

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ THỰC NGHIỆM TAGUCHI ĐỂ ĐÁNH GIÁ ĐỘ BỀN RĂNG CẮT MÁY KHẤU THAN DÙNG TRONG KHAI THÁC THAN HÀM LÒ VÙNG QUẢNG NINH

## STUDY ON THE APPLICATION OF TAGUCHI EXPERIMENTAL DESIGN METHOD TO EVALUATE THE CARBURETTOR SHEAR STRENGTH USED IN COAL MINING IN QUANG NINH

ThS. Phạm Văn Tiên<sup>1</sup>, PGS, TS. Đinh Văn Chiên<sup>2</sup>, Nguyễn Khắc Lĩnh<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>3</sup>Trường Đại học Mở Saint-Petersburg

### TÓM TẮT

Răng cắt của máy khâu than là chi tiết quan trọng và thường xuyên hỏng hóc trong quá trình làm việc của máy. Nghiên cứu thực nghiệm để đánh giá độ bền nhằm nâng cao tuổi thọ của răng cắt là một công việc quan trọng, phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: áp lực mỏ, độ kiên cố của đất đá mỏ, hình dạng và kích thước của răng cắt, tang khâu; tốc độ quay của tang khâu và tốc độ di chuyển của máy khâu. Trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả nghiên cứu áp dụng phương pháp thực nghiệm Taguchi để xác định số lần thí nghiệm theo hướng giảm thiểu và mức độ ảnh hưởng của từng thông số kết cấu, thông số công nghệ trong quá trình làm việc của răng đến độ bền răng cắt máy khâu than. Ảnh hưởng của mỗi thông số được đánh giá dựa trên tỷ số tín hiệu/nhiều (S/N): Độ bền trên răng được phân tích theo tiêu chí nhỏ hơn thì tốt hơn. Tạo cơ sở khoa học cho việc ứng dụng phương pháp thực nghiệm Taguchi để xác định được chế độ cắt và các thông số hợp lý của răng cắt với những chế độ công nghệ khác nhau.

**Từ khóa:** Than; máy khâu than; răng cắt tiếp tuyến; mài mòn; Taguchi; thiết kế thực nghiệm.

### ABSTRACT

The cutter of the charger are the most important and frequently damaged parts of the machine. Experimental research to evaluate the durability to improve the life of cutter is an important task, depending on many factors such as: mine pressure, rock solids, shape and size of cutter; the rotational speed of the stage and the speed of the moving machine. In this article, the author presents the results of research using the Taguchi experimental design method to determine the number of experiments in the direction of minimizing and the influence of each structural parameter and technological parameter in the process. The effect of each parameter is evaluated based on the signal-to-noise ratio (S/N): the durability of cutter is analyzed according to the smaller criterion. Creates a scientific basis for the application of the Taguchi experimental design method to determine the cutting mode and rational parameters of cutter with different technology mode.

**Keywords:** Coal; shearer; tangent cutting edge; worn out; Taguchi; experimental design. ☞

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo quy hoạch phát triển ngành Than Việt Nam, đến năm 2020, sản lượng khai thác hàng năm dự kiến đạt  $66 \div 70$  triệu tấn, năm 2030 đạt trên 75 triệu tấn, chủ yếu từ khai thác hầm lò [1]. Để đạt được mục tiêu tăng sản lượng và giảm nặng nhọc cho công nhân cần thiết phải tiến hành cơ giới hóa khai thác than hầm lò. Hiện nay, một số mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh đã và đang áp dụng cơ giới hóa khai thác than bằng máy khâu liên hợp, tuy nhiên việc đánh giá tuổi thọ của răng cắt máy khâu và một số bộ phận của máy chưa được quan tâm nghiên cứu cũng như hiệu quả của việc áp dụng cơ giới hóa. Trong khi đó, số răng cắt tiêu hao để thay thế tương đối nhiều, là một trong số nguyên nhân dẫn đến tăng giá thành sản xuất than [2-4]. Răng cắt là quá trình phức tạp, nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như đã nói ở trên và có thể chia làm 2 nhóm: Yếu tố khách quan bao gồm các thông số kỹ thuật và tính chất của vỉa than (chiều dài, chiều dày, chiều rộng khâu, cường độ kháng cắt trung bình (than và đất đá kẹp), độ ẩm trong vỉa v.v.); yếu tố chủ quan bao gồm các thông số kỹ thuật trong đó đặc biệt chú ý đến [5] (chiều sâu cắt, khoảng cách của hai đường cắt cạnh nhau, góc cắt và vận tốc cắt của răng cắt). Vì vậy việc nghiên cứu lựa chọn phương pháp thí nghiệm đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của răng cắt của máy khâu trong các mỏ than hầm lò Việt Nam là cấp thiết.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Giới thiệu phương pháp Taguchi

TS.Taguchi (Nhật Bản) là người đặt nền móng cho phương pháp thiết kế chắc chắn (Robust Design), cũng là người đề ra phương pháp thực nghiệm mang tên ông. Mục tiêu

phương pháp Taguchi là thiết kế một quá trình/sản phẩm ít chịu ảnh hưởng bởi những yếu tố gây ra sự sai lệch về chất lượng. Mục đích là điều chỉnh các thông số đến mức tối ưu để quá trình/sản phẩm ổn định ở mức chất lượng tốt nhất. Phương pháp Taguchi sử dụng các dãy trực giao trong quy hoạch thực nghiệm. Do đó, phương pháp này cho phép sử dụng tối thiểu các thí nghiệm cần thiết để để nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số lên một đặc tính được lựa chọn nào đó của một quá trình/sản phẩm từ đó nhanh chóng điều chỉnh các thông số tiến đến tối ưu nhanh nhất [6].

Như vậy, có thể sử dụng phương pháp Taguchi để tìm tổ hợp các thông số của răng cắt hợp lý với tính chất của vật liệu cắt.

Phương pháp Taguchi sử dụng tỷ số tín hiệu/nhiều (signal-to-noise) S/N được chuyển đổi từ hàm số mất mát  $L = k(y-m)^2$ , trong đó L là mất mát do sai lệch giá trị đặc tính y nhận được so với giá trị đặc tính m mong muốn, k là hằng số.

Phương pháp thực nghiệm Taguchi do không sử dụng toàn bộ các tổ hợp thí nghiệm nên không đưa ra được một con số chính xác về ảnh hưởng của một thông số đầu vào nào đó đến kết quả đầu ra mà chỉ mang tính chất định hướng. Mặc dù vậy, bằng việc đánh giá qua tỷ số S/N giúp những nhà công nghệ biết xu hướng và mức độ ảnh hưởng của từng thông số công nghệ đến kết quả đầu ra. Từ các nhận biết này sẽ giúp các nhà nghiên cứu nhanh chóng tìm ra các thông số công nghệ và phạm vi cần tác động để nhận được hiệu quả đầu ra tốt nhất. Trên cơ sở đánh giá ảnh hưởng riêng lẻ các thông số có thể tìm ra được tổ hợp các thông số công nghệ tối ưu cho kết quả đặc tính đầu ra mong muốn.

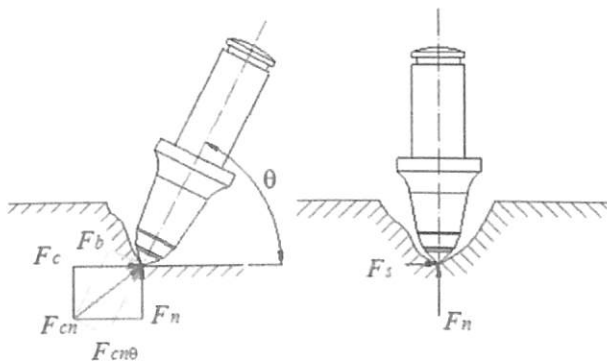
Nhiều nghiên cứu và ứng dụng từ những năm 1970 đã chỉ ra rằng phương pháp Taguchi có thể sử dụng cho nghiên cứu hàn lâm, cũng như cho những ứng dụng trong sản xuất, và đặc biệt phù hợp cho những người có hiểu biết hạn chế về thống kê [7].

**2.2. Thiết lập các thông số thí nghiệm**

Có thể nói rằng, độ bền của răng cắt được xác định thông qua lực cắt trên răng cắt. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng khi lực cắt tăng lên thì tốc độ mài mòn hay gãy răng do quá tải cũng tăng. Vì vậy, việc nghiên cứu đánh giá độ bền của răng cắt khi thay đổi các thông số của răng được xem là đánh giá sự thay đổi của lực cắt. Nghĩa là lực cắt càng nhỏ thì độ bền răng cắt càng tăng lên. Các lực cắt trong quá trình thí nghiệm được ghi lại bởi một lực kế ba trục. Trong nghiên cứu này, chỉ có các thành phần lực  $F_c$  và  $F_n$  (lực cắt và nén) được sử dụng cho các phân tích hiệu suất cắt vì độ lớn của lực bên sườn  $F_s$  thường không đáng kể so với lực cắt và nén (Hình 1) [8].

Lực uốn trên răng cắt có thể được xác định thông qua công thức sau:

$$F_b = |F_c \sin \theta_d - F_n \cos \theta_d|$$



Hình 1. Sơ đồ làm việc của răng khâu trong via than

Để tiến hành thực nghiệm chúng ta cần thiết lập các thông số đầu vào ở đây, ví dụ chọn mẫu cắt là cát kết có các thông số xác định.

Bảng 1. Thuộc tính của cát kết:

Trọng lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	Cường độ nén một trục (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Mô đun đàn hồi (GPa)	Hệ số Poisson
2.28	57	5.8	25.5	0.15

Khi đó các thông số chính ảnh hưởng đến độ bền của răng hay lực tác dụng lên răng cắt bao gồm các yếu tố chính sau: chiều sâu cắt, góc cắt, khoảng cách giữa các đường cắt và tốc độ cắt. Những thông số này được lựa chọn như các biến đầu vào của thí nghiệm. Với 5 mức độ và 4 yếu tố L25 mảng trực giao được sử dụng để thiết kế các thí nghiệm cắt. Cách bố trí thí nghiệm cho các thông số cắt sử dụng mảng trực giao L25 Taguchi được thể hiện trong Bảng 2. Bằng các thao tác của ma trận thiết kế trực giao của Taguchi, các thí nghiệm cần thiết đã giảm từ 625 (5<sup>4</sup>) xuống 25, trong đó giảm đáng kể chi phí, thời gian và công sức thực hiện.

Cần lưu ý rằng các đường cắt gần mép đá nên được loại bỏ khỏi phân tích vì các xét nghiệm này có thể cho các lực và khối lượng đá phá vỡ không đáng tin cậy. Lực cắt tối đa không được vượt quá công suất của lực kế.

Bảng 2. Các thông số và giá trị đầu vào:

Ký hiệu	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị theo mức độ của các yếu tố				
				1	2	3	4	5
A	Góc cắt	$\theta_A$	Độ	45	50	55	60	65
B	Chiều sâu cắt	h	mm	6	9	12	15	18
C	Bước cắt	s	mm	24	36	48	60	72
D	Vận tốc cắt	v	m/s	0.5	1	1.5	2	2.5

Bảng 3. Thiết kế thử nghiệm với mảng trực giao L25 của Taguchi:

Số lần thực nghiệm	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	1	4	4	4
5	1	5	5	5
6	2	1	2	3
7	2	2	3	4
8	2	3	4	5
9	2	4	5	1
10	2	5	1	2
11	3	1	3	5
12	3	2	4	1
13	3	3	5	2
14	3	4	1	3
15	3	5	2	4
16	4	1	4	2
17	4	2	5	3
18	4	3	1	4
19	4	4	2	5
20	4	5	3	1
21	5	1	5	4
22	5	2	1	5
23	5	3	2	1
24	5	4	3	2
25	5	5	4	3

Lực cắt trung bình ( $F_c$ ), phản phản lực trung bình ( $F_n$ ) và lực uốn ( $F_u$ ) được xem là các kết quả phân tích hiệu suất cắt [9]. Các kết quả thu được từ các thí nghiệm cắt đá được thể hiện trong Bảng 4. Trong phương pháp Taguchi, hàm tổn thất được chuyển đổi thành các tỷ lệ tín hiệu thành nhiễu (S/N) được sử dụng để đo đặc tính chất lượng lệch khỏi các giá trị mong muốn. Có ba loại đặc điểm tỷ lệ S/N (SN) để tối ưu hóa các kết quả đầu ra: Định mức-tốt nhất, lớn hơn-tốt hơn và nhỏ hơn-tốt hơn. Các tính toán của các tỷ lệ S/N này được đưa ra trong các phương trình sau:

- Nếu giá trị đặc tính  $y_i$  cần đạt “Định mức tốt nhất” thì:

$$S/N = 10 \log \left[ \frac{-2}{S^2} y \right] \quad (1)$$

- Nếu giá trị đặc tính  $y_i$  cần đạt “Lớn hơn tốt hơn” thì:

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

- Nếu giá trị đặc tính  $y_i$  cần đạt “Nhỏ hơn tốt hơn” thì:

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (3)$$

Trong đó  $n$ ,  $S$ ,  $\bar{y}$  lần lượt là số thí nghiệm, độ lệch chuẩn và giá trị trung bình của kết quả thử nghiệm quan sát được,  $S^2$  biến thiên của  $y$ . Vì các giá trị thấp hơn của lực cắt trung bình, lực uốn thường trung bình và lực uốn có thể được ưu tiên trong quá trình cắt, đặc tính chất lượng  $y_i$  cần đạt càng nhỏ càng tốt được ưu tiên trong nghiên cứu này. Vì vậy, tỷ lệ S/N tính bằng phương trình (3) và được đưa ra như Bảng 4.

Bảng 4. Các lực và tỷ lệ S/N tương ứng:

Số lần làm thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm		Kết quả thí nghiệm		Kết quả thí nghiệm	
	$F_c$ (kN)	S/N (dB)	$F_n$ (kN)	S/N (dB)	$F_u$ (kN)	S/N (dB)
1	2.66	-8.508	3.20	-10.105	0.38	8.401
2	4.58	-13.209	6.27	-15.944	1.20	-1.563
3	6.32	-16.020	9.69	-19.722	2.38	-7.520
4	8.88	-18.964	14.45	-23.196	3.94	-11.909
5	11.35	-21.098	19.09	-25.618	5.48	-14.773
6	3.41	-10.651	5.08	-14.121	0.66	3.667
7	5.70	-15.113	10.01	-20.009	2.07	-6.320
8	7.03	-16.939	12.58	-21.996	2.70	-8.639
9	7.20	-17.144	8.50	-18.588	0.83	1.637
10	5.76	-15.206	6.46	-16.201	0.26	11.693
11	3.05	-9.687	4.63	-13.321	0.16	15.922
12	3.36	-10.540	3.39	-10.603	0.81	1.806
13	5.25	-14.402	5.83	-15.310	0.96	0.377
14	4.78	-13.581	5.58	-14.935	0.71	2.964

15	7.12	-17.050	8.63	-18.721	0.88	1.087
16	2.20	-6.837	2.41	-7.643	0.70	3.130
17	3.59	-11.092	4.29	-12.641	0.96	0.331
18	3.47	-10.798	3.73	-11.424	1.14	-1.133
19	6.13	-15.747	7.20	-17.142	1.71	-4.657
20	6.31	-15.995	5.69	-15.109	2.61	-8.345
21	3.03	-9.617	3.56	-11.027	1.24	-1.854
22	3.51	-10.899	4.13	-12.326	1.43	-3.117
23	4.50	-13.061	3.96	-11.950	2.40	-7.618
24	7.47	-17.464	7.08	-16.999	3.78	-11.543
25	8.90	-18.989	8.40	-18.485	4.52	-13.098

**2.3. Xác định các điều kiện cắt tối ưu**

Tỷ lệ S/N trung bình của từng yếu tố quy trình ở các mức thử nghiệm khác nhau được lấy bằng cách lấy trung bình tỷ lệ S/N ở các mức tương ứng. Ví dụ, tỷ lệ S/N trung bình cho góc cắt ở mức 1 được xác định bằng cách lấy trung bình tỷ lệ S/N cho các thử nghiệm 1-5 trong Bảng 4. Tỷ lệ S/N trung bình cho chiều sâu cắt ở mức 1 được tính bằng cách lấy trung bình các chỉ số S/N cho các lần thí nghiệm 1, 6, 11, 16 và 21. Tỷ lệ S/N trung bình cho các yếu tố quy trình khác ở các mức khác nhau được tính theo cách tương tự. Tất cả các tỷ lệ S/N trung bình này đưa ra các giá trị tương ứng S/N, như trong Bảng 4. Bảng 5, 6, 7 cho thấy các giá trị tương ứng S/N cho lực cắt trung bình, phản lực trung bình và lực uốn tương ứng.

*Bảng 5. Bảng phản hồi S/N cho lực cắt trung bình:*

Ký hiệu viết tắt	Thông số	Tỷ lệ S/N trung bình (dB)					
		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Max-Min
A	Góc cắt	-15.560	-15.011	-13.052	-12.094	-14.006	3.466
B	Chiều sâu cắt	-9.060	-12.171	-14.244	-16.580	-17.667	8.607
C	Bước cắt	-11.798	-13.944	-14.856	-14.453	-14.671	3.057
D	Vận tốc cắt	-13.049	-13.424	-14.067	-14.308	-14.874	1.825

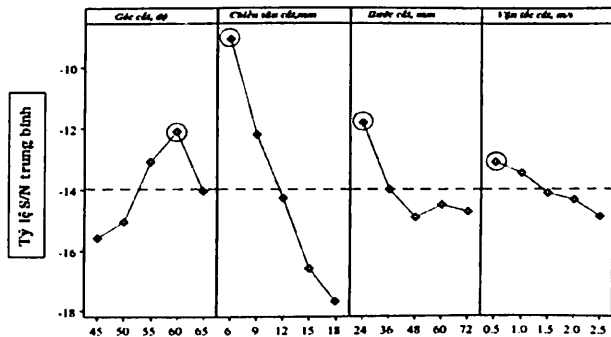
*Bảng 6. Bảng đáp ứng S/N cho phản lực trung bình:*

Ký hiệu viết tắt	Thông số	Tỷ lệ S/N trung bình (dB)					
		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Max-Min
A	Góc cắt	-18.92	-18.18	-14.58	-12.79	-14.16	6.13
B	Chiều sâu cắt	-11.24	-14.30	-16.08	-18.17	-18.83	7.58
C	Bước cắt	-13.00	-15.58	-17.03	-16.38	-16.64	4.03
D	Vận tốc cắt	-13.27	-14.42	-14.067	-16.88	-18.08	4.80

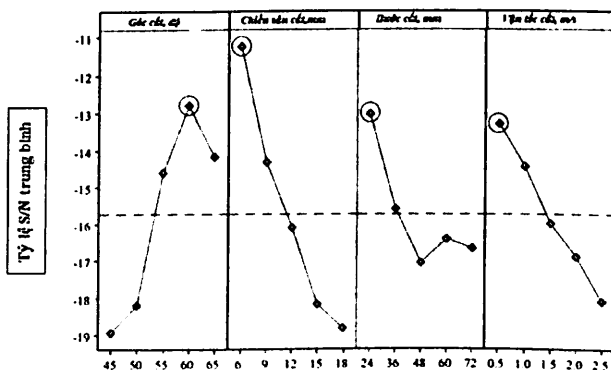
Bảng 7. Bảng đáp ứng S/N cho lực uốn trung bình:

Ký hiệu viết tắt	Thông số	Tỉ lệ S/N trung bình (dB)					
		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Max-Min
A	Góc cắt	-5.473	0.401	4.431	-2.135	-7.446	11.877
B	Chiều sâu cắt	5.853	-1.773	-4.907	-4.708	-4.687	10.760
C	Bước cắt	3.762	-1.817	-4.907	-5.742	-2.863	9.504
D	Vận tốc cắt	-0.830	0.419	-4.907	-4.026	-3.053	4.445

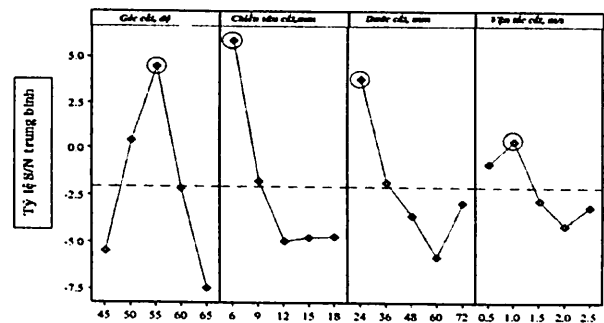
Đặc tính chất lượng của nghiên cứu này là nhỏ hơn-tốt hơn, có nghĩa là độ lớn nhỏ nhất của lực cắt sẽ là trường hợp lý tưởng. Do đó, điều kiện cắt tối ưu của nghiên cứu này nên được lấy với tỷ lệ S/N trung bình tối đa của từng yếu tố quy trình theo phương pháp Taguchi. Mức tối ưu của mỗi tham số có tỷ lệ S/N cao nhất được đánh dấu bằng các vòng tròn màu đỏ trong đồ thị phản ứng S/N (Hình 2, 3, 4).



Hình 2. Biểu đồ tỷ lệ S/N trung bình cho lực cắt trung bình



Hình 3. Biểu đồ tỷ lệ S/N trung bình cho phân lực trung bình



Hình 4. Biểu đồ tỷ lệ S/N trung bình cho lực uốn

Mảng tỷ lệ S/N trung bình cho lực cắt trung bình được thể hiện trong Hình 2. Như có thể thấy trong Hình 2, tỷ lệ S/N cao nhất cho lực cắt trung bình thu được ở góc cắt 60° (mức 4), chiều sâu cắt 6 mm (mức 1), khoảng cách các lát cắt 24 mm (mức 1) và tốc độ cắt 0,5 m/s (mức 1). Do đó, sự kết hợp tham số tối ưu cho lực cắt trung bình là A4B1C1D1.

Tương tự, trong Hình 3, tỷ số S/N cao nhất cho lực bình thường trung bình cũng thu được ở góc tấn công 60° (mức 4), chiều sâu cắt 6 mm (mức 1), khoảng cách cắt 24 mm (mức 1) và tốc độ cắt của 0,5 m/s (mức 1).

Do đó, A4B1C1D1 cũng là sự kết hợp tham số tối ưu cho lực bình thường trung bình. Một lần nữa, trong Hình 4, tỷ số S/N của lực uốn là cao nhất ở góc cắt 55° (mức 3), chiều sâu cắt 6 mm (mức 1), khoảng cách cắt 24 mm (mức 1) và tốc độ cắt 1,0 m/s (mức 2). Do đó,

sự kết hợp tham số tối ưu cho lực uốn trung bình là A3B1C1D2.

### 3. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Khi sử dụng phương pháp thực nghiệm Taguchi sẽ cho thuận lợi: Với số lượng thí nghiệm ít vẫn có thể giúp đánh giá được ảnh hưởng của các thông số và chế độ làm việc của răng cắt như: Góc cắt, độ sâu cắt, khoảng cách và tốc độ đến tuổi bền của răng cắt. Các thử nghiệm được thực hiện trên nền tảng cơ bản của mảng trực giao L25 Taguchi. Các thông số cắt đá được tối ưu hóa để giảm thiểu lực cắt trung bình, lực uốn trung bình nhờ kết quả thu được dựa trên tỷ lệ S/N trung bình. Sự kết hợp tham số để tối ưu lực cắt và các lực nén trung bình là: góc cắt 60°, chiều sâu cắt 6 mm, bước cắt 24 mm, và tốc độ cắt 0,5 m/s; lực uốn trung bình là: góc cắt 55°, chiều sâu cắt 6 mm, bước cắt 24 mm, và tốc độ cắt là 1,0 m/s.

Kết quả thu được từ quy hoạch thực nghiệm Taguchi về cơ bản tương đồng với kết quả bằng các phương pháp của nghiên cứu khác, cụ thể: Chiều sâu lớp cắt và vận tốc cắt càng tăng thì lực cắt càng tăng; Bước cắt tăng thì lực cắt tăng, tuy nhiên nếu bước cắt tăng đến giá trị nào đó thì lực cắt sẽ là hằng số.

Để lựa chọn bộ các thông số công nghệ và chế độ làm việc của răng cắt hợp lý theo tiêu chí tăng tuổi thọ làm việc của răng cắt, cần lựa chọn theo thứ tự ưu tiên: Chiều dày lớp cắt, bước cắt, góc cắt và vận tốc cắt.

Kết quả nghiên cứu có thể tham khảo trong việc tính toán thiết kế, lựa chọn răng cắt của máy khâu làm việc trong điều kiện khắc nghiệt nhưng vẫn thỏa mãn tiêu chí đảm bảo tuổi bền của răng cắt máy khâu dùng trong khai thác hầm lò ở Việt Nam. ❖

Ngày nhận bài: 25/11/2018

Ngày phản biện: 08/12/2018

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Vinacomin: Báo cáo và tham luận tổng kết công tác cơ giới hóa khai thác đào lò 2013÷2015 và định hướng đến 2020, Quảng Ninh, 2016.
- [2]. Peng S.S. Longwall Mining. U.S.: 2<sup>nd</sup> edition, October 2006. -621 p.
- [3]. Позин Е. З., Меламед В. З., Тон В. В. Разрушение угля выемочными машинами. – М.: Недра, 1984. 288 с.
- [4]. Фам Ван Тиен, Нгуен Кхак Линь Анализ влияния горно-геологических условий угольных пластов на ресурс работы поворотных резцов очистных комбайнов // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов, 2018. № 1-2. С 53-55.
- [5]. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. -М.: Недра, 1982. -350 с.
- [6]. //Design of Experiments (DOE) Using the Taguchi Approach, [www.nutek-us.com/DOE\\_topicOverviews35Pg.pdf](http://www.nutek-us.com/DOE_topicOverviews35Pg.pdf).
- [7]. S. Phadke Quality Engineering Using Robust Design // PTR Printice - Hall, Inc., 1989.
- [8]. Wen Shao A study of rock cutting with point attack picks. Bachelor of Engineering // Queensland, Australia, 2016. 88-89.
- [9]. Daolong Yang, Jianping Li, Liping Wang, Kuidong Gao, Youhong Tang, Yanxiang Wang Experimental and theoretical design for decreasing wear in conical picks in rotation-drilling cutting process // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014 p 12.