cầu đặt ra.

Từ khóa: Chi phí năng lượng riêng, cưa vòng đứng, độ mấp mô bề mặt, năng suất xẻ, thông số tối ưu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay ở Việt Nam, công nghiệp chế biến gỗ đang phát triển rất mạnh mẽ. Tuy nhiên, phần lớn các thiết bị xẻ gỗ còn lạc hậu, đa số là bán tự động hoặc thủ công, từ đó năng suất lao động, chất lượng sản phẩm và hiệu quả kinh tế còn thấp, các nghiên cứu về thiết bị cưa xẻ gỗ tự động còn rất hạn chế. Để góp phần khắc phục tồn tại trên, Đề tài cấp Nhà nước “*Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo dây chuyền thiết bị xẻ gỗ tự động năng suất 3 - 4 m³/h gỗ thành phẩm*” mã số ĐTĐL.CN-10/16, đề tài đã thiết kế chế tạo ra dây chuyền xẻ gỗ tự động, song đề tài chỉ mới dừng lại ở phần thiết kế chế tạo, thử nghiệm một mô hình dây chuyền xẻ gỗ tự động, chưa có nghiên cứu tối ưu các thông số của các thiết bị trong hệ thống.

Trong dây chuyền xẻ gỗ tự động thì cưa vòng đứng là thiết bị quan trọng ảnh hưởng lớn đến năng suất, chất lượng của dây chuyền, việc nghiên cứu tính toán tối ưu các thông số kỹ thuật của cưa vòng đứng trong dây chuyền xẻ gỗ tự động là rất cần thiết nhằm nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm. Trong khi đó Đề tài cấp Nhà nước lại chưa nghiên cứu vấn đề này

Trong quá trình tính toán, thiết kế cưa vòng đứng xẻ gỗ tự động, nghiên cứu của tác giả Dương Văn Tài (2016) mới chỉ tính toán giá trị các thông số cơ bản của cưa dựa trên điều kiện làm việc và điều kiện bền, chưa xét đến hiệu quả

làm việc của máy, do đó cần tiến hành tính toán, bổ sung để đưa ra được các giá trị tối ưu nhất đáp ứng yêu cầu tăng năng suất xẻ, giảm chi phí năng lượng, nhưng vẫn đảm bảo chất lượng sản phẩm và an toàn trong những giới hạn cho phép. Đó là vấn đề cần được nghiên cứu trong bài báo.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Thực nghiệm được tiến hành trên máy cưa vòng đứng đã thiết kế, chế tạo trong đề tài ĐTĐL.CN-10/16 theo nghiên cứu và báo cáo của tác giả Dương Văn Tài (2016), Dương Văn Tài (2018).

Mẫu thí nghiệm

Mẫu thí nghiệm là gỗ nhóm V có các thông số tương đương với điều kiện sản xuất thực, trong điều kiện thí nghiệm nghiên cứu đã chọn gỗ Tần Bì có độ ẩm tương đối 60 - 70%, đường kính $d = 30 \div 80$ cm, chiều dài $L = 4$ m. Để đảm bảo quá trình tính toán tối ưu, nghiên cứu tiến hành xẻ hộp với các chiều rộng tấm ván xẻ tương ứng $H = 20 \div 55$ cm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Xác định mục tiêu tối ưu

Chỉ tiêu đánh giá hiệu quả sử dụng máy là chi phí năng lượng riêng A_r (Wh/m²), nên mục tiêu thứ nhất được chọn là cực tiểu hàm $A_r \rightarrow \min$.

Chất lượng sản phẩm của cưa vòng được đánh giá bằng độ mấp mô bề mặt ván R_a (mm). Do đó mục tiêu thứ hai cần xét của bài toán này

còn là: Ra (mm) \rightarrow min.

Ở đây bài toán tối ưu được thiết lập theo yêu cầu của đề tài ĐTĐL-CN-10/16 nên cần có thêm

điều kiện, theo tài liệu của tác giả Dương Văn Tài (2016), Dương Văn Tài (2018) là năng suất xẻ Π_v (m^3/h) $\geq [\Pi] = 3$ (m^3/h).



Hình 1. Quá trình thực nghiệm trên máy cưa vòng đứng

Các tham số điều khiển

Để lập mô hình toán học ta chỉ quan tâm xác định các tham số điều khiển $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

+ *Đối với thiết bị*: Sức căng ban đầu của lưỡi cưa (S_0), thông số của lưỡi cưa đặc biệt là góc cắt δ ảnh hưởng đến độ mập mô bề mặt ván.

+ *Đối với chế cắt*: Vận tốc cắt v (m/s), vận tốc đẩy u (m/s) là thông số ảnh hưởng lớn đến năng suất.

+ *Với đối tượng gia công là loại gỗ được đưa vào xẻ*: Chúng loại gỗ phổ biến đưa vào xẻ hiện nay có 2 dạng chính là gỗ rừng trồng của Việt Nam và gỗ nhập khẩu gồm gỗ Sồi, Tần Bì. Đường kính của các loại nằm trong khoảng $d = (15 \div 75$ cm) và lực cản cắt riêng k_c trong khoảng $(4,236 \div 124,8$ N/mm²), chiều dài gỗ xẻ $L_g = 4$ (m) là một hằng số. Do đó về đối tượng gia công

chọn d , và k_c là tham số điều khiển.

Vậy có 6 tham số điều khiển trong bài toán là:

$$X = (S_0, \delta, k_c, d, v, u) \tag{1}$$

Mô hình toán học có dạng tổng quát như sau:

$$\begin{cases} A_r = A_r(S_0, \delta, k_c, d, v, u) \rightarrow \min \\ Ra = Ra(S_0, \delta, k_c, d, v, u) \rightarrow \min \\ \Pi_s = \Pi_s(S_0, \delta, k_c, d, v, u) \geq [\Pi_s] \end{cases} \tag{2}$$

Theo các tác giả Nguyễn Văn Bỉ (1999) và Phạm Văn Lang (1996) cần tiến hành:

2.2.1. Lập các đại lượng không thứ nguyên cho hàm chi phí năng lượng riêng A_r

$$A_r = A_r(S_0, \delta, k_c, d, v, u) \rightarrow \min \tag{3}$$

Chuyển các đại lượng có thứ nguyên trên về dạng không thứ nguyên và lập quy hoạch thực nghiệm cho các đại lượng không thứ nguyên theo bảng 1.

Bảng 1. Thứ nguyên của các đại lượng trong bài toán xác định chi phí năng lượng riêng A_r (Nm/m²)

Các yếu tố	Các đại lượng	Thứ nguyên		
		M^μ	L^λ	T^τ
	Chi phí năng lượng riêng A_r (wh/cm²), (Nm/m²)	1	0	-2
Cưa vòng đứng	- Góc cắt của lưỡi cắt, δ (rad)	0	0	0
	- Sức căng ban đầu của lưỡi, S_0 (N) (kgm/s ²)	1	1	-2
Gỗ	- Lực cản cắt riêng, k_c (N/m ²) (kg/ms ²)	1	-1	-2
	- Đường kính gỗ, d (m)	0	1	0
Chế độ cắt	- Vận tốc cắt, v (m/s)	0	1	-1
	- Vận tốc đẩy, u (m/s)	0	1	-1

Nếu chọn 3 thông số cơ bản là K_c , d và v , thì ta có:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{vmatrix} = -1 \neq 0 \quad \text{Vậy chúng độc lập, đơn trị.}$$

Số đại lượng không thứ nguyên trong bảng 1 là: $N = 6 - 3 = 3$

$$\pi_{Ar} = \frac{A_r}{[K_c^{\alpha_1}, d^{\beta_1}, v^{\gamma_1}]}; \quad \pi_1 = \frac{S_0}{[K_c^{\alpha_1}, d^{\beta_1}, v^{\gamma_1}]}; \quad \pi_2 = \frac{u_c}{[K_c^{\alpha_3}, d^{\beta_3}, v^{\gamma_3}]}; \quad \pi_3 = \frac{\delta}{[K_c^{\alpha_2}, d^{\beta_2}, v^{\gamma_2}]}$$

Cân bằng các số mũ của biểu thức π_{Ar} ta có: $[A_r] = [K_c^{\alpha_A}, d^{\beta_A}, v^{\gamma_A}]$

$$\text{Hay } MLT^{-2} = [ML^{-1}T^{-2}]^{\alpha_A} [L]^{\beta_A} [LT^{-1}]^{\gamma_A}$$

$$\text{Do đó } \begin{cases} \alpha_A = 1 \\ -\alpha_A + \beta_A + \gamma_A = 0 \\ -2\alpha_A - \gamma_A = -2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha_A = 1, \gamma_A = 0, \beta_A = 1 \\ \pi_A = \frac{A_r}{K_c d} \end{cases} \quad (a)$$

$$\text{Đối với } \pi_1 = \frac{S_0}{[K_c^{\alpha_1}, d^{\beta_1}, v^{\gamma_1}]} \text{ ta có: } MLT^{-2} = [ML^{-1}T^{-2}]^{\alpha_1} [L]^{\beta_1} [LT^{-1}]^{\gamma_1}$$

$$\begin{cases} \alpha_1 = 1 \\ -\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 1 \\ -2\alpha_1 - \gamma_1 = -2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha_1 = 1, \gamma_1 = 0, \beta_1 = 2 \\ \pi_1 = \frac{S_0}{k_c d^2} \end{cases} \quad (b)$$

$$\text{Đối với: } \pi_2 = \frac{u_c}{[K_c^{\alpha_3}, d^{\beta_3}, v^{\gamma_3}]} \text{ ta có: } LT^{-1} = [ML^{-1}T^{-2}]^{\alpha_3} [L]^{\beta_3} [LT^{-1}]^{\gamma_3}$$

$$\begin{cases} \alpha_3 = 0 \\ -\alpha_3 + \beta_3 + \gamma_3 = 1 \\ -2\alpha_3 - \gamma_3 = -1 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha_3 = 0, \gamma_3 = 1, \beta_3 = 0 \\ \pi_2 = \frac{u}{v} \end{cases} \quad (c)$$

$$\text{Đối với: } \pi_3 = \frac{\delta}{[S_0^{\alpha_2}, d^{\beta_2}, v^{\gamma_2}]}; \text{ ta có: } M^0 L^0 T^0 = [ML^{-1}T^{-2}]^{\alpha_2} [L]^{\beta_2} [LT^{-1}]^{\gamma_2}$$

$$\begin{cases} \alpha_2 = 0 \\ -\alpha_2 + \beta_2 + \gamma_2 = 0 \\ -2\alpha_2 - \gamma_2 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha_2 = 0, \gamma_2 = 0, \beta_2 = 0 \\ \pi_3 = \delta \end{cases} \quad (d)$$

Kết hợp các phương trình biến đổi (a), (b), (c), (d) được phương trình chi phí năng lượng riêng dạng không thứ nguyên sẽ là:

$$\pi_{Ar} = \Phi_1(1, 1, 1, \pi_1, \pi_2, \pi_3) \text{ hay } \frac{A_r}{K_c d} = \Phi_1(1, 1, 1, \frac{S_0}{K_c d^2}, \frac{u_c}{v}, \delta) \quad (4)$$

2.2.2. Lập các đại lượng không thứ nguyên cho hàm độ mấp mô bề mặt ván xẻ Ra

Ra = Ra(S₀, δ; k_c d, v, u) → min
 Chuyển các đại lượng có thứ nguyên trên về

dạng không thứ nguyên và lập quy hoạch thực nghiệm cho các đại lượng không thứ nguyên theo bảng 2.

Bảng 2. Thứ nguyên của các đại lượng trong bài toán xác định độ mấp mô bề mặt ván xẻ Ra (mm)

Các yếu tố	Các đại lượng	Thứ nguyên		
		M ^μ	L ^λ	T ^τ
	Độ mấp mô bề mặt ván xẻ Ra (mm)	0	1	0
Cưa vòng đứng	- Sức căng ban đầu của lưỡi, S ₀ (N) (kgm/s ²)	1	1	-2
	- Góc cắt của lưỡi cắt, δ (rad)	0	0	0
Gỗ	- Lực cản cắt riêng, k _c (N/m ²) (kg/ms ²)	1	-1	-2
	- Đường kính gỗ, d (m)	0	1	0
Chế độ cắt	- Vận tốc cắt, v (m/s)	0	1	-1
	- Vận tốc đẩy, u (m/s)	0	1	-1

Nếu chọn 3 thông số cơ bản là K_c, d và v, thì chúng cũng có:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{vmatrix} = -1 \neq 0 \quad \text{Vậy chúng độc lập, đơn trị.}$$

Số đại lượng không thứ nguyên trong bảng 2 là: N = 6 - 3 = 3

$$\pi_\delta = \frac{Ra}{[K_c^{\alpha_\delta} d^{\beta_\delta} v^{\gamma_\delta}]}; \pi_1 = \frac{S_0}{[K_c^{\alpha_1} d^{\beta_1} v^{\gamma_1}]}; \pi_2 = \frac{u_c}{[K_c^{\alpha_2} d^{\beta_2} v^{\gamma_2}]}; \pi_3 = \frac{\delta}{[K_c^{\alpha_3} d^{\beta_3} v^{\gamma_3}]}$$

Cân bằng các số mũ của biểu thức π_δ ta có:

$$[\delta] = [K_c^{\alpha_\delta} d^{\beta_\delta} v^{\gamma_\delta}]$$

$$\text{Hay } M^0 L^1 T^0 = [M L^{-1} T^{-2}]^{\alpha_\delta} [L]^{\beta_\delta} [L T^{-1}]^{\gamma_\delta}$$

$$\text{Do đó } \begin{cases} \alpha_\delta = 0 \\ -\alpha_\delta + \beta_\delta + \gamma_\delta = 1 \\ -2\alpha_\delta - \gamma_\delta = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha_\delta = 0, \gamma_\delta = 0, \beta_\delta = 1 \\ \pi_\delta = \frac{R_a}{d} \end{cases}$$

Đối với các chuẩn số tương tự π₁, π₂, π₃ cũng tính như trên ta có:

$$\begin{cases} \pi_1 = \frac{S_0}{K_c d^2}; \pi_2 = \frac{u_c}{v}; \pi_3 = \delta. \end{cases}$$

Phương trình độ mấp mô bề mặt ván Ra dạng không thứ nguyên sẽ là:

$$\pi_\delta = \Phi_2(1, 1, 1, \pi_1, \pi_2, \pi_3) \text{ hay } \frac{Ra}{d} = \Phi_2(1, 1, 1, \frac{S_0}{K_c d^2}, \frac{u_c}{v}, \delta) \quad (5)$$

2.2.3. Lập các đại lượng không thứ nguyên cho hàm năng suất xẻ Π_S:

$$\Pi_S = \Pi_S(\delta, S_0, k_c, d, v, u) \geq [\Pi_S]$$

Chuyển các đại lượng có thứ nguyên trên về dạng không thứ nguyên và lập quy hoạch thực nghiệm cho các đại lượng không thứ nguyên theo bảng 3.

Bảng 3. Thứ nguyên của các đại lượng trong bài toán xác định năng suất xẻ Π_s (m^2/s)

Các yếu tố	Các đại lượng	Thứ nguyên		
		M^μ	L^λ	T^τ
	Năng suất xẻ Π_s (m^2/s)	0	2	-1
Cưa vòng đứng	- Sức căng ban đầu của lưỡi, S_0 (N) (kgm/s^2)	1	1	-2
	- Góc cắt của lưỡi cắt, δ (rad)	0	0	0
Gỗ	- Lực cản cắt riêng, k_c (N/m^2) (kg/ms^2)	1	-1	-2
	- Đường kính gỗ, d (m)	0	1	0
Chế độ cắt	- Vận tốc cắt, v (m/s)	0	1	-1
	- Vận tốc đẩy, u (m/s)	0	1	-1

Nếu chọn 3 thông số cơ bản là K_c , d và v , thì ta có:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{vmatrix} = -1 \neq 0 \quad \text{Vậy chúng độc lập, đơn trị.}$$

Số đại lượng không thứ nguyên trong bảng 3 là: $N = 6 - 3 = 3$

$$\pi_{\Pi_s} = \frac{\Pi_s}{[K_c^{\alpha_{\Pi}}, d^{\beta_{\Pi}}, v^{\gamma_{\Pi}}]}; \quad \pi_1 = \frac{S_0}{[K_c^{\alpha_1}, d^{\beta_1}, v^{\gamma_1}]}; \quad \pi_2 = \frac{u_c}{[K_c^{\alpha_2}, d^{\beta_2}, v^{\gamma_2}]}; \quad \pi_3 = \frac{\delta}{[K_c^{\alpha_3}, d^{\beta_3}, v^{\gamma_3}]}$$

Cân bằng các số mũ của biểu thức π_{Π} ta có: $[\Pi] = [K_c^{\alpha_{\Pi}}, d^{\beta_{\Pi}}, v^{\gamma_{\Pi}}]$

$$\text{Hay } M^0 L^2 T^{-1} = [M L^{-1} T^{-2}]^{\alpha_{\Pi}} [L]^{\beta_{\Pi}} [L T^{-1}]^{\gamma_{\Pi}}$$

$$\text{Do đó } \begin{cases} \alpha_{\Pi} = 0 \\ -\alpha_{\Pi} + \beta_{\Pi} + \gamma_{\Pi} = 2 \\ -2\alpha_{\Pi} - \gamma_{\Pi} = -1 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha_{\delta} = 0, \gamma_{\delta} = 1, \beta_{\delta} = 1 \\ \pi_{\Pi_s} = \frac{\Pi_s}{d.v} \end{cases}$$

Đối với các chuẩn số tương tự π_1, π_2, π_3 cũng tính như trên ta có:

$$\begin{cases} \pi_1 = \frac{S_0}{K_c d^2}; \pi_2 = \frac{u_c}{v}; \pi_3 = \delta. \end{cases}$$

Phương trình năng suất xẻ Π_s dạng không thứ nguyên sẽ là:

$$\pi_{\Pi_s} = \Phi_3(1, 1, 1, \pi_1, \pi_2, \pi_3) \quad \text{hay} \quad \frac{\Pi_s}{d.v} = \Phi_2(1, 1, 1, \frac{S_0}{K_c d^2}, \frac{u_c}{v}, \delta) \quad (6)$$

Nhận xét: Theo các biểu thức (4 ÷ 6) ta thấy trong bài toán xác định các chỉ tiêu tối ưu thì các chuẩn số không thứ nguyên π_1, π_2, π_3 là như nhau, nên có thể tổ chức thí nghiệm chung, trong một seri thí nghiệm có thể xác định được cả 2 hàm mục tiêu và những điều kiện của bài toán.

Vậy cần lập kế hoạch thực nghiệm để tìm các hàm Φ_i với ba yếu tố không thứ nguyên là π_1, π_2 và π_3 . Do đó theo kế hoạch thực nghiệm Harly

thì số thí nghiệm cơ bản sẽ là: $N = 2^3 + 2.3 + 3 = 17$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

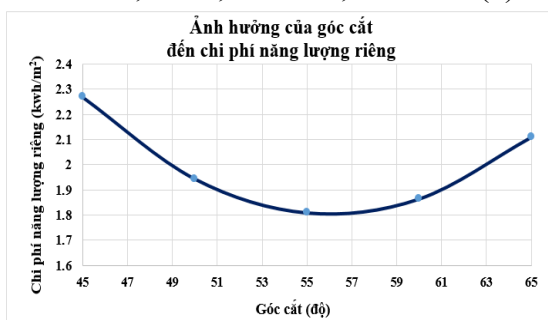
3.1. Kết quả thực nghiệm đơn yếu tố

a. Ảnh hưởng của góc cắt δ đến chi phí năng lượng riêng A_r và độ mấp mô bề mặt ván R_a

Góc cắt δ thay đổi từ $45^\circ \div 65^\circ$, vận tốc cắt $v = 50$ m/s, tốc độ đẩy $u_c = 0,14$ m/s, chiều rộng tấm ván xẻ $H = 35$ cm. Kết quả được phương trình và đồ thị tương quan hình 2 và 3 như sau:

- Phương trình tương quan

$$A_r = 13,75 - 0,426\delta + 0,0038\delta^2 \quad (7)$$

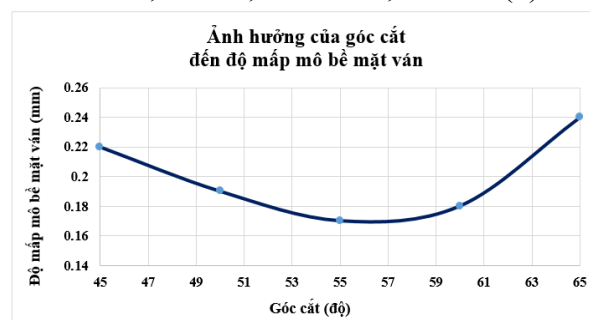


Hình 2. Ảnh hưởng của góc cắt đến chỉ phí năng lượng riêng A_r

Nhận xét: Ảnh hưởng của góc cắt đến chỉ phí năng lượng riêng A_r và độ dập mô bề mặt ván tuân theo quy luật bậc hai. Qua đồ thị nhận thấy hàm A_r và hàm R_a có xu hướng giảm khi góc cắt tăng từ $(45^\circ \div 53^\circ)$, đạt cực tiểu trong khoảng góc cắt $(53 \div 60^\circ)$, nhưng sau đó thì hàm A_r và R_a lại có xu hướng tăng lên. Điều này có thể giải thích như sau: trong phần động lực học đã phân tích cấu tạo lưỡi cưa, đặc biệt góc cắt ảnh hưởng lớn đến lực cắt, vận tốc cắt, vận tốc đẩy, thời gian trong quá trình xẻ. Góc cắt nhỏ dẫn đến mất

- Phương trình tương quan

$$R_a = 2,289 - 0,0977\delta + 0,0007\delta^2 \quad (8)$$



Hình 3. Ảnh hưởng của góc cắt đến độ dập mô bề mặt ván

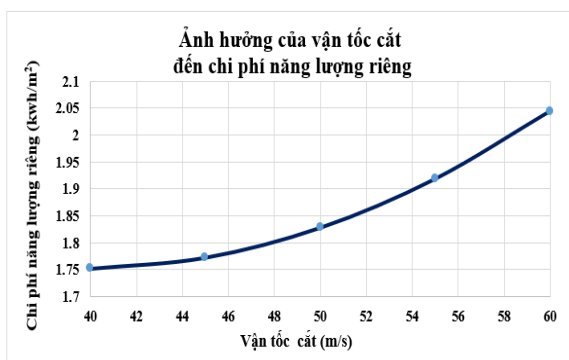
thời gian xẻ, chi phí sản xuất tăng, đồng thời lưỡi cắt dễ hỏng, gãy. Nhưng ngược lại góc cắt lớn chiều sâu cắt lớn thì chiều dày phoi tăng làm cho độ dập mô bề mặt tăng.

b. Ảnh hưởng của vận tốc cắt v đến chỉ phí năng lượng riêng A_r và độ dập mô bề mặt ván R_a

Vận tốc cắt $v = 40 \div 60$ m/s, góc cắt $\delta = 50^\circ$, vận tốc đẩy $u_c = 0,14$ m/s, chiều rộng tấm ván xẻ $H = 35$ cm. Kết quả được phương trình và đồ thị tương quan thể hiện ở hình 4 và 5.

- Phương trình tương quan

$$A_r = 2,848 - 0,055v + 0,0007v^2 \quad (9)$$

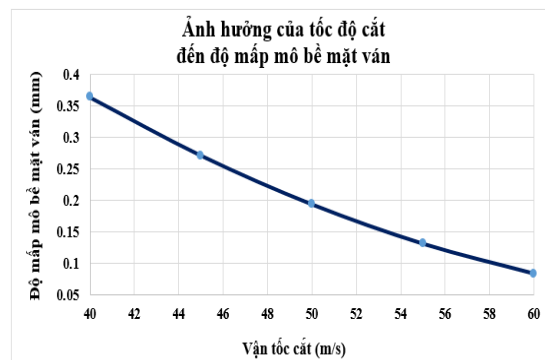


Hình 4. Ảnh hưởng của vận tốc cắt đến chỉ phí năng lượng riêng A_r

Nhận xét: Qua đồ thị nhận thấy ảnh hưởng của vận tốc cắt đến chỉ phí năng lượng riêng A_r và độ dập mô bề mặt gia công R_a tuân theo quy luật bậc hai. Hàm A_r tăng khi vận tốc tăng lên, ta có thấy rõ được mối quan hệ tỷ lệ thuận giữa vận tốc cắt với hàm chỉ phí năng lượng riêng. Trong khi hàm R_a ngược lại vì vận tốc cắt càng nhanh thì thời gian tiếp xúc, cọ xát của lưỡi cưa

- Phương trình tương quan

$$R_a = 1,643 - 0,054v + 0,0003v^2 \quad (10)$$



Hình 5. Ảnh hưởng của vận tốc cắt đến độ dập mô bề mặt ván

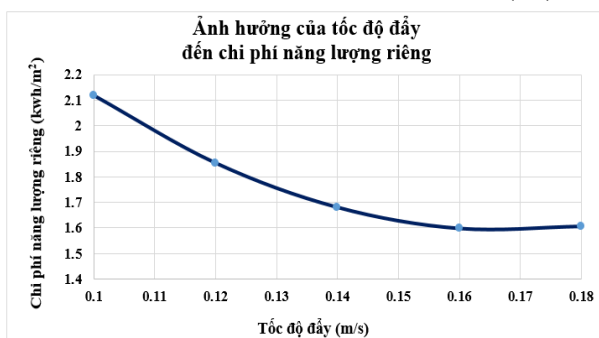
với gỗ giảm do đó độ dập mô bề mặt ván giảm.

c. Ảnh hưởng của vận tốc đẩy u đến chỉ phí năng lượng riêng A_r và độ dập mô bề mặt ván R_a

Thí nghiệm được tiến hành với các thông số: Tốc độ đẩy $u_c = 0,12 \div 0,18$ m/s, góc cắt $\delta = 50^\circ$, vận tốc cắt $v = 50$ m/s, chiều rộng tấm ván xẻ $H = 35$ cm. Kết quả được phương trình và đồ thị tương quan thể hiện ở hình 6 và 7.

- Phương trình tương quan

$$A_r = 4,806 - 38,25u_c^2 + 113,69u_c^2 \quad (11)$$

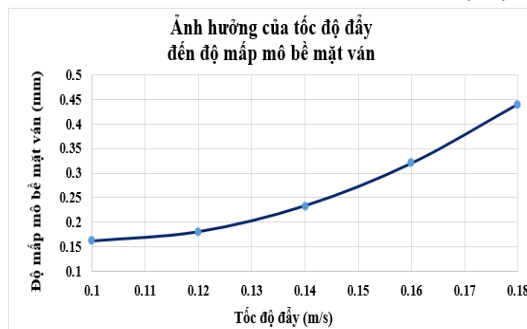


Hình 6. Ảnh hưởng của tốc độ đẩy đến chỉ phí năng lượng riêng A_r

Nhận xét: Qua đồ thị nhận thấy ảnh hưởng của tốc độ đẩy đến chỉ phí năng lượng riêng A_r và độ nhấp mô bề mặt ván tuân theo quy luật bậc hai. Hàm A_r giảm khi vận tốc đẩy tăng lên vì làm giảm thời gian xẻ. Trong khi đó hàm R_a ngược lại vì vận tốc đẩy ảnh hưởng tới lực cắt, điều này thể hiện rõ trong nghiên cứu động lực học trong quá trình cắt, do đó ảnh hưởng đến hệ đàn hồi của máy, của lưỡi cưa vì vậy ảnh hưởng lớn đến mức độ biến dạng dẻo và biến dạng đàn hồi ở bề mặt gia công, làm cho độ nhám thay

- Phương trình tương quan

$$R_a = 0,574 - 8,35u_c + 42,262u_c^2 \quad (12)$$



Hình 7. Ảnh hưởng của tốc độ đẩy đến độ nhấp mô bề mặt ván

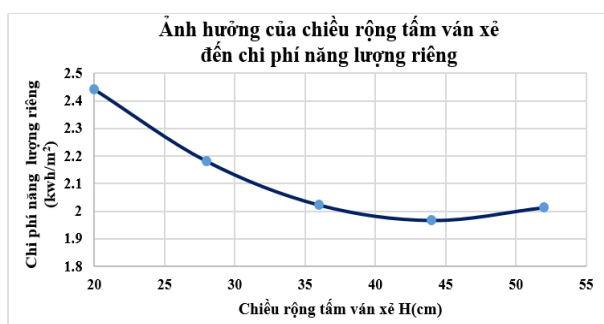
đổi. Khi gia công với độ đẩy nhỏ thì bề mặt gia công có độ nhấp mô tế vi giảm, nếu gia công với lượng đẩy lớn thì độ nhấp mô sẽ tăng lên.

d. Ảnh hưởng của chiều rộng tấm ván xẻ H đến chỉ phí năng lượng riêng A_r và độ nhấp mô bề mặt ván R_a

Thí nghiệm được tiến hành với các thông số: tốc độ đẩy $u_c = 0,14$ m/s, góc cắt 50° ; vận tốc cắt $v = 50$ m/s, chiều rộng tấm ván xẻ $H = 20 \div 54$ (cm). Kết quả được phương trình và đồ thị tương quan thể hiện ở hình 8 và 9.

- Phương trình tương quan

$$A_r = 3,542 - 0,071.H + 0,0008.H^2 \quad (13)$$

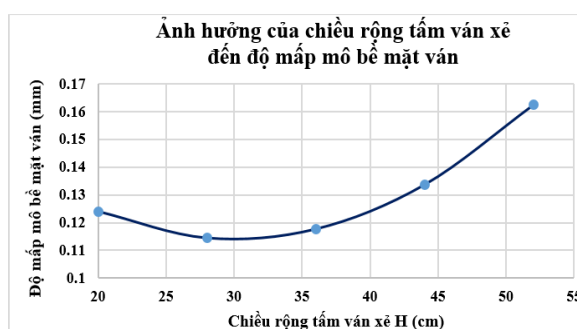


Hình 8. Ảnh hưởng của chiều cao mạch xẻ đến chỉ phí năng lượng riêng A_r

Nhận xét: Qua đồ thị nhận thấy ảnh hưởng của chiều rộng tấm ván xẻ hay đường kính gỗ đến chỉ phí năng lượng riêng A_r và độ nhấp mô bề mặt ván R_a tuân theo quy luật bậc hai. Nhận thấy khi chiều rộng tấm ván xẻ tăng lên trong khoảng (20 ÷ 38 cm) thì hàm A_r cũng giảm đi, nhưng chiều rộng tấm ván xẻ tăng trong khoảng (38 ÷ 50 cm) thì A_r lại có giá trị nhỏ nhất, sau

- Phương trình tương quan

$$R_a = 0,204 - 0,006H + 0,0001H^2 \quad (14)$$



Hình 9. Ảnh hưởng của chiều cao mạch xẻ đến độ nhấp mô bề mặt ván

đó lại tăng lên. Trong khi đó hàm R_a tăng khi chiều rộng tấm ván xẻ tăng. Điều đó có thể giải thích rằng khi chiều rộng tấm ván xẻ tăng lên dẫn đến sự tiếp xúc giữa lưỡi cưa và gỗ là rộng, chiều dày phoi tăng dẫn đến sự cản ma sát lớn và công suất cắt tăng lên làm rung động trong quá trình cắt tăng mạnh, do đó ảnh hưởng đến chỉ phí năng lượng riêng và độ nhấp mô bề mặt.

3.2. Kết quả thực nghiệm đa yếu tố

Trong nghiên cứu sử dụng gỗ Tần Bì để thực nghiệm, với các mức thí nghiệm đa yếu tố của bài toán này: Góc cắt $\delta = (50^0 \div 60^0)$, sức căng $S_0 = (1800 \div 2000 \text{ (N)})$, lực cản cắt riêng của gỗ $k_c = 36,15 \text{ (N/mm}^2\text{)}$, đường kính gỗ $d = (0,3 \div 0,7 \text{ m})$ hay chiều rộng tấm ván xẻ $H = (0,2 \div 0,5 \text{ m})$, vận tốc đẩy $u = (0,12 \div 0,16 \text{ m/s})$, vận tốc cắt $v = (45 \div 55 \text{ m/s})$. Tiến hành thí nghiệm theo ma trận Hartly với số lần lặp lại của mỗi thí nghiệm $m = 3$.

Đặt X_1 là dạng mã của hàm $\pi_1 = \frac{S_0}{k_c d^2}$;

X_2 là dạng mã của hàm $\pi_2 = \delta$;

X_3 là dạng mã của hàm $\pi_3 = \frac{u}{v}$.

a. *Xác định mô hình toán học và thực hiện các phép tính kiểm tra*

Sau khi thực nghiệm và sử lý số liệu bằng phần mềm OPT nghiên cứu nhận được:

+ *Hàm chi phí năng lượng riêng dạng không thứ nguyên*

$$Y_1 = 0,25 + 0,171325 X_1 + 0,14 X_1^2 + 0,0702 X_2 + 0,0325 X_1 X_2 + 0,035 X_2^2 - 0,05148 X_3 - 0,0825 X_1 X_3 + 0,0025 X_2 X_3 + 0,0225 X_3^2 \quad (15)$$

+ *Hàm độ mấp mô bề mặt gia công dạng không thứ nguyên*

$$Y_2 = (0,2994 + 0,0096X_1 - 0,0192X_1^2 - 0,0104X_2 - 0,0176X_1 X_2 + 0,0536X_2^2 + 0,0266X_3 + 0,0063X_1 X_3 + 0,0073X_2 X_3 - 0,0074X_3^2) \cdot 10^{-3} \quad (16)$$

b. *Xác định các giá trị tối ưu của các biến X_1, X_2, X_3*

Sau khi xác định được các phương trình của các hàm mục tiêu, nghiên cứu tiến hành giải bài toán tối ưu.

Giải bài toán tối ưu đa mục tiêu có nghĩa là cùng một lúc phải xét đồng thời cực trị của nhiều hàm mục tiêu. Sau khi nghiên cứu ưu nhược điểm của từng phương pháp, nghiên cứu chọn phương pháp ưu tiên giá trị cần đạt cho hàm mục tiêu Y_2 .

Bước 1: Sử dụng phần mềm Matlab, áp dụng phương pháp chia lưới miền D thành 68921 điểm, tính giá trị của Y_1 và Y_2 ở các công thức (15), (16) tại các điểm chia và so sánh cho ta kết quả:

$$Y_{1min} = 0,17568 \text{ tại } X_1 = -0,35; X_2 = -0,85; X_3 = -0,55$$

$$Y_{1Max} = 0,853.$$

$$Y_{2min} = 2,429 \cdot 10^{-4} \text{ tại } X_1 = -1; X_2 = 0; X_3 = -1.$$

$$Y_{2Max} = 3,899 \cdot 10^{-4}.$$

Bước 2: Lập bài toán tối ưu như (2). Tìm các giá trị X_1, X_2, X_3 trên D thỏa mãn:

$$\begin{cases} Y_1 \rightarrow \min & (a) \\ Y_2 \leq \varepsilon_2 & (b) \end{cases} \quad (17)$$

Ở đây cần thỏa mãn điều kiện thực tế:

$$\varepsilon_2 \geq Y_{2min} = 2,429 \cdot 10^{-4} \quad (18)$$

Với ε_2 thay đổi từ $2,45 \cdot 10^{-4}$ đến $3,9 \cdot 10^{-4}$.

Kết quả tính toán nhận được trên bảng 4.

Bảng 4. Tọa độ X_1, X_2, X_3 của các điểm làm hàm Y_1 có trị nhỏ nhất, ứng với các trị ε_2 mà hàm $Y_2 < \varepsilon_2$

ε_2	0,000245	0,00025	0,00027	0,0003	0,00033	0,00036	0,00039
$Y1_{min}$	0,2056	0,2020	0,192	0,181	0,1764	0,1757	0,1757
X_1^*	-1,00	-1,00	-0,85	-0,60	-0,45	-0,35	-0,35
X_2^*	-0,15	-0,30	-0,35	-0,50	-0,75	-0,85	-0,85
X_3^*	-1,00	-0,95	-0,55	-0,05	0,35	0,55	0,55

Vậy trong nghiên cứu lấy $\varepsilon_2 = 0,00036$, tương ứng có giá trị điểm dừng $X_1^* = -0,35$; $X_2^* = -0,85$; $X_3^* = 0,35$ đảm bảo được yêu

cầu bài toán. Kết quả tính toán tìm giá trị tối ưu của các tham số thực theo phương pháp truy hồi được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Bảng giá trị tối ưu một số thông số của cưa vòng và thông số công nghệ khi xẻ gỗ Tần bì

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị tối ưu
Góc cắt của lưỡi cưa	δ	độ	58
Sức căng ban đầu của lưỡi cưa	S_0	N	1867
Chiều rộng tấm ván xẻ	H	m	0,44
Đường kính gỗ	d	m	0,62
Vận tốc dây	u_c	m/s	0,123
Vận tốc cắt	v	m/s	55

Từ đó ta xác định được giá trị chi phí năng lượng riêng và độ mấp mô bề mặt:

$$Ar_{\min} = K_c \cdot d \cdot Y_{1\min} = 36,15 \cdot 10^6 \cdot 0,62 \cdot 0,267 = 6,186 \cdot 10^6 \text{ (N/m)} = 1,72 \text{ (kWh/m}^2\text{)}.$$

$$Ra_{\min} = d \cdot Y_{2\min} = 0,62 \cdot 2,78 \cdot 10^{-4} = 0,173 \text{ (mm)}.$$

3.3. Vận hành máy với các giá trị tối ưu của các thông số ảnh hưởng

Trên cơ sở các số liệu tối ưu đã xác định được ở trên với $S_0 = 1867$ (N), $u_c = 0,123$ (m/s), $v = 55$ (m/s), $H = 0,44$ (m) hay $d = 0,62$ (m) và $\delta = 58$ (độ). Sau khi kiểm tra các điều kiện thí nghiệm, vận hành máy và tiến hành thực nghiệm với 30 thí nghiệm xẻ gỗ Tần bì để lấy số liệu. Kết quả khảo nghiệm số liệu ghi ở bảng 6.

Bảng 6. Kết quả thực nghiệm theo thông số tối ưu

TT	Chỉ tiêu đánh giá so sánh	Tính theo lý thuyết	Kết quả thực nghiệm theo thông số tối ưu	Sai số (%)
1	Chi phí năng lượng riêng Ar (kWh/m ²)	1,72	1,85	7,03
2	Độ mấp mô bề mặt gỗ xẻ Ra (mm)	0,173	0,189	8,46

Nhận xét: Sự sai lệch giữa kết quả tính theo lý thuyết và kết quả vận hành máy với các thông số tối ưu nằm trong giới hạn cho phép nhỏ hơn 15%, từ đó kết quả xác định các thông số tối ưu ở trên có thể tin cậy được, giá trị tìm được ở trên đó chính là thông số tối ưu của cưa vòng đứng trong dây chuyền xẻ gỗ tự động.

Biểu thức tính năng suất theo khối lượng gỗ xẻ như sau:

$$\Pi_v = \frac{V}{\sum t} = \frac{bHu_c}{\sum t} \tag{19}$$

Với các thông số tối ưu tính toán được ở trên, với chiều dày tấm ván xẻ theo yêu cầu $b = (15 \div 40 \text{ mm})$, sau quá trình tính toán với chiều dày của tấm ván là 32 mm thì năng suất đạt được $\Pi_v = 3,12 \text{ (m}^3\text{/h)}$ lớn hơn năng suất yêu cầu của nghiên cứu $[\Pi_v] = 3 \text{ (m}^3\text{/h)}$. Như vậy giá trị của các thông số đã tính toán được ở trên là giá trị tối ưu của bài toán.

4. KẾT LUẬN

Các tham số ảnh hưởng như vận tốc cắt v, tốc độ dây u, góc cắt δ và đường kính gỗ d đến chi phí năng lượng riêng và độ mấp mô bề mặt ván

xẻ là hàm bậc hai theo ma trận Hartly.

Giá trị tối ưu của các thông số ảnh hưởng khi xẻ gỗ Tần bì đến chi phí năng lượng riêng và độ mấp mô bề mặt ván xẻ trong điều kiện biên mà đề tài giới hạn nghiên cứu là: Sức căng ban đầu $S_0 = 1867$ (N), vận tốc cắt $v = 55$ (m/s), vận tốc dây $u_c = 0,123$ (m/s), góc cắt $\delta = 58$ (độ), chiều rộng tấm ván xẻ $H = 44$ (cm) tương ứng với đường kính gỗ $d = 62$ (cm). Với các thông số trên thì chi phí năng lượng riêng $Ar_{\min} = 1,72$ (kWh/m²) và độ mấp mô bề mặt ván xẻ $Ra_{\min} = 0,173$ (mm), khi đó tính được năng suất $\Pi_v = 3,12 \text{ (m}^3\text{/h)} > [\Pi_v] = 3 \text{ (m}^3\text{/h)}$, như vậy ta tính được năng suất đạt được đảm bảo yêu cầu đặt ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Bi (1999), *Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm*, Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Nội.
2. Ngô Kim Khôi (1998), *Thống kê toán học trong Lâm nghiệp*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
3. Phạm Văn Lang (1996), *Cơ sở lý thuyết đồng dạng, mô hình phép phân tích thứ nguyên và ứng dụng trong kỹ thuật cơ - điện nông nghiệp*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
4. Phạm Văn Lang (1998), *Cơ sở lý thuyết quy hoạch thực nghiệm và ứng dụng trong kỹ thuật nông nghiệp*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
5. Dương Văn Tài (2016), *Nghiên cứu, thiết kế, chế*

tao dây chuyền thiết bị xẻ gỗ tự động năng suất 3 -4 m³/h gỗ thành phẩm, Báo cáo Đề tài Khoa học và Công nghệ độc lập cấp quốc gia mã số ĐTDL.CN-10/16, Đề tài (Mã số 16363/2019), Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia, Hà Nội.

6. Dương Văn Tài (2018), *Kết quả nghiên cứu hệ thống xẻ gỗ tự động*, Tạp chí Công nghiệp Nông thôn số

31, trang 2-8.

7. Đào Quang Triệu (1994), *Phương pháp qui hoạch thực nghiệm cực trị và tối ưu các quá trình kỹ thuật hệ phức tạp*, Trường Đại học Nông nghiệp I, Hà Nội.

8. Hoàng Việt (2014), *Nghiên cứu tối ưu hóa quá trình phay bào gỗ*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp số 1, trang 65-73.

RESEARCH TO OPTIMIZE THE TREATMENT PROCESS OF STANDING SAW IN AUTOMATIC WOODEN LINE

Nguyen Thi Luc

Vietnam National University of Forestry

SUMMARY

The article presented the results of research on setting up the optimal mathematical model, in the sawing process on vertical circular saws of automatic sawing lines designed by the state-level project code ĐDL.CN-10/16, it has been designed, manufactured. The study selected 6 parameters, with 2 objective functions and 1 condition function, to solve this optimization problem the paper using the method of uniformity and dimension in experimental research. Research results when sawing Ash wood have found the optimal value of some parameters: Initial stress $S_0 = 1867(N)$, cutting speed $v = 55 (m/s)$, pushing speed $u = 0.123 (m/s)$, cutting angle $\delta = 58 (degrees)$, sawn board width $H = 44 (cm)$ corresponds to wood diameter $d = 62 (cm)$. Then, own energy cost $A_{r_{min}} = 1.72 (kWh/m^2)$, surface roughness of sawn board $R_{amin} = 0.173 (mm)$ and calculate the average productivity to cut $\Pi_v = 3.12 (m^3/h)$, thus achieving the required productivity.

Keywords: Optimum parameters, own energy cost, sawing yield, surface roughness, vertical circular saw.

Ngày nhận bài : 10/5/2022

Ngày phản biện : 10/6/2022

Ngày quyết định đăng : 20/6/2022