

# TỔNG QUAN VỀ HỆ SỐ SỨC CẢN MA SÁT CỦA CÁC LOẠI ĐƯỜNG LÒ TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM

Đào Văn Chi<sup>1</sup>, Phạm Đức Hưng<sup>1\*</sup>, Đỗ Anh Sơn<sup>1</sup>  
Phạm Tú Phương<sup>2</sup>, Đàm Huy Tài<sup>2</sup>, Nguyễn Minh Đức<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>2</sup>Công ty Cổ phần Tư vấn đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin

<sup>3</sup>Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương

## TÓM TẮT

Không khí chuyển động trong các đường lò ở mỏ than hay mỏ quặng hầm lò, dưới tác động của sức hút tự nhiên hoặc quạt gió mỏ, đều gặp ba loại sức cản: (1) sức cản ma sát; (2) sức cản của vật chắn; (3) sức cản cục bộ. Các sức cản này làm tổn hao năng lượng của dòng không khí ở những mức độ khác nhau, trong đó sức cản ma sát thường đóng vai trò lớn nhất làm tiêu hao năng lượng của dòng chảy. Hệ số sức cản ma sát thường được ký hiệu là  $\alpha$  đóng vai trò quyết định đến sức cản của ma sát. Ở Việt Nam, trong tính toán thông gió mỏ, chúng ta thường tham khảo hệ số sức cản ma sát theo tài liệu của nước ngoài. Vì vậy, nghiên cứu về hệ số sức cản ma sát của các loại đường lò trên thế giới và ở Việt Nam là rất cần thiết, đồng thời là cơ sở để xác định hệ số sức cản ma sát các loại đường lò trong các mỏ than hầm lò thuộc TKV vùng Quảng Ninh.

**Từ khóa:** sức cản đường lò; sức cản ma sát; sức cản vật chắn; sức cản cục bộ

## 1. Tổng quan về các loại sức cản của đường lò và ảnh hưởng của mỏ đến dòng chuyển động của không khí ở mỏ hầm lò

Việc cung cấp gió sạch vào mỏ hầm lò và các khu vực sản xuất, đồng thời đưa gió bẩn ra khỏi mỏ được gọi chung là công tác thông gió mỏ hầm lò. Hệ thống bao gồm quạt gió, mạng lưới đường lò, ống gió, nơi các luồng gió sạch và gió bẩn lưu thông, cùng với các công gió và cửa điều tiết gió, được gọi là hệ thống thông gió mỏ.

Gió sạch được đưa vào mỏ từ các cửa lò, theo các đường lò khai thông và lò chuẩn bị chính để phân phối đến các khu vực sản xuất và hầm trạm trong mỏ. Gió bẩn mang theo khí  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  và các khí độc sau nổ mìn theo các đường lò thông gió và thoát ra ngoài bầu khí quyển qua các cửa lò thông gió. Sơ đồ nguyên lý hệ thống thông gió mỏ hầm lò được trình bày trong Hình 1. Khái quát về công tác thông gió mỏ hầm lò trên thế giới và trong nước cho thấy, có thể tổng hợp các loại sức cản của đường lò trong hệ thống thông gió mỏ như sau:

### *Sức cản ma sát*

Sức cản ma sát của đường lò là tổng hợp của các lực ma sát tiếp xúc giữa lưu lượng gió với thành lò (vật liệu chống: vì chống cứng, bê tông, neo...), thiết bị vận tải, thiết bị đào lò và khai thác... Do lực ma sát các vòng xoáy được hình thành giữa các vì chống, thành lò và luồng gió gây cản trở chuyển động của tốc độ gió. Các vùng xoáy sẽ làm tiêu hao năng lượng của luồng gió thành nhiệt.

### *Sức cản của vật chắn*

Sức cản do một vật thể gây ra (như xà ngang trong giềng, cột chống trong lò chợ dài, toa goòng trong đường lò...) đối với dòng không khí chuyển động được gọi là sức cản của vật chắn. Sức cản này bao gồm hai thành phần: sức cản ma sát và sức cản hình dạng.

Sức cản hình dạng phát sinh do hiện tượng dòng không khí bị phá vỡ khi gặp bề mặt vật thể, đồng thời hình thành các dòng xoáy mạnh xung quanh vật thể. Đối với các vật thể không có hình dạng khí động học, giá trị sức cản ma sát thường rất nhỏ so với tổng sức cản của vật chắn.

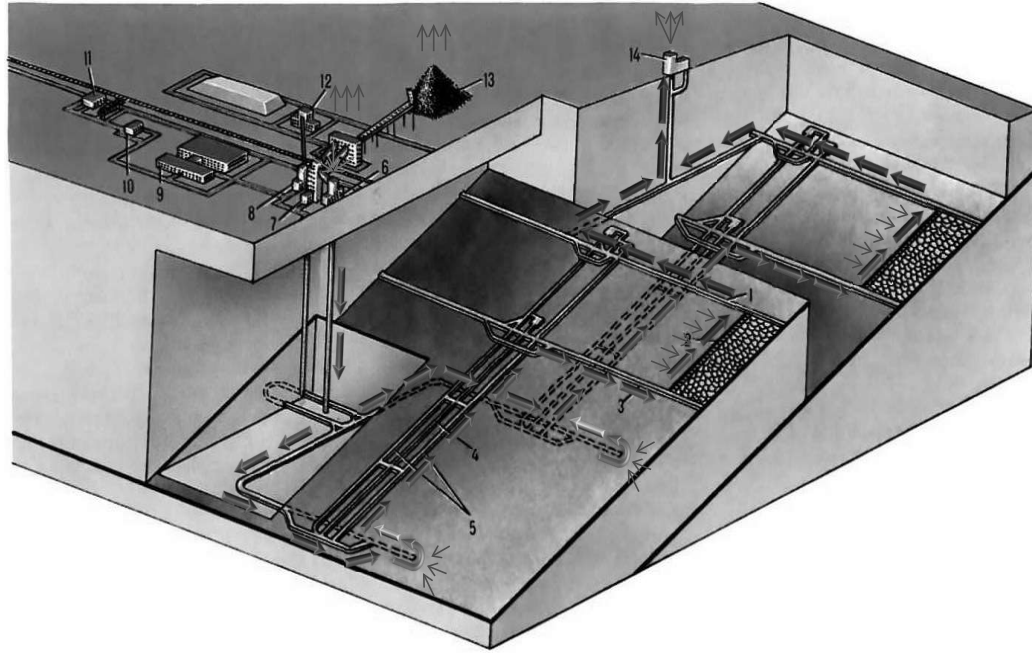
### *Sức cản cục bộ*

Trong mạng thông gió mỏ, ngoài tổn thất áp suất để khắc phục sức cản ma sát dọc theo hành trình chuyển động của dòng không khí, còn phải vượt qua sức cản do vật chắn và sức cản cục bộ phát sinh từ

\*Tác giả liên hệ

Email: phamduchung@humg.edu.vn

các điều kiện hình học và tổ chức mạng lưới đường lò. Sức cản cục bộ trong đường lò xuất hiện tại các vị trí như đột mở, đột thu, chỗ rẽ dòng, hợp lưu và phân lưu dòng khí. Các vị trí như cửa sổ gió, rãnh gió, ngã ba, ngã tư và cầu gió... là những khu vực điển hình gây ra sức cản cục bộ. Tại các vị trí này, dòng không khí bị thay đổi đột ngột về vận tốc và hướng chuyển động, dẫn đến sự hình thành các vùng xoáy cục bộ. Các dòng xoáy này làm tiêu hao năng lượng của dòng khí và chuyển hóa một phần năng lượng thành nhiệt, làm tăng nhiệt độ của không khí trong đường lò.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống thông gió mỏ hầm lò

1 - Lò DV thông gió; 2 - Lò chợ; 3 - Lò DV vận tải; 4, 5 - Các đường lò chính; 6, 7, 8 - Hệ thống giếng khai thông chính của mỏ; 9, 10, 11, 12 - Các phân xưởng phụ trợ; 13 - Phân xưởng sàng tuyển và lưu kho than; 14 - Giếng thông gió mỏ hầm lò

## 2. Tổng quan về mối liên hệ của sức cản ma sát và hệ số sức cản ma sát

Không khí chuyển động trong các đường lò ở mọi vị trí đều gặp sức cản ma sát. Đây là loại sức cản gây ra sự tổn thất năng lượng chủ yếu và lớn nhất của dòng không khí khi chuyển động trong đường lò. Trong tính toán thông gió mỏ, mối liên hệ của sức cản ma sát và hệ số sức cản ma sát theo định luật Kirchoff 2 được thể hiện như sau:

Hạ áp gây ra bởi sức cản ma sát của đường lò  $h_{ms}$  được xác định theo công thức (trường hợp phổ biến do không khí chuyển động rối):

$$h_{ms} = R_{ms} \cdot Q^2, \text{ (kG/m}^2\text{)} \quad (2-1)$$

Trong đó:

$R_{ms}$ : Sức cản ma sát, (kμ);

Q: Lưu lượng, m<sup>3</sup>/s;

$R_{ms} = \alpha \cdot \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}$  (kμ);

$\alpha$ : Hệ số sức cản khí động của đường lò, kG.s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>;

P: Chu vi đường lò, m;

L: Chiều dài đường lò, m;

S: Tiết diện đường lò, m<sup>2</sup>.

Như vậy, ở một đoạn đường lò có chiều dài nhất định và có vỏ chống ở mọi vị trí giống nhau, chu vi và tiết diện đường lò không thay đổi thì sức cản ma sát của đường lò chỉ còn phụ thuộc vào hệ số sức cản của ma sát.

Mặt khác, hệ số sức cản ma sát phụ thuộc vào  $\beta$  là hệ số không thứ nguyên, phụ thuộc vào mức độ và kiểu gồ ghề của tường đường lò hay phụ thuộc vào độ nhám của tường đường lò. Đồng thời, hệ số sức cản ma sát cũng phụ thuộc vào khối lượng riêng của không khí và gia tốc của trọng trường. Thực tế trên cho thấy, hệ số sức cản ma sát có quyết định rất lớn đến sức cản ma sát.

### 3. Tổng quan về hệ số sức cản ma sát của các loại đường lò mỏ than hầm lò trên thế giới

Hệ số sức cản ma sát ( $\alpha$ ) của các loại đường lò được xác định ở Liên Xô cũ như các trường hợp dưới đây (K.3. Ушаков и др, 1986; K.3. Ушаков и др, 1971; K.3. Ушаков и др, 1975).

- *Đối với các đường lò không chống*: Độ phẳng của tường các đường lò có thể khác nhau và nhìn chung phụ thuộc vào đặc tính tự nhiên của đất đá trong các mỏ than hầm lò mà đường lò đào qua. Giá trị các hệ số này được xác định nhờ chỉ số đo ở một số mỏ than của Liên Xô cũ, với  $\alpha = (6 \div 15) \cdot 10^{-4}$

- *Đối với các đường lò chống bằng bê tông gạch đông bán, gạch*: Đối với các đường lò (kể cả các giếng không phân chia ra các khoang) thuộc loại vỏ chống này, hệ số sức cản ma sát có giá trị  $\alpha = (4 \div 5) \cdot 10^{-4}$

- *Đối với các đường lò chống bằng gỗ*: Hệ số  $\alpha$  của các đường lò chống bằng gỗ chính là cỡ dọc của khung chống.  $\alpha = (2 \div 24) \cdot 10^{-4}$

- *Đối với đường lò được chống bằng khung gỗ không hoàn toàn hoặc bằng vì chống thép hình chữ I*: Hệ số sức cản ma sát  $\alpha = (12 \div 27,7) \cdot 10^{-4}$ , giá trị này hoàn toàn phụ thuộc vào diện tích gương lò và số hiệu thép chữ I sử dụng.

- *Đối với đường lò chống ba phía bằng kết cấu bê tông*: Hệ số sức cản của loại đường lò này được xác định  $\alpha = (7,9 \div 10,7) \cdot 10^{-4}$ , giá trị này hoàn toàn phụ thuộc vào diện tích gương lò và số hiệu thép chữ I sử dụng.

- *Đối với các đường lò được chống bằng vì chống thép SVP*: Tại Việt Nam, các đường lò có tỷ lệ chống bằng vì chống thép SVP tương đối cao do tính linh hoạt của loại vì chống này. Do vậy, việc xác định sức cản ma sát cho loại đường lò này có ý nghĩa rất lớn phục vụ cho công tác tính toán thông gió. Bảng 1 giới thiệu hệ số sức cản ma sát  $\alpha$  đối với các đường lò được chống bằng vì thép.

Bảng 1. Hệ số sức cản ma sát  $\alpha$  đối với các đường lò được chống bằng vì chống thép SVP

Vì chống bằng SVP	Tiết diện thép SVP	Chiều cao tiết diện thép SVP $d_0$ , cm	Diện tích đường lò S, m <sup>2</sup>	Giá trị $\alpha \cdot 10^4$ khi khoảng cách giữa các vì chống l, m		
				0,75	1,0	1,2
14 kg/m	A	7,1	5,5	13,6	13,6	13,6
			6,9	13,4	13,4	13,4
			8,9	13,1	13,1	13,1
			10,8	12,8	12,8	12,8
	B	7,7	5,5	14,1	14,1	14,1
			6,9	13,5	13,5	13,5
			8,9	13,4	13,4	13,4
			10,8	13,1	13,1	13,1
18 kg/m	A	7,7	5,5	14,1	14,1	14,1
			6,9	13,5	13,5	13,5
			8,9	13,4	13,4	13,4
			10,8	13,1	13,1	13,1
	B	8,6	5,5	14,7	14,3	14,3
			6,9	14,3	13,9	13,9
			8,9	13,9	13,6	13,6
			10,8	13,6	13,2	13,2

Vị chống bằng SVP	Tiết diện thép SVP	Chiều cao tiết diện thép SVP $d_0$ , cm	Diện tích đường lò S, m <sup>2</sup>	Giá trị $\alpha \cdot 10^4$ khi khoảng cách giữa các vị chống l, m		
				0,75	1,0	1,2
21 kg/m	A	8,7	5,5	15,2	14,3	14,3
			6,9	14,7	14,1	14,1
			8,9	14,1	13,4	13,4
			10,8	13,9	13,2	13,2
	B	9,4	5,5	15,3	14,9	14,9
			6,9	14,9	14,3	14,3
			8,9	14,5	13,7	13,7
			10,8	14,1	13,6	13,6
28 kg/m	A	11,0	5,5	16,2	15,4	14,9
			6,9	15,5	15,0	14,6
			8,9	15,2	14,7	14,1
			10,8	14,9	14,1	13,5
	B	11,5	5,5	16,6	15,5	15,2
			6,9	16,2	15,2	14,7
			8,9	15,7	14,7	14,7
			10,8	15,8	14,5	14,5

- Đối với các đường lò được chống bằng các khung chống hoàn toàn từ cột chống tròn bê tông cốt thép và các xà thép

Công thức tính toán giá trị  $\alpha$  trong trường hợp này như sau:

$$\alpha \cdot 10^4 = \frac{1}{(0,2+0,2 \cdot l \cdot g \cdot \frac{2S}{P_s \cdot l})^2} \quad (2-2)$$

Trong đó:

S: Diện tích ngang có ích của đường lò, m<sup>2</sup>;

$P_s$ : Chu vi được chống giữ của tiết diện có ích của đường lò, m;

l: Khoảng cách giữa hai vị chống cạnh nhau;  $l = d_0 \cdot \Delta$ , m;

$d_0$ : Chiều cao của các vị thép lòng m;

$\Delta$ : Cỡ dọc của vị chống:  $\Delta = 2 \div 6$

- Đối với các đường lò được chống bằng cột chống bê tông và xà thép

Công thức tính giá trị của hệ số  $\alpha$  là:

$$\alpha \cdot 10^4 = \frac{1}{(0,23+0,098 \cdot l \cdot g \cdot \frac{2S}{P_s \cdot l})^2} \quad (2-3)$$

Ở đây, S và  $P_s$  có ý nghĩa như đã nêu ở công thức (2-3); l là khoảng cách giữa các tâm của vị chống liền kề, m.

- Đối với đường lò được chống bằng bê tông đúc sẵn: Giá trị của hệ số  $\alpha$  trong trường hợp đường lò được chống với khung bê tông cốt thép và các tấm bê tông đa năng được tạo ra từ bê tông đúc sẵn, dao động trong khoảng  $\alpha \cdot 10^4 = 5 \div 23$ ; còn đối với trường hợp được chống bằng các tấm bê tông đúc sẵn loại nhẹ thì  $\alpha \cdot 10^4 = 4 \div 5$ .

- Đối với đường lò được chống bằng khung gỗ không hoàn chỉnh, có cột bích: Hệ số trong trường hợp này là  $\alpha \cdot 10^4 = 35 \div 40$

- Đối với đường lò chống gỗ có cỡ dọc của khung chống  $\Delta = l/d_0$

Trị số khi cỡ dọc  $\Delta = 1$  có giá trị nhỏ nhất,  $A = 5 \div 6$  lớn nhất và tiếp tục tăng  $\Delta$  hệ số  $\alpha$  giảm dần và khi  $\Delta = 10 \div 12$  ổn định.

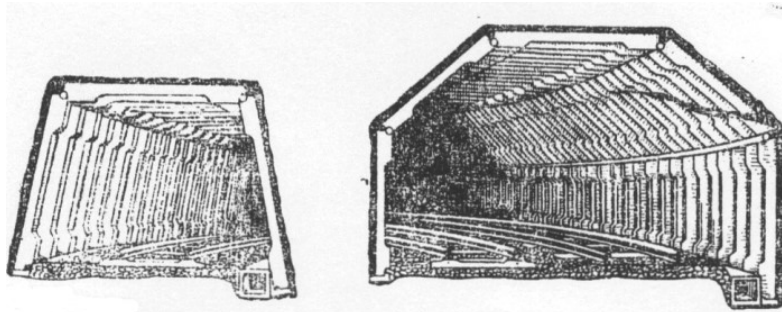
Hệ số sức cản khí động ma sát các đường lò chống giữ bằng khung gỗ có tiết diện tròn khi cỡ dọc  $\Delta = 1 \div 5$ , có thể tính theo công thức:

$$\alpha \cdot 10^4 = \frac{1}{(a+b.l.g.\Delta)^2} \quad (2-4)$$

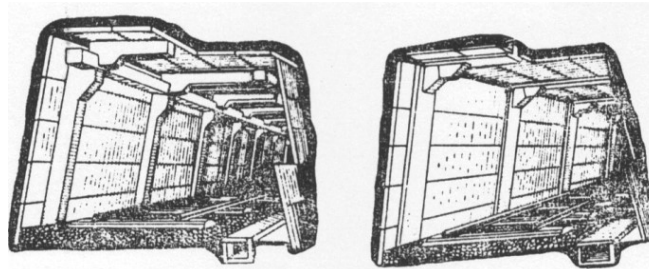
Trong đó: S là diện tích tiết diện đường lò, m<sup>2</sup>.

Từ các số liệu trên, ta có thể tính hệ số sức cản khí động ma sát các đường lò cho cột gỗ tròn theo công thức:

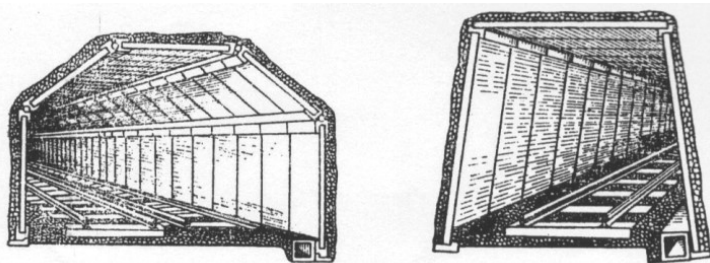
$$\alpha \cdot 10^4 = \frac{1}{(0,11+0,65.l.g.\Delta)^2} \quad (2-5)$$



Hình 2. Đường lò chống bằng các tấm bê tông và khung bê tông cốt thép



Hình 3. Đường lò chống bằng các tấm bê tông đúc sẵn và khung chống bê tông cốt thép



Hình 4. Đường lò chống bằng các tấm bê tông đúc sẵn loại nhẹ

- Đối với các đường lò không chống toàn bộ bằng khung chống cột bê tông tròn và xà thép hình chữ I  
Hệ số sức cản khí động ma sát đường lò  $\alpha$  được tính theo công thức:

$$\alpha \cdot 10^4 = \frac{1}{(0,2+0,2.l.g.\frac{2S}{P_k.l})^2} \quad (2-6)$$

Trong đó:

S: Diện tích tiết diện sử dụng đường lò, m<sup>2</sup>;

$P_k$ : Chu vi trong vì chống, m;

l: Khoảng cách giữa các khung chống, m.

- Đối với các đường lò chống không toàn phần bằng khung chống bê tông tròn, xà thép chữ I

Hệ số sức cản  $\alpha$  được ghi trong Bảng 2.

Bảng 2. Hệ số sức cản  $\alpha$  đối với đường lò

Đường kính cột chống $d_0$ , cm	Giá trị $\alpha \cdot 10^4$ khi cỡ dọc của khung chống $\Delta$					Diện tích tiết diện đường lò, $m^2$	Hệ số điều chỉnh theo tiết diện đường lò K
	2	3	4	5	6		
15	13	15	17	19	21	3	1,08
						4	1,00
						6	0,91
20	15	17	20	22	24	8	0,88
						10	0,84

- Hệ số sức cản khí động ma sát đường lò  $\alpha$  đối với các đường lò chống bằng trụ bê tông cốt thép, xà thép hình chữ I

- Hệ số sức cản khí động ma sát đường lò  $\alpha$  được tính theo công thức sau:

$$\alpha \cdot 10^4 = \frac{1}{(0,23 + 0,098 \cdot l \cdot g \cdot \frac{2S}{P_k \cdot l})^2} \quad (2-7)$$

Trong đó:

S: Diện tích tiết diện sử dụng đường lò,  $m^2$ ;

$P_k$ : Chu vi trong vỉ chống, m.

- Hệ số sức cản khí động ma sát đường lò  $\alpha$  đối với các đường lò chống bằng vỉ chống bê tông cốt thép: Hệ số sức cản khí động ma sát đường lò  $\alpha \cdot 10^4 = 4 \div 5$

- Hệ số sức cản khí động ma sát đường lò  $\alpha$  đối với các đường lò có thiết bị vận tải: Hệ số sức cản khí động ma sát đường lò  $\alpha$  đối với các đường lò có thiết bị vận tải được tính theo công thức sau:

$$\alpha = \frac{m}{S-B} + A \quad (2-8)$$

Trong đó:

S: Diện tích tiết diện đường lò,  $m^2$ ;

A, B và m: Những hệ số rút ra từ thực nghiệm lấy trong Bảng 3.

Bảng 3. Các giá trị của A và B

Loại vận chuyển	Khung chống	A	B	m	Cỡ dọc của khung chống $\Delta = l/d_0$
Băng tải chiều rộng băng 700mm	Bê tông	-18,60	-10,60	693	-
Băng tải chiều rộng băng 900 ÷ 1000 mm	Bê tông	-31,9	-19,7	1480	-
Băng tải chiều rộng băng 700 mm	Khung chống không hoàn toàn bằng sắt chữ I	-9,10	-5,54	475	3
Băng tải chiều rộng băng 700mm	Khung chống không hoàn toàn bằng sắt chữ I	-8,71	-5,05	533	4
	-nt-	-7,61	-0,24	375	3
	-nt-	-8,35	-0,592	465	4
	-nt-	-8,75	-0,475	530	6

Loại vận chuyển	Khung chống	A	B	m	Cỡ dọc của khung chống $\Delta = l/d_0$
Máng cào	-nt-	-1,12	-3,80	190	3
	-nt-	1,93	-2,01	166	4
	-nt-	3,30	-1,52	197	6
Bảng tải chiều rộng băng 700 mm	Khung chống không hoàn toàn bằng gỗ tròn	-5,5	-5,0	360	3
		-4,7	-4,60	398	4
Bảng tải chiều rộng băng 900 ÷ 1000 mm	-nt-	-0,88	0,75	211	3
	-nt-	0,4	0,4	255	4
Máng cào	-nt-	1,32	-2,67	125	3
	-nt-	2,42	-2,29	130	4
	-nt-	2,24	-2,78	165	6

Giá trị  $\alpha$  của đường lò có thiết bị vận tải tính theo công thức trên sẽ lớn hơn nhiều giá trị  $\alpha$  của đường lò khi không đặt thiết bị. Khi chống bằng khung chống sắt chữ V hoặc gỗ tròn có tiết diện  $< 6 \div 5 \text{ m}^2$  có đặt thiết bị vận tải. Hệ số  $\alpha$  sẽ lớn quá mức, do đó không nên đặt thiết bị băng tải trong những đường lò nói trên có tiết diện nhỏ hơn  $5 \text{ m}^2$ .

- Hệ số sức cản khí động  $\alpha$  đối với lò chợ: Hệ số  $\alpha$  của các lò chợ còn ít được nghiên cứu:

+ Hệ số sức cản  $\alpha$  đối với các lò chợ dài không cơ giới hóa:  $\alpha \cdot 10^4 = 30 \div 35$

+ Hệ số sức cản ma sát  $\alpha$  đối với các lò chợ dài cơ giới hóa:  $\alpha \cdot 10^4 = 55 \div 65$

- Đối với các phông thông gió chống gỗ: Hệ số sức cản ma sát được ghi trong Bảng 4.

Bảng 4. Hệ số sức cản khí động đối với các phông thông gió

Đặc tính phông thông gió	Tiết diện, $\text{m}^2$	Giá trị $\alpha \cdot 10^4$	Dạng chuyển động của không khí
1. Phông thông gió có 3 ngăn, trong đó 1 ngăn để người di chuyển, 1 ngăn chống bằng khung gỗ, 1 ngăn không có xà ngang	2,4	20	Qua 2 ngăn
2. Phông thông gió có 3 ngăn, 2 ngăn dùng để vận chuyển bằng trục kéo và 1 ngăn di chuyển, chống bằng khung	4,8	32	Nhờ 2 ngăn vận chuyển bằng trục kéo
3. Phông thông gió có 4 ngăn, 1 ngăn dùng để đi lại, chống bằng khung gỗ	6,4	4	Qua 3 ngăn
4. Phông thông gió có 3 ngăn, chống bằng khung gỗ	2,8	26	Qua cả 3 ngăn
5. Phông rót than với ngăn đi lại	2,0	20	Qua 2 ngăn

Trong điều kiện sản xuất, theo thời gian thì giếng sẽ bẩn hơn và độ gồ ghề của tường giếng cũng tăng lên. Khi đó, có thể chọn hệ số sức cản ma sát bằng  $\alpha \cdot 10^4 = 3 \div 4$ . Khi các giếng tiết diện khoang di chuyển được chống bằng chubin, không chia khoang, thì  $\alpha \cdot 10^4 = 9$ .

Trong trường hợp có các khung chống và các xà ngăn các khoang trong đường chuyển động của không khí thì hệ số sức cản ma sát  $\alpha \cdot 10^4 = 12$ .

#### 4. Tổng quan về hệ số sức cản ma sát của các loại đường lò tại các mỏ than hầm lò ở Việt Nam

Hiện nay, tại Việt Nam chưa có nhiều công trình nghiên cứu chuyên sâu về hệ số sức cản ma sát của các loại đường lò trong mỏ than hầm lò. Do đó, trong các tài liệu chuyên ngành, các giá trị hệ số sức cản ma sát được sử dụng chủ yếu mang tính tham khảo từ các nghiên cứu nước ngoài. Trong tính toán thông gió khi lập dự án đầu tư mỏ cũng như trong tính toán thông gió định kỳ theo quý, theo quy định hiện hành

của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, các giá trị hệ số sức cản thường được lựa chọn dựa trên các tài liệu tham khảo quốc tế, chủ yếu là từ các nghiên cứu của Liên Xô cũ (K.З. Ушаков и др, 1986; K.З. Ушаков и др, 1971; K.З. Ушаков и др, 1975; K.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И; K.Z. Ушаков, А.С. Бурчаков, U.U, 1978).

#### 4.1. Hệ số sức cản ma sát theo tài liệu chuyên ngành

Các giáo trình “Thông gió mỏ” và “Cảm nang thông gió mỏ, các đường hầm giao thông và quạt gió” do PGS.TS. Trần Xuân Hà (Chủ biên) cùng với một số cộng tác viên khác đã giới thiệu giá trị hệ số sức cản ma sát của một số loại đường lò phổ biến ở một số mỏ than hầm lò tại Việt Nam như sau:

1. Đối với các đường lò không chống:  $\alpha.10^4 = (50 \div 100) N.s^2.m^{-4}$
2. Đối với các giếng thông gió có đường kính lớn:  $\alpha.10^4 = (20 \div 80) N.s^2.m^{-4}$
3. Các đường lò vận tải chống bằng bê tông hoặc bằng gạch:  $\alpha.10^4 = (30 \div 70) N.s^2.m^{-4}$
4. Các lò bằng vận tải chống bằng khung gỗ không hoàn toàn:  $\alpha.10^4 = (90 \div 230) N.s^2.m^{-4}$
5. Các lò bằng vận tải chống bằng vì sắt:  $\alpha.10^4 = (50 \div 230) N.s^2.m^{-4}$
6. Các lò bằng vận tải chống bằng các tấm bê tông cốt thép:  $\alpha.10^4 = (50 \div 230) N.s^2.m^{-4}$
7. Các đường lò chống bằng chubin:  $\alpha.10^4 = (70 \div 230) N.s^2.m^{-4}$
8. Lò chợ chống bằng các cột chống đơn (gỗ, cột chống ma sát, cột chống thủy lực đơn, giá thủy lực):  $\alpha.10^4 = (360 \div 2600) N.s^2.m^{-4}$
9. Lò chợ chống bằng giàn tự hành:  $\alpha.10^4 = (450 \div 1200) N.s^2.m^{-4}$
10. Các phễu thông gió chống gỗ:  $\alpha.10^4 = (200 \div 410) N.s^2.m^{-4}$
11. Các đường lò thẳng, xuyên vỉa hoặc dọc vỉa, vỏ chống là bê tông:  $\alpha.10^4 = (18 \div 25) N.s^2.m^{-4}$
12. Các giếng riêng đặc biệt:  $\alpha.10^4 = (200 \div 650) N.s^2.m^{-4}$
13. Các giếng không có khung chống, được chống bằng bê tông:  $\alpha.10^4 = (15 \div 40) N.s^2.m^{-4}$
14. Các giếng chống bằng chubin:  $\alpha.10^4 = 130 N.s^2.m^{-4}$

#### 4.2. Hệ số sức cản ma sát theo tài liệu “Bồi dưỡng nghiệp vụ công tác thông gió và quản trị khí mỏ”

Theo tài liệu chuyên ngành này (Trường Quản trị kinh doanh Vinacomin, 2017), trên cơ sở tham khảo tài liệu của Liên Xô cũ đã giới thiệu giá trị của hệ số sức cản ma sát đối với một số loại đường lò dưới đây, song số liệu còn khá ít ỏi, chưa thực sự đáp ứng yêu cầu thực tế ở Việt Nam.

##### 1) Đối với lò chợ

Hệ số sức cản khí động  $\alpha$  đối với lò chợ hiện nay vẫn còn ít được nghiên cứu. Trong một số tài liệu, hệ số sức cản của lò chợ được xác định thông qua các phép đo thực nghiệm tại mỏ, sau đó đối chiếu và so sánh giữa các lò chợ khác nhau. Với những lò chợ không cơ giới hóa:  $\alpha.10^4 = (300 \div 350) N.s^2.m^{-4}$ , với lò chợ cơ giới hóa:  $\alpha.10^4 = (550 \div 650) N.s^2.m^{-4}$

##### 2) Đối với đường lò chống bằng vì chống thép hình lòng mo

Bảng 5. Giá trị hệ số  $\alpha$  đường lò được chống bằng vì chống thép hình lòng mo

Vì chống bằng sắt hình lòng mo	Tiết diện sắt hình lòng mo	Chiều cao tiết diện sắt hình lòng mo, $d_0$ , cm	Diện tích đường lò, S, m <sup>2</sup>	Giá trị $\alpha.10^4$ khi khoảng cách giữa các vì chống 1, m		
				0,5	0,7	0,8
14kg/m	A	7,1	6,5	13,6	13,6	13,6
			8,9	13,4	13,4	13,4
			10,9	13,1	13,1	13,1
			16	12,8	12,8	12,8
	B	7,7	6,5	14,1	14,1	14,1
			8,9	13,5	13,5	13,5
			10,9	13,4	13,4	13,4
			16	13,1	13,1	13,1

Vị chống bằng sắt lồng mo	Tiết diện sắt hình lồng mo	Chiều cao tiết diện sắt hình lồng mo, $d_0$ , cm	Diện tích đường lò, $S$ , $m^2$	Giá trị $\alpha \cdot 10^4$ khi khoảng cách giữa các vị chống l, m		
				0,5	0,7	0,8
18kg/m	A	7,7	6,5	14,1	14,1	14,1
			8,9	13,5	13,5	13,5
			10,9	13,4	13,4	13,4
			16	13,1	13,1	13,1
	B	8,6	6,5	14,7	14,3	14,3
			8,9	14,3	13,9	13,9
			10,9	13,9	13,6	13,6
			16	13,6	13,2	13,2
21kg/m	A	8,7	6,5	15,2	14,3	14,3
			8,9	14,7	14,1	14,1
			10,9	14,1	13,4	13,4
			16	13,9	13,2	13,2
	B	9,4	6,5	15,3	14,9	14,9
			8,9	14,9	14,3	14,3
			10,9	14,5	13,7	13,7
			16	14,1	13,6	13,6
28kg/m	A	11,0	6,5	16,2	15,4	14,9
			8,9	15,5	15,0	14,6
			10,9	15,2	14,7	14,1
			16	14,9	14,1	13,5
	B	11,5	6,5	16,6	15,5	15,2
			8,9	16,2	15,2	14,7
			10,9	15,7	14,7	14,7
			16	15,8	14,5	14,5

3) Đối với giếng đứng

Bảng 6. Các giá trị hệ số  $\alpha$  đối với giếng đứng

Các đặc tính của sơ đồ	Đường kính giếng, m	Đặc tính của khoang cầu thang	$\alpha \cdot 10^4 N \cdot s^2 \cdot m^{-4}$
Sơ đồ đặt cốt giếng thùng cũi một thanh ngang. Khoảng cách giữa các thanh ngang và các sàn 4,168m, còn giữa các gối đỡ 3,0m	6,5	Bảo vệ bằng lưới	170
		Bảo vệ dày đặc (che kín) $S = 1,98m^2$	120
Sơ đồ đặt cốt giếng thùng cũi không có thanh ngang với việc bố trí các thanh dẫn chính diện. Khoảng cách giữa các sàn của khoang cầu thang 4,168m, còn giữa các gối đỡ 3,0m	6,0	Bảo vệ bằng lưới	80
		Bảo vệ dày đặc (che kín) $S = 1,29m^2$	7,9

Các đặc tính của sơ đồ	Đường kính giếng, m	Đặc tính của khoang cầu thang	$\alpha \cdot 10^4 N \cdot s^2 \cdot m^{-4}$
Sơ đồ đặt cốt giếng thùng skip một thanh ngang. Khoảng cách giữa các thanh ngang và các sàn 4,168m, còn giữa các gối đỡ 3,0m	8,0	Không có khoang cầu thang	11,9
Sơ đồ đặt cốt giếng thùng skip không có thanh ngang Khoảng cách giữa các gối đỡ 2,0m	8,0	-nt-	4,1

4) Đối với giếng đứng chống bằng bê tông

Bảng 7. Giá trị hệ số  $\alpha$  các giếng được chống bằng bê tông với khoảng cách giữa các thanh ngang là 3,125m

Kiểu (dạng) giếng	Đặc tính của giếng	Đặc tính của khoang cầu thang	Cỡ (calbib) dọc của thanh dẫn	$k \cdot m^4$
Giếng thùng cũ với hai thùng	Hai thùng cũ lật cho goòng 2 tấn với khoang cầu thang và khoang đường ống; cũng như vậy, nhưng không có khoang đường ống và khoang cầu thang	Các sàn cầu thang cách 4m, tấm lát so le	16	50
			25	39
Giếng thùng skip cho giếng sâu	4 thùng skip 12 tấn có khoang đường ống	Các sàn cách 3,125m, lát so le bên trong khoang cầu thang.	25	42
		Các sàn cách 3,125m, không có tấm lát.	25	46
		Các sàn cách 3,125m, sàn kín ở phía trực nâng. Không có khoang cầu thang	25	37
			25	33
Giếng thùng cũ với hai thùng	Hai thùng cũ lật cho goòng 2 tấn, một tự lập với đối trọng, có khoang đường ống	Các sàn lát kín (che kín) cách 4m, lát so le	25	45
Giếng thùng skip với 2 thùng skip	Hai thùng skip 4 tấn	Sàn cầu thang bằng lưới cách 3,125m, lát so le.	27,5	33
		Các sàn lát kín cách 3,125m, lát so le.	27,5	37
		Không có cầu thang	27,5	29

5) Đối với đường lò chống không hoàn toàn bằng khung chống hoặc bằng sắt hình chữ I

Bảng 8. Giá trị hệ số  $\alpha$  các đường lò được chống không hoàn toàn bằng khung chống hoặc vì chống bằng sắt hình chữ I

Diện tích đường lò, m <sup>2</sup>	Số thép hình chữ I	Giá trị $\alpha \cdot 10^4$ khi cỡ dọc của khung chống $\Delta$ bằng:			
		2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
6,5	12	14,0	16,4	20,3	23,6
	14	15,6	19,2	22,8	26,9
	16	17,4	21,4	25,6	30,4
	18	18,7	23,6	28,5	35,7
	20	20,4	25,6	31,2	38,4
8,5	12	12,6	14,0	17,9	20,6
	14	14,0	15,6	20,2	23,3
	16	15,4	17,0	22,4	26,3
	18	16,6	18,8	25	28,5
	20	17,9	22,4	27,3	33,3
10,9	12	12,2	14,7	17,2	19,5
	14	13,5	16,3	19,6	22,6
	16	14,7	17,8	21,2	23,8
	18	15,8	19,5	23,2	27,7
	20	17,2	21,1	25,5	30,3
16	12	11,7	14,5	16,6	19,2
	14	13,1	16,0	18,8	21,7
	16	14,5	17,2	20,8	20,8
	18	16,3	19,2	22,7	24,2
	20	16,6	21,0	24,4	27,0
22	12	11,6	14,0	16,0	18,0
	14	12,6	15,7	17,5	20,6
	16	14,0	16,9	20,0	23,2
	18	15,0	18,8	22,0	25,0
	20	16,0	20,0	23,8	27,7

### 5. Kết luận

Từ những nội dung đã trình bày ở trên, có thể rút ra những nhận xét sau:

1) Không khí chuyển động trong các đường lò ở mỏ hầm lò than và quặng, dưới áp suất của sức hút tự nhiên hoặc quạt gió, đều chuyển động theo một trong ba chế độ sau: chế độ chảy tầng, chế độ chảy rối và chế độ chảy trung gian. Trong đó, chế độ chảy rối là chế độ chảy phổ biến nhất. Đây là chế độ chảy làm tổn thất năng lượng của dòng không khí lớn nhất.

2) Hệ số sức cản ma sát quan hệ chặt chẽ với sức cản ma sát và phụ thuộc vào hạ áp của đường lò, chu vi, tiết diện và chiều dài đường lò.

3) Ở nhiều nước trên thế giới như Liên Xô cũ, Rumani, Trung Quốc... đã nghiên cứu khá đầy đủ về hệ số sức cản ma sát của các loại đường lò ở mỏ hầm lò để sử dụng trong tính toán thông gió. Nhờ đó, chế độ thông gió của mỏ luôn đáp ứng các mục tiêu của thông gió cho mỏ hầm lò.

## Tài liệu tham khảo

1. Ksenofontova, A. I., et al. 1966. *Îndrumător pentru aerajul minelor*. Editura Tehnică, București.
2. Burchakov, A. S., & Mustel, P. S. 1971. *Rudnichnaya aerologiya* [Mine aerology]. Nedra Publishing House, Moscow.
3. Ksenofontova, A. I. 1954. *Sbornik zadach po rudnichnoy ventilyatsii* [Collection of problems in mine ventilation]. Ugletekhizdat, Moscow.
4. Komarov, V. V., & Kilkeyev, Sh. Kh. 1969. *Rudnichnaya ventilyatsiya* [Mine ventilation]. Nedra Publishing House, Moscow.
5. Bộ Công Thương, 2011. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò (QCVN 01:2011/BCT)*. NXB Lao động, Hà Nội.
6. Baltaretu, R., Teodorescu, C., Gonteanu, Z., & Matei, I. (1970). *Aerul și protecția muncii în mine*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
7. Hoàng Bình Nguyên (dịch), 2003. *Thông gió mỏ*. NXB Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc.
8. Nguyễn Xuân Hùng & Thanh Hiếu (dịch), 1974. *Sổ tay tóm tắt của cán bộ kỹ thuật mỏ*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
9. Trần Xuân Hà và cộng sự, 2014. *Thông gió mỏ*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
10. Trần Xuân Hà và cộng sự, 2019. *Cẩm nang thông gió mỏ hầm lò, các đường hầm giao thông và quạt gió*. NXB Xây dựng, Hà Nội.
11. Trương Quốc Khuy (dịch), 1999. *Thông gió và an toàn*. NXB Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc.
12. Trương Quốc Xu (dịch), 1999. *Thông gió mỏ*. NXB Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc.
13. Trường Quản trị Kinh doanh Vinacomin, 2017. *Tài liệu bồi dưỡng nghiệp vụ công tác thông gió và quản lý khí mỏ*. Hà Nội.
14. Ushakov, K. Z., et al. 1986. *Aerologiya gornykh predpriyatiy* [Aerology of mining enterprises]. Nedra, Moscow.
15. Ushakov, K. Z., et al. 1977. *Spravochnik po rudnichnoy ventilyatsii* [Handbook of mine ventilation]. Nedra, Moscow.
16. Ushakov, K. Z., et al. 1975. *Aerologiya kar'erov* [Open-pit aerology]. Nedra, Moscow.
17. Ushakov, K. Z., Burchakov, A. S., Puchkov, L. A., & Medvedev, I. I. 1987. *Aerologiya gornykh predpriyatiy*. Nedra, Moscow.
18. *Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugol'nykh shakht* [Guidelines for ventilation design of coal mines]. (1994). Kyiv.
19. Ushakov, K. Z., Burchakov, A. S., & Medvedev, I. I. 1978. *Rudnichnaya aerologiya*. Nedra, Moscow.
20. Vương Đức Minh (Chủ biên). *Thông gió và an toàn mỏ hầm lò* (dịch từ tiếng Trung). NXB Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc, 2007 (lần đầu), năm 2009 (lần 2).

## OVERVIEW OF FRICTIONAL RESISTANCE COEFFICIENTS FOR MINE ROADWAYS WORLDWIDE AND IN VIETNAM

Dao Van Chi<sup>1</sup>, Pham Duc Hung<sup>1,\*</sup>, Do Anh Son<sup>1</sup>, Pham Tu Phuong<sup>2</sup>  
Dam Huy Tai<sup>2</sup>, Nguyen Minh Duc<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Mining and Geology

<sup>2</sup>Vinacomin Industry Investment Consulting Joint Stock Company

<sup>3</sup>Vietnam Industry Agency, Ministry of Industry and Trade

### ABSTRACT

Airflow moving through underground mine roadways in coal or underground ore mines, under the influence of natural ventilation pressure or mine ventilation fans, encounters three types of resistance: (1) frictional resistance; (2) obstacle resistance; and (3) local resistance. These resistances cause energy

losses in the airflow to varying degrees. Among them, frictional resistance typically plays the dominant role in airflow energy dissipation. The frictional resistance coefficient, commonly denoted as  $\alpha$ , is the key parameter governing frictional resistance. In Vietnam, mine ventilation calculations often rely on frictional resistance coefficients referenced from foreign literature. Therefore, the study entitled “Overview of Frictional Resistance Coefficients for Mine Roadways Worldwide and in Vietnam” is essential, as it provides a basis for determining frictional resistance coefficients for different types of underground roadways in coal mines operated by TKV in the Quang Ninh region.

**Keywords:** *airway resistance; frictional resistance; obstacle resistance; local resistance*