

ỨNG DỤNG QUY HOẠCH THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH GIÁ TRỊ TỐI ƯU CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ MÁY CHỮA CHÁY RỪNG BẰNG SỨC GIÓ

Phạm Văn Tĩnh¹, Trần Văn Tường¹, Giang Quốc Nam²

¹Trường Đại học Lâm nghiệp

²Trường Cao đẳng Kinh tế kỹ thuật Hòa Bình

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2023.1.122-129>

TÓM TẮT

Máy chữa cháy rừng bằng sức gió trong nghiên cứu này là sản phẩm của đề tài cấp Nhà nước KC07.13/06-10. Bộ phận quan trọng nhất của máy là cánh quạt gió cao áp có điều kiện làm việc phức tạp, chịu ảnh hưởng của nhiều thông số, để máy làm việc hiệu quả hơn cần thiết phải nghiên cứu tối ưu hóa các thông số của cánh quạt. Việc nghiên cứu lý thuyết tính toán tối ưu các thông số này sẽ không phản ánh hết các yếu tố ảnh hưởng đến cánh quạt khi làm việc trong khi nghiên cứu bằng thực nghiệm hoàn toàn đòi hỏi chi phí lớn. Do đó cần phải kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu quy hoạch thực nghiệm để xác định một số thông số tối ưu của cánh quạt. Kết quả nghiên cứu quy hoạch thực nghiệm đã xác định được các giá trị tối ưu của các thông số ảnh hưởng gồm: Góc lắp ráp đầu vào của quạt gió $\beta_1 = 68,9$ độ; góc lắp ráp đầu ra của quạt gió $\beta_2 = 110$ độ; bán kính cong cánh quạt gió $r = 24,2$ mm; số cánh của quạt gió $Z = 22$ cánh. Các thông số trên là căn cứ khoa học để hoàn thiện máy chữa cháy.

Từ khóa: áp lực dòng khí, máy chữa cháy rừng bằng sức gió, quy hoạch thực nghiệm, tối ưu đa mục tiêu, vận tốc dòng khí.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy chữa cháy rừng bằng sức gió có kết cấu và nguyên lý hoạt động của guồng bánh công tác dựa trên kết cấu và nguyên lý hoạt động của quạt gió li tâm cao áp. Bộ phận quan trọng nhất của quạt gió li tâm là kết cấu cánh quạt, có các kiểu như cánh cong trước, cánh thẳng, cánh cong sau với các thông số ảnh hưởng khác nhau đến hiệu suất máy. Với sự phổ biến của quạt gió li tâm hiện nay ngày càng có nhiều nghiên cứu tìm phương pháp thiết kế mới nhằm rút ngắn thời gian thiết kế và cải thiện hiệu suất của máy.

Trên thế giới cũng như trong nước đã có nhiều nghiên cứu cải tiến máy chữa cháy rừng bằng sức gió để nâng cao hiệu quả sử dụng của các thiết bị cho các trường hợp khác nhau.

Tác giả Sheng Dade và nhóm nghiên cứu [8] đã thực hiện đề tài nghiên cứu máy dập lửa bằng sức gió, kết quả nghiên cứu đã chế tạo hoàn thiện được máy dập lửa có nguồn động lực là động cơ xăng, gắn quạt gió dạng ly tâm, với các thông số kỹ thuật của máy là: vận tốc gió: 24,9 m/s; lưu lượng gió: 45 m³/phút, số vòng quay 6300 vòng/phút. Máy đã có nhiều cải tiến song vẫn còn những hạn chế như vận tốc của không khí thấp, lưu lượng nhỏ, trọng lượng máy lớn,

chưa phù hợp cho việc mang vác lên dốc khi chữa cháy rừng.

Theo tác giả Pan Guoqing và Zhou Yongzhao đã công bố kết quả nghiên cứu về thử nghiệm để nâng cao hiệu quả dập lửa của máy chữa cháy rừng bằng sức gió [7], công trình đã đề xuất một số giải pháp để nâng cao vận tốc và lưu lượng không khí thổi vào đám cháy như tăng số vòng quay của động cơ, tăng đường kính quạt gió.

Kết quả nghiên cứu của tác giả Selvaraj T và các cộng sự [6] cho thấy, áp suất và vận tốc của luồng khí tại đầu ra của quạt ly tâm kiểu hướng tâm chủ yếu bị ảnh hưởng bởi góc lắp ráp đầu vào của cánh quạt gió (β_1), đường kính cánh quạt (D_2) và chiều rộng cánh quạt (b). Nghiên cứu thực nghiệm quạt với các thông số tối ưu đã tính toán cho các kết quả phù hợp với kết quả nghiên cứu lý thuyết.

Năm 2010, tác giả Dương Văn Tài đã công bố kết quả nghiên cứu đề tài trọng điểm cấp nhà nước mã số KC07.13/06-10 [4]: “Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng”. Một trong những kết quả của đề tài đã thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm máy chữa cháy rừng bằng sức gió, song đề tài

chưa nghiên cứu về động lực học của hệ thống thổi gió, chưa nghiên cứu tính toán tối ưu hệ thống cánh quạt... Do đó máy còn một số hạn chế như vận tốc và áp lực dòng khí phun vào đám cháy còn thấp, ảnh hưởng đến hiệu quả dập lửa; trọng lượng máy khá nặng ảnh hưởng đến quá trình di chuyển của thiết bị trên khu rừng có độ dốc lớn.

Qua các kết quả nghiên cứu cho thấy một số tham số kết cấu quyết định tính năng, hiệu suất của quạt gió li tâm cao áp gồm: đường kính trong trong bánh công tác D_1 , đường kính ngoài bánh công tác D_2 , góc lắp ráp đầu vào cánh quạt β_1 , góc lắp ráp đầu ra cánh quạt β_2 , số cánh quạt Z , bán kính cong của cánh quạt r , biên dạng cánh...

Hiệu suất làm việc của máy chữa cháy chịu nhiều yếu tố tác động do hoạt động trong điều kiện phức tạp do đó nghiên cứu hoàn toàn bằng lý thuyết hoặc chỉ nghiên cứu thực nghiệm để tối ưu hóa các thông số sẽ rất tốn kém và có nhiều hạn chế về kết quả thu được. Việc khảo sát ảnh hưởng của từng yếu tố đến các hàm mục tiêu được nghiên cứu ở lý thuyết tính toán quạt gió cao áp, song việc nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời nhiều yếu tố đến hàm mục tiêu chưa được phân tích nghiên cứu. Để xác định ảnh hưởng của nhiều yếu tố đến chỉ tiêu nghiên cứu, nghiên cứu này chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

Để xác định ảnh hưởng đồng thời của nhiều yếu tố đến hiệu quả làm việc của máy, phương

pháp nghiên cứu quy hoạch thực nghiệm được áp dụng để xác định các giá trị tối ưu của các tham số ảnh hưởng đến hàm mục tiêu. Cơ sở toán học của lý thuyết quy hoạch thực nghiệm là toán học thống kê với 2 lĩnh vực quan trọng là phân tích phương sai và phân tích hồi quy.

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Nghiên cứu sử dụng các thiết bị chuyên dụng tiến hành đo vận tốc và áp lực dòng khí với các tham số kết cấu cố định của máy chữa cháy nhằm kiểm chứng lại kết quả tính theo lý thuyết.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chọn hàm mục tiêu và các thông số ảnh hưởng

a) Lựa chọn hàm mục tiêu: Để đánh giá hiệu quả dập lửa của máy chữa cháy rừng bằng sức gió nghiên cứu tập trung vào hai hàm mục tiêu tiêu là áp lực dòng khí (P) và vận tốc dòng khí phun vào đám cháy (V) đạt giá trị cực đại.

b) Lựa chọn các yếu tố ảnh hưởng: Qua kết quả nghiên cứu [3], ảnh hưởng rõ rệt nhất đến 2 hàm mục tiêu trên tiêu gồm các yếu tố: góc lắp ráp đầu vào cánh quạt β_1 , góc lắp ráp đầu ra cánh quạt β_2 , số cánh quạt Z , bán kính cong của cánh quạt r . Đồng thời qua thí nghiệm thăm dò [3] tìm được các giá trị biến thiên của các thông số này và được thể hiện trên Bảng 1. Để tiện tính các hệ số thực nghiệm của mô hình toán hồi quy và tiến hành các bước xử lý số liệu khác, nghiên cứu sử dụng giá trị mã hóa không thứ nguyên, với giá trị cận trên và cận dưới là +1 và -1, giá trị trung bình là 0 (gốc tọa độ).

Bảng 1. Mức thí nghiệm của các thông số đầu vào

Các mức	Giá trị mã	Các thông số vào			
		X_1 β_1 (độ)	X_2 β_2 (độ)	X_3 r (mm)	X_4 Z (cánh)
Mức trên	1	75	115	26	24
Mức cơ sở	0	70	110	24	22
Mức dưới	-1	65	105	22	20
Khoảng biến thiên	1	5	5	2	2

3.2. Xây dựng ma trận thực nghiệm

Theo [2], nghiên cứu đã chọn ma trận thực nghiệm theo kế hoạch Boks - Benken trong

miền siêu cầu với bốn thông số đầu vào và được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Ma trận thí nghiệm theo kế hoạch Boks - Benken

TT	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	TT	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	-1	-1	0	0	15	-1	0	0	+1
2	+1	-1	0	0	16	+1	0	0	+1
3	-1	+1	0	0	17	0	-1	0	-1
4	+1	+1	0	0	18	0	+1	0	-1
5	-1	0	-1	0	19	0	-1	0	+1
6	+1	0	-1	0	20	0	+1	0	+1
7	-1	0	+1	0	21	0	0	-1	-1
8	1	0	+1	0	22	0	0	+1	-1
9	0	-1	-1	0	23	0	0	-1	+1
10	0	+1	-1	0	24	0	0	+1	+1
11	0	-1	+1	0	25	0	0	0	0
12	0	+1	+1	0	26	0	0	0	0
13	-1	0	0	-1	27	0	0	0	0
14	+1	0	0	-1					

3.3. Kết quả thí nghiệm đa yếu tố

a) Xác định số lần lặp lại của các thí nghiệm

Số lần lặp cho mỗi thí nghiệm được tính theo kết quả của thí nghiệm thăm dò và theo công thức sau:

$$m = \frac{t^2 \cdot S^2}{(\varepsilon\% \cdot \bar{Y})^2} \quad (1)$$

Trong đó:

m- Số lần lặp;

τ - Tiêu chuẩn Student tra bảng với mức ý nghĩa φ = 0,05; t = 1,96;

ε% - Sai số tương đối, ≤5%;

Ȳ - Giá trị trung bình mẫu;

S - Độ lệch chuẩn mẫu.

Để kiểm tra các kết quả đo được có tuân theo quy luật phân bố chuẩn hay không cũng

như để xác định số lần lặp lại tối thiểu cho mỗi thí nghiệm, nghiên cứu tiến hành 50 thí nghiệm thăm dò ở mức cơ sở (0; 0; 0), thay kết quả thí nghiệm vào các công thức (1), xác định được chỉ tiêu Person $\chi^2_{tt} = 13,734$. So sánh χ^2_{tt} với tiêu chuẩn Person nhận thấy $\chi^2_{tt} < \chi^2_b = 21$, vậy các số đo của thí nghiệm tuân theo giả thuyết luật phân bố chuẩn tính số lần lặp lại cho mỗi thí nghiệm theo công thức (1), tính được m = 2,72. Chọn m = 3.

b) Kết quả thí nghiệm theo ma trận đã lập

Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của các tham số tới áp lực và vận tốc dòng khí phun vào đám cháy được ghi ở Bảng 3 và Bảng 4.

Bảng 3. Kết quả ảnh hưởng của các tham số đến hàm áp lực dòng khí

Số TN	β ₁	β ₂	r	Z	Áp lực dòng khí (N)		
					Lần 1	Lần 2	Lần 3
1	65	105	24	22	22,8	21,4	23,2
2	75	105	24	22	23,4	24,1	22,5
3	65	115	24	22	22,5	21,3	23,7
4	75	115	24	22	21,1	21,8	21,8
5	65	110	22	22	23,2	23,8	23,9
6	75	110	22	22	22,7	22,1	22,9
7	65	110	26	22	24,1	24,9	24,3
8	75	110	26	22	20,9	20,1	20,7
9	70	105	22	22	20,7	21,2	22,4
10	70	115	22	22	22,7	21,9	21,1
11	70	105	26	22	24,6	23,5	25,6
12	70	115	26	22	24,9	23,9	25,9

Số TN	β_1	β_2	r	Z	Áp lực dòng khí (N)		
					Lần 1	Lần 2	Lần 3
13	65	110	24	20	22,8	21,8	23,8
14	75	110	24	20	22,3	21,3	22,9
15	65	110	24	24	24,1	22,1	26,1
16	75	110	24	24	23,8	22,8	24,8
17	70	105	24	20	21,9	20,9	22,9
18	70	115	24	20	21,2	22,2	20,2
19	70	105	24	24	24,4	24,4	24,4
20	70	115	24	24	24,5	25,5	23,5
21	70	110	22	20	20,7	21,7	19,7
22	70	110	22	20	22,1	21,1	23,1
23	70	110	22	24	24,8	25,8	23,8
24	70	110	26	24	23,7	22,7	24,7
25	70	110	24	22	25,3	26,3	24,3
26	70	110	24	22	26,4	27,4	25,4
27	70	110	24	22	25,9	26,2	24,9

Bảng 4. Kết quả ảnh hưởng của các tham số đến hàm vận tốc dòng khí

Số TN	β_1	β_2	r	Z	Vận tốc dòng khí (m/s)		
					Lần 1	Lần 2	Lần 3
1	65	105	24	22	62	61	63
2	75	105	24	22	64	65	63
3	65	115	24	22	62	61	63
4	75	115	24	22	60	59	61
5	65	110	22	22	66	65	64
6	75	110	22	22	64	65	63
7	65	110	26	22	69	68	67
8	75	110	26	22	61	60	62
9	70	105	22	22	61	60	62
10	70	115	22	22	64	62	63
11	70	105	26	22	68	67	69
12	70	115	26	22	69	70	68
13	65	110	24	20	64	63	65
14	75	110	24	20	63	64	62
15	65	110	24	24	69	70	68
16	75	110	24	24	67	66	68
17	70	105	24	20	61	62	64
18	70	115	24	20	62	63	61
19	70	105	24	24	70	72	71
20	70	115	24	24	70	71	72
21	70	110	22	20	62	63	61
22	70	110	22	20	65	64	66
23	70	110	22	24	69	70	68
24	70	110	26	24	68	69	67
25	70	110	24	22	70	72	71
26	70	110	24	22	75	74	76
27	70	110	24	22	74	73	76

c) Ảnh hưởng của các tham số đến hàm áp lực dòng khí của máy chữa cháy

Qua kết quả thực nghiệm xác định được mô hình hồi quy dạng thực ảnh hưởng các tham số tới áp lực dòng khí như sau:

$$P = - 1701,31 a_0 + 12,736 \beta_1 - 0,067 \beta_1^2 + 14,922 \beta_2 - 0,017 \beta_2, \beta_1 - 0,064 \beta_2^2 + 24,616.r - 0,07 r \beta_1 - 0,005 r \beta_2 - 0,294 r^2 + 14,685 z + 0,008 z \beta_1 + 0,02 z \beta_2 - 0,218 zr - 0,266 z^2 \quad (2)$$

- Kiểm tra tính đồng nhất của phương sai:

Giá trị chuẩn Kokhren tính theo công thức:

$$G_{tt} = S_m^2 / \sum_{u=1}^N S_u^2 \quad (3)$$

Trong đó:

S_m^2 - Phương sai lớn nhất trong tổng số thí nghiệm;

S_u^2 - Phương sai thực nghiệm thứ u với số lần lặp lại m_u .

$$S_u^2 = \frac{1}{m_u - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_u} (Y_{ui} - \bar{Y}_u)^2 \quad (4)$$

Trong đó:

m_u - Số lần lặp lại ở mỗi điểm thí nghiệm thứ u;

Y_{ui} - Giá trị của thông số ra ở điểm u;

\bar{Y}_u - Giá trị trung bình thông số ra tại điểm u.

$$\bar{Y}_u = \frac{1}{m_u} \cdot \sum_{i=1}^{m_u} Y_{iu} \quad (5)$$

Thay công thức (4) và (5) vào (3), được $G_{tt} = 0,17$; với $m = 27$; $n - 1 = 2$; $\alpha = 0,05$; tra bảng VIII [2], được tiêu chuẩn Kokhren: $G_b = 0,21$. So sánh với giá trị tính toán có $G_{tt} = 0,17 < G_b = 0,21$, vậy phương sai của thí nghiệm là đồng nhất.

- Kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số mô hình toán:

Theo tiêu chuẩn Student, các hệ số trong mô hình có ảnh hưởng đáng kể đến đại lượng nghiên cứu khi thỏa mãn điều kiện:

$$|t_{ij}| \geq t_b; ij = [0,4] \quad (6)$$

Trong đó:

t_b - Hệ số tra bảng theo bậc tự do và độ tin cậy của thí nghiệm;

t_{ij} - Hệ số tính ứng với hệ số b_{ij} của mô hình hồi qui, giá trị tính toán tiêu chuẩn Student cho các hệ số như sau:

$$t_{00} = 32,5; t_{10} = -7,27; t_{11} = -2,43;$$

$$t_{20} = 5,22; t_{21} = -3,14; t_{22} = 2,20;$$

$$t_{30} = 0,80; t_{31} = -1,28; t_{32} = 0,14;$$

$$t_{33} = 0,65; t_{40} = 0,82; t_{41} = 2,36;$$

$$t_{42} = 0,97; t_{43} = -2,31; t_{44} = 2,911;$$

Giá trị tiêu chuẩn Student tra bảng được tra ở bảng 9 tài liệu [4], với mức độ tin cậy của thí nghiệm 0,95, ta tìm được $t_b = 0,68$. So với giá trị tính toán ta thấy hệ số b_{10} ; b_{11} ; $b_{2.1}$; $b_{3.1}$; $b_{3.2}$; $b_{3.3}$; $b_{4.0}$; $b_{4.1}$; $b_{4.2}$; $b_{4.3}$ không thỏa mãn tiêu chuẩn Student nhưng theo [2], không bỏ hệ số nào để nhằm mục đích tìm giá trị tối ưu ở phần tiếp theo.

- Kiểm tra tính tương thích của mô hình:

Giá trị tiêu chuẩn Fisher tính theo công thức :

$$F_{tt} = \frac{S^2}{S_e^2} \quad (7)$$

Trong đó:

S^2 - Phương sai tuyến chọn được tính theo công thức sau:

$$S^2 = \frac{1}{N-k} \cdot \sum_{i=1}^N (\hat{Y}_u - \bar{Y}_u)^2$$

S_e^2 - Phương sai do nhiễu tạo nên và xác định theo công thức:

$$S_e^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N S_u^2$$

được $F_{tt} = 1,2$, giá trị tiêu chuẩn Fisher tra bảng 3 tài liệu [2], với bậc tự do $\gamma_1 = 12$; $\gamma_2 = 54$; $\alpha = 0,05$ tìm được $F_b = 1,936$, so sánh với giá trị tính toán $F_{tt} < F_b$, mô hình (2) được coi là tương thích.

- Kiểm tra khả năng làm việc của mô hình: Hệ số đơn định (R^2) được xác định theo công thức:

$$R^2 = 1 - \frac{m(N-k)S^2 + N(m-1)S_e^2}{m \sum_{u=1}^N (\bar{Y}_u - \bar{Y})^2 + N(m-1)S_e^2} \quad (8)$$

tính toán được $R^2 = 0,827 > 0,75$, vậy mô hình được coi là hữu ích trong sử dụng.

d) Ảnh hưởng của các tham số đến hàm vận tốc dòng khí phun

Qua kết quả thực nghiệm xác định được mô hình hồi quy dạng thực ảnh hưởng các tham số tới vận tốc dòng khí như sau:

$$V = - 5066,511 a_0 + 40,837 \beta_1 - 0,232 \beta_1^2 + 47,308 \beta_2 - 0,04 \beta_2, \beta_1 - 0,2 \beta_2^2 + 61,303 r - 0,15 r \beta_1 - 0,025 r \beta_2 - 0,866 r^2 + 32,58 z - 0,025 z \beta_1 + 0,007 z \beta_2 - 0,265 zr - 0,545 z^2 \quad (9)$$

- Kiểm tra tính đồng nhất của phương sai:

Giá trị chuẩn Kokhren tính theo công thức (3) được $G_{tt} = 0,09$, với $m = 27$; $n - 1 = 2$; $\alpha = 0,05$, tra bảng VIII [2], ta được tiêu chuẩn Kokhren: $G_b = 0,215$. So sánh với giá trị tính toán ta được $G_{tt} = 0,09 < G_b = 0,215$, vậy phương sai của thí nghiệm là đồng nhất.

- Kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số mô hình toán:

Theo tiêu chuẩn Student, các hệ số trong mô hình có ảnh hưởng đáng kể đến đại lượng nghiên cứu khi thỏa mãn điều kiện:

$$|t_{ij}| \geq t_b; \quad ij = [0,4]$$

t_{ij} - Hệ số tính ứng với hệ số b_{ij} của mô hình hồi qui, giá trị tính toán tiêu chuẩn Student cho các hệ số như sau:

$$\begin{aligned} t_{00} &= -36,9; & t_{10} &= 8,68; & t_{11} &= -12,13; \\ t_{20} &= 2,81; & t_{21} &= -0,8; & t_{22} &= -6,5; \\ t_{30} &= 8,25; & t_{31} &= 0,47; & t_{32} &= 0,47; \\ t_{33} &= -0,53; & t_{40} &= 6,15; & t_{41} &= 0,77; \\ t_{42} &= 0,68; & t_{43} &= -0,27; & t_{44} &= -0,16; \end{aligned}$$

Giá trị tiêu chuẩn Student tra bảng (tb) được tra ở bảng 9 tài liệu [5], với mức độ tin cậy của thí nghiệm 0,95, ta tìm được $t_b = 1,68$. So với giá trị tính toán ta thấy hệ số b_{00} ; b_{11} ; $b_{2,1}$; $b_{2,1}$; $b_{3,3}$; $b_{4,3}$; $b_{4,4}$; không thỏa mãn tiêu chuẩn Student nhưng theo [2], không bỏ hệ số nào để nhằm mục đích tìm giá trị tối ưu ở phần tiếp theo.

- Kiểm tra tính tương thích của mô hình:

Giá trị tiêu chuẩn Fisher tính theo công thức (7): $F_{tt} = 1,21$, giá trị tiêu chuẩn Fisher tra bảng 3 tài liệu [2], với bậc tự do $\gamma_1 = 12$; $\gamma_2 = 54$; $\alpha = 0,05$ tìm được $F_b = 1,936$, so sánh với giá trị tính toán $F_{tt} < F_b$, mô hình (9) tương thích.

- Kiểm tra khả năng làm việc của mô hình: Hệ số đơn định (R^2) xác định theo công thức (8) được $R^2 = 0,847$, mô hình được xem là hữu ích trong sử dụng.

3.4. Xác định giá trị tối ưu của tham số ảnh hưởng

Mục đích của bài toán là tìm các giá trị β_1 , β_2 , r , Z để hàm áp lực và vận tốc dòng khí phun lớn nhất, đây là bài toán tối ưu đa mục tiêu, để giải bài toán này cần phải lựa chọn và xây dựng

phương pháp giải. Phương pháp giải bài toán tối ưu theo [1, 2, 5], sau đây là ứng dụng vào trường hợp nghiên cứu.

3.4.1. Phương pháp tìm giá trị tối ưu của thông số đầu vào

Sau khi xác định được hai hàm mục tiêu P và V theo công thức (2) và (9), hai hàm mục tiêu này có thứ nguyên khác nhau, nhưng tính chất cực trị giống nhau (đều cực đại). Nghiên cứu sử dụng phương pháp tìm lời giải tối ưu tổng quát khi có mặt nhiều hàm mục tiêu, nội dung của phương pháp này tóm tắt như sau:

- Xác định giá trị cực đại của từng hàm mục tiêu: V_{max} ; P_{max}

- Lập hàm tỷ lệ tối ưu:

$$\phi_1 = \frac{V}{V_{max}} \quad \phi_2 = \frac{P}{P_{max}} \quad (10)$$

- Lập hàm tỷ lệ tối ưu tổng quát:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 \quad (11)$$

- Xác định giá trị β_1 , β_2 , r , Z , để hàm tổng quát đạt giá trị cực đại.

Để khảo sát hàm tổng quát tối ưu, nghiên cứu sử dụng phương pháp chia lưới các miền tính giá trị của hàm số tại các nút lưới và so sánh chúng để tìm ra trị lớn nhất. Các điểm $M(x_1, x_2, \dots, x_k) \in D \subset R^k$, với D là miền đóng, bị chặn trong không gian R^k . Hàm $F = \sum_{i=1}^m a_i f_i(x_1, x_2, \dots, x_k)$ là hàm liên tục trên D đóng và bị chặn, nên sẽ tồn tại giá trị lớn nhất (max) và giá trị nhỏ nhất (min) trên D. Do các hàm f_i được chọn là các hàm khả vi (đối với qui hoạch thực nghiệm thường chọn là các hàm bậc 2) nên hàm F là hàm khả vi trên D.

Do đó điểm làm hàm F có cực trị (lớn nhất hoặc nhỏ nhất) là điểm hoặc sẽ nằm trong tập các điểm tới hạn của F trên D, hoặc nằm trên biên của D.

Điểm tới hạn của F trên D là các điểm trong của D và thỏa mãn hệ phương trình:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x_1} &= 0 \\ \frac{\partial F}{\partial x_2} &= 0 \\ \frac{\partial F}{\partial x_n} &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Như vậy, ngoài việc tìm giá trị hàm F tại các điểm tới hạn trong D ta cần tìm trị lớn nhất (nhỏ nhất) của F trên biên của D , sau đó so sánh chúng để tìm ra trị $\max_{X \in D}(F(X))$ hoặc $\min_{X \in D}(F(X))$.

3.4.2. Kết quả giải bài toán tối ưu theo phương pháp hàm tỷ lệ tối ưu tổng quát

- Xác định giá trị cực đại của từng hàm mục tiêu: Bằng phương pháp chia lưới miền D [$\beta_1(65,75)$; $\beta_2(105,115)$; $r(22,26)$; $Z(20,24)$], tính giá trị của hàm số tại các nút lưới và so sánh chúng để tìm ra trị lớn nhất. Bằng việc chia lưới miền khảo sát thành 10^4 điểm, đã xác định được giá trị cực trị của các hàm như sau:

- Hàm áp lực không khí phun có giá trị cực đại $P_{\max} = 25,6N$ tại: $\beta_1 = 68,9$; $\beta_2 = 110$;
 $r = 24,2$; $Z = 22,8$.

- Hàm tốc độ gió phun có giá trị cực đại $V_{\max} = 73,85m/s$ tại: $\beta_1 = 69,3$; $\beta_2 = 110$;
 $r = 24,2$; $Z = 23$.

Do số cánh quạt phải là số tự nhiên nên so sánh giá trị hàm ϕ tại hai điểm:

$\beta_1 = 68,9$; $\beta_2 = 110$;
 $r = 24,2$; $Z = 22$ có $\phi = 1,9960$
và $\beta_1 = 69,3$; $\beta_2 = 110$; $r = 24,2$;
 $Z = 23$ có $\phi = 1,9757$

Như vậy giá trị tối ưu của một số thông số của máy chữa cháy rừng bằng sức gió là:

- Góc lắp ráp đầu vào của cánh quạt gió $\beta_1 = 68,9$ độ;

- Góc lắp ráp đầu ra của cánh quạt gió $\beta_2 = 110$ độ;

- Bán kính cong cánh quạt gió $r = 24,2$ mm;

- Số cánh của quạt gió $Z = 22$ cánh.

Các thông số trên là căn cứ khoa học để hoàn thiện máy chữa cháy rừng bằng sức gió sản phẩm của đề tài cấp Nhà nước KC07.13/06-10.

4. KẾT LUẬN

- Để đánh giá hiệu quả dập lửa của máy chữa cháy rừng bằng sức gió nghiên cứu này tập trung vào hai hàm mục tiêu là áp lực dòng khí (P) và vận tốc dòng khí phun vào đám cháy (V) đạt giá trị cực đại. Bốn tham số được xác định có ảnh hưởng rõ rệt nhất tới hai hàm mục tiêu trên bao gồm: góc lắp ráp đầu vào cánh quạt β_1 ,

góc lắp ráp đầu ra cánh quạt β_2 , số cánh quạt Z , bán kính cong của cánh quạt r .

- Nghiên cứu đã xây dựng được ma trận thực nghiệm theo kế hoạch Boks-Benken trong miền siêu cầu với 4 tham số ảnh hưởng chính trên, từ đó lập được hàm hồi quy đối với áp lực và vận tốc dòng khí của máy chữa cháy, phương trình (2) và (9).

- Kết quả giải bài toán tối ưu theo phương pháp hàm tỷ lệ tối ưu tổng quát đã xác định được các tham số tối ưu như sau: Góc lắp ráp đầu vào của cánh quạt gió ly tâm cao áp $\beta_1 = 68,9$ độ; góc lắp ráp đầu ra của cánh quạt $\beta_2 = 110$ độ; bán kính cong cánh quạt gió $r = 24,2$ mm; số cánh của quạt gió cao áp $Z = 22$ cánh. Các thông số trên là căn cứ khoa học để hoàn thiện máy chữa cháy rừng bằng sức gió sản phẩm của đề tài cấp Nhà nước KC07.13/06-10.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Công Huỳnh (1995). Phương pháp nghiên cứu khoa học phân nghiên cứu thực nghiệm. NXB Nông nghiệp. Hà Nội.
[2]. Phạm Văn Lang & Bạch Quốc Khang (1998). Cơ sở lý thuyết quy hoạch thực nghiệm và ứng dụng trong kỹ thuật nông nghiệp. NXB Nông nghiệp. Hà Nội.
[3]. Giang Quốc Nam, Phạm Văn Tinh, Trần Văn Tường & Hoàng Hà (2022). Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số kết cấu cánh quạt tới vận tốc và áp lực dòng khí máy chữa cháy rừng bằng sức gió. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. 7: 91-100.
[4]. Dương Văn Tài (2010). Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng. Đề tài trọng điểm cấp nhà nước mã số KC07.13/06-10.
[5]. Lê Văn Tiến (2011). Giáo trình lý thuyết xác suất và thống kê toán học. NXB Khoa học kỹ thuật.
[6]. Selvaraj T., Hariharasakthisudhan P., Pandiaraj S., Sathickbasha K. & Mohamed Aslam Noorani A. B. (2020). Optimizing the design parameters of radial tip centrifugal blower for dust test chamber application through numerical and statistical analysis. FME Transactions. 48(1): 236-245.
[7]. Pan Guoqing & Zhou Yongzhao (1990). Experimental investigation on improvement of the extinguishing performance of fire extinguishing blower. Journal of Nanjing Forestry University, Vol.14(3): 71-76.
[8]. Sheng Dade (1988). Development and test of MBH29 multi-purpose wind fire extinguisher. Forestry Machinery. Vol. (03): 2-6.

APPLICATION OF EXPERIMENTAL PLANNING TO DETERMINE THE OPTIMAL VALUE OF SOME PARAMETERS OF WIND-POWERED FOREST FIREFIGHTING MACHINE

Pham Van Tinh¹, Tran Van Tuong¹, Giang Quoc Nam²

¹*Vietnam National University of Forestry*

²*Hoabinh Technical and Economic College*

ABSTRACT

The wind-powered forest fire fighting machine in this study is the product of the state-level project KC07.13/06-10. The most important part of the machine is the propeller, which has complicated working conditions and is influenced by many parameters. Only a theoretical studies to calculate optimal values of these parameters will not reflect all, but a purely experimental study would be very costly. This paper introduces the experimental planning method to determine some optimal parameters of the wind blades. The results of the experimental planning study have determined the optimal values of the influencing parameters: The input assembly angle of the blower $\beta_1 = 68.9$ degrees; outlet assembly angle of blower $\beta_2 = 110$ degrees; the radius of curvature of wind vane $r = 24.2$ mm; the number of blades $Z = 22$. These values are the scientific basis for perfecting the wind-powered forest firefighting machine.

Keywords: air flow pressure, air flow velocity, experimental planning, multi-objective optimization, wind-powered forest firefighting machine.

Ngày nhận bài : 13/12/2022

Ngày phản biện : 16/01/2023

Ngày quyết định đăng : 30/01/2023