



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

MỤC LỤC

Ban tổ chức hội nghị	i
Mục lục.....	iii
Lời nói đầu	v
Chương trình hội nghị	vii
Tiểu ban Dữ liệu lớn và chuyển đổi số trong khoa học trái đất, tài nguyên môi trường.....	1
Tiểu ban Trí tuệ nhân tạo, IOT, Blockchain và ứng dụng.....	38
Tiểu ban Cơ - Điện.....	71
Tiểu ban Dầu khí tích hợp.....	114
Tiểu ban Địa chất và tài nguyên du lịch.....	238
Tiểu ban Địa chất công trình - Địa kỹ thuật.....	312
Tiểu ban Địa chất thủy văn và Tài nguyên nước.....	430
Tiểu ban Tài nguyên địa chất và Quản lý bền vững.....	516
Tiểu ban Quản lý tài nguyên và Môi trường.....	597
Tiểu ban Công nghệ mới trong xử lý môi trường.....	730
Tiểu ban Phát triển bền vững khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường.....	818
Tiểu ban Phát triển bền vững công nghiệp khai thác và Quản lý an toàn.....	899
Tiểu ban Những tiến bộ trong chế biến khoáng sản và tái chế.....	971
Tiểu ban Xây dựng công trình với phát triển bền vững.....	1039
Tiểu ban Kỹ thuật Trắc địa - Bản đồ và Hệ thống thông tin địa lý.....	1301
Tiểu ban Vật lý, Hóa học và ứng dụng.....	1384
Tiểu ban Toán, Cơ học và ứng dụng.....	1512
Tiểu ban Ngôn ngữ học.....	1634

MỤC LỤC

Một số giải pháp nâng cao công tác quản lý an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động sử dụng vật liệu nổ công nghiệp cho các mỏ đá tại Ninh Bình <i>Nguyễn Đình An, Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Thị Thu Hoa, Trần Đình Bảo, Nguyễn Tuấn Thành...</i>	901
Application of chatGPT-Matlab framework to the control of consumption of blasting explosives <i>Hui Chen, Fei Gao, Vu Trung Tien, Do Anh Son.....</i>	908
Ứng dụng công nghệ UAV trong đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nổ rời của đồng đá nổ mìn <i>Phạm Văn Hòa, Dương Thành Trung, Phạm Văn Việt, Trần Quang Hiếu.....</i>	914
Tổng quan về các kỹ thuật đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn <i>Phạm Văn Hòa, Nguyễn Đình An, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Đình Bảo.....</i>	919
Tình hình thực hiện chính sách, pháp luật về an toàn vệ sinh lao động trong hoạt động khai thác than ở Việt Nam <i>Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Thị Thu Hoa, Nguyễn Tuấn Thành.....</i>	925
Nghiên cứu mối quan hệ giữa sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ mìn <i>Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Quý Thảo.....</i>	931
Nghiên cứu ứng dụng phần mềm mô phỏng điều kiện vi khí hậu và thông gió cho mỏ than Cọc Sáu <i>Đoàn Văn Thanh, Đỗ Văn Triều, Trần Đình Bảo, Hoàng Mạnh Thắng, Hoàng Đình Nam..</i>	937
Nghiên cứu sự lan truyền của sóng nổ từ môi trường đất đá sang môi trường nước <i>Đàm Trọng Thắng, Ngô Thế Đức.....</i>	944
Một số giải pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả nổ mìn tại các khu vực đất đá ngầm nước cho mỏ than Đèo Nai – TKV <i>Hoàng Mạnh Thắng, Trần Quang Hiếu.....</i>	950
Công nghệ khai thác chọn lọc phù hợp với điều kiện phân bố quặng bauxite mỏ Tây Tân Rai, Lâm Đồng <i>Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Trung Anh, Nguyễn Văn Tịnh, Nguyễn Đăng Hòa, Phạm Minh Tú, Noëlie Escutenaire.....</i>	957
Giải pháp số trong đánh giá, gia cố bờ mỏ tăng ổn định tại bờ trụ khu IV mỏ than Nam Trảng Bách <i>Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Bùi Huy Bách, Lê Thị Thu Hoa, Trần Đình Bảo, Phạm Văn Hòa, Nguyễn Tuấn Thành.....</i>	965

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm mô phỏng điều kiện vi khí hậu và thông gió cho mỏ than Cọc Sáu

Đoàn Văn Thanh¹, Đỗ Văn Triều¹, Trần Đình Bảo^{2,3,*}, Hoàng Mạnh Thắng¹, Hoàng Đình Nam²

¹*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*

²*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

³*Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)*

TÓM TẮT

Mỏ than Cọc Sáu là một trong những mỏ than lộ thiên có độ sâu lớn, với khối lượng đất đá bóc hàng năm rất cao. Kết quả khảo sát và đo đạc các điều kiện vi khí hậu tại các trạm cố định và di động lắp đặt trên mỏ cho thấy các nguồn ô nhiễm không được phân tán ra môi trường bên ngoài mà tích tụ trong không gian mỏ. Để đánh giá hình thái khí quyển và điều kiện vi khí hậu của mỏ nhằm đề xuất giải pháp thông gió thích hợp trong việc trung hòa không khí mỏ, nghiên cứu này ứng dụng phần mềm mô phỏng không khí chuyên dụng Ansys dựa trên các phân tích CFD 2D tiên tiến nhất hiện nay.

Từ khóa: Mô phỏng; Vi khí hậu; Cọc Sáu; Thông gió

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, mỏ than Cọc Sáu là một trong những mỏ than lộ thiên sâu và lớn nhất cả nước với khối lượng đất bóc trung bình năm từ 19,5÷31,7 triệu m³/năm. Trong quá trình sản xuất đã phát sinh ra các chất ô nhiễm dạng hạt, đường kính nhỏ hơn 10 µm (PM₁₀) và khí (CO, CO₂, SO₂, NO_x). Chúng tạo ra từ công tác khoan – nổ, xúc bốc, vận tải và thải đá.

Ngoài ra, với đặc điểm địa hình địa mạo của mỏ có góc dốc bờ mỏ > 15°, gió tự nhiên không bao phủ hết không gian của mỏ. Đây là một những nguyên nhân ảnh hưởng xấu đến điều kiện khí quyển của mỏ cùng với yếu tố về nhiễu loạn của chênh lệch nhiệt độ khi thay đổi độ cao tạo ra các hiện tượng phân tán phức tạp, bao gồm phân tách lớp khí quyển trong mỏ và trên mặt mỏ; vùng tuần hoàn; vùng đối lưu và vùng lắng đọng (Grainger, C, Meroney, R.N, 1993; Markov, V.A, Potashnik, E.L, Rivkind, V.Y, 1978). Các nguyên nhân trên ngăn cản chuyển động theo phương thẳng đứng của các chất ô nhiễm dẫn đến tích tụ trong không gian mỏ.

Để đề xuất giải pháp phù hợp nhằm đảm bảo điều kiện vi khí hậu an toàn cho công nhân làm việc trong mỏ, cần tiến hành phân tích và mô phỏng trước các đặc trưng của vi khí hậu trước và sau khi áp dụng giải pháp thông gió, có tính đến yếu tố địa hình, nhiệt độ và khí tượng, dựa trên dữ liệu quan trắc thông qua các phân tích CFD 2D bằng phần mềm Ansys. Kết quả phân tích từ phần mềm mô phỏng có thể được sử dụng để cung cấp thông tin hữu ích trong việc đưa ra cảnh báo về ô nhiễm không khí và đề xuất giải pháp thông gió cho mỏ than Cọc Sáu.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nghiên cứu đặc trưng của các lớp khí quyển trong không gian mỏ lộ thiên

Dựa trên nghiên cứu của Grainger, Markov (Grainger, C, Meroney, R.N, 1993; Markov, V.A, Potashnik, E.L, Rivkind, V.Y, 1978). Mikkelsen (Mikkelsen, T, Nielsen, M, 2003), Hanna và cộng sự (Hanna, S.R, Briggs, G.A, Hosker, R.F, 1982) cho thấy: Điều kiện khí quyển của các mỏ lộ thiên sâu được đặc trưng bởi ba yếu tố: Lớp khí quyển ổn định, lớp đối lưu và lớp nghịch đảo nhiệt độ. Những yếu tố trên tác động đến các khả năng phân tán nguồn ô nhiễm trong mỏ.

2.1.1. Lớp khí quyển ổn định

Tính ổn định của khí quyển được định nghĩa là khả năng một khối không khí có thể di chuyển lên hoặc xuống theo phương thẳng đứng (Woodward, J.L, 2010). Nếu khối không khí có xu hướng trở về vị trí ban đầu sau khi bị dịch chuyển, khí quyển được coi là ổn định. Ngược lại, nếu khối không khí tiếp tục di chuyển lên trên sau khi bị dịch chuyển, khí quyển ở trạng thái không ổn định.

* Tác giả liên hệ

Email: trandinhbao@humg.edu.vn

Do đó, lớp ổn định khí quyển phụ thuộc vào nhiễu loạn nhiệt, mức độ ổn định khí quyển và sự rối loạn của không khí. Ổn định khí quyển liên quan đến tốc độ trôi và sự nhiễu loạn khí quyển, phụ thuộc vào tốc độ gió tự nhiên và đặc điểm bề mặt địa hình.

Pasquill và Gifford (Jitesh, K.M, 2015) đã phát triển một phương pháp phân loại nhiễu loạn khí quyển. Mức độ ổn định của một vùng khí quyển được xác định dựa trên tốc độ gió, mức độ bức xạ mặt trời và độ che phủ của mây. Cuối cùng, Pasquill và Gifford đã phân loại nhiễu loạn khí quyển thành sáu lớp ổn định (Bảng 1) cùng với các điều kiện khí tượng tương ứng (Bảng 2). Trong số đó, lớp A được coi là không ổn định nhất hoặc có mức độ hỗn loạn cao nhất, trong khi lớp F được xem là ổn định nhất hoặc ít xáo trộn nhất.

Bảng 1. Các lớp ổn định Pasquill (Pasquill, F, 1961)

Lớp ổn định	Định nghĩa	Lớp ổn định	Định nghĩa
A	Rất không ổn định	D	Trung lập
B	Không ổn định	E	Hơi ổn định
C	Hơi không ổn định	F	Ổn định

Bảng 2. Các điều kiện khí tượng xác định lớp ổn định Pasquill (Pasquill, F, 1961)

Tốc độ gió bề mặt, m/s	Bức xạ của mặt trời vào ban ngày			Mây che phủ ban đêm	
	Mạnh	Vừa phải	Yếu	>50%	<50%
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Bên cạnh đó, Pasquill đưa ra quan điểm xác định lớp ổn định dựa trên thay đổi nhiệt độ khi thay đổi độ cao qua các gradient nhiệt độ như bảng 3.

Bảng 3. Phân loại lớp ổn định Pasquill theo gradient nhiệt độ

Lớp ổn định	Gradient nhiệt độ thẳng đứng Vertical temp gradient, $\div \Delta T / \Delta Z$ (DegC/100 m)	Định nghĩa
A	-1.9	Rất không ổn định
B	-1.9 $\div$ -1.7	Không ổn định
C	-1.7 $\div$ -1.5	ổn định
D	-1.5 $\div$ -0.5	Trung lập
E	-0.5 $\div$ -1.5	Ổn định vừa
F	1.5 $\div$ 4.0	Ổn định cao
G	>4.0	Rất ổn định

Hơn nữa, sự phát tán nguồn ô nhiễm trong điều kiện khí quyển ổn định bị chi phối bởi lực nâng và quán tính, đặc trưng bởi số Froude. Số Froude là một tham số không có thứ nguyên được sử dụng để mô tả sự tương tác giữa động năng và thế năng khi luồng không khí đi qua hình thái học. Số Froude đảo ngược được tính khi có sự đảo ngược bằng cách áp dụng công thức của Vosper:

$$Fr_i = \frac{U_{nm}}{\sqrt{g'Z_i}}, g' = g \frac{\Delta \theta}{\theta_m} \quad (1)$$

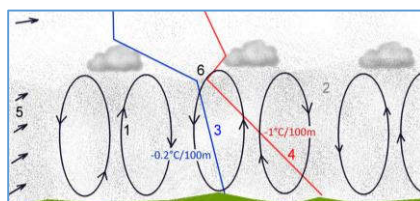
Trong đó, Z_i là độ cao lớp nghịch đảo, θ là tỉ lệ của nhiệt độ chênh lệch tiềm năng qua lớp nghịch đảo, θ_m là nhiệt độ tiềm năng trung bình dưới đáy nghịch đảo, và U_{nm} là tốc độ gió (lấy trung bình dưới Z_i).

2.1.2. Lớp ranh giới đối lưu

Lớp ranh giới đối lưu (CBL) là lớp không khí tiếp xúc với mặt đất. Độ sâu của nó thay đổi từ vài mét đến vài km theo mùa, vị trí, gió, điều kiện khí tượng và bức xạ mặt trời. Hiện tượng đối lưu khí quyển chỉ diễn ra trong lớp này (hình 1).

Các đặc tính chính của CBL do tiếp xúc gần với bề mặt địa hình như sau:

- Chứa nhiều khí và bụi;



Hình 1. Cơ chế lớp ranh giới đối lưu

- Trạng thái hỗn loạn khi chuyển động không khí thẳng đứng tăng dần và giảm dần không ngừng. Do đó, lớp này hình thành sự hòa trộn không khí quan trọng;
- Các luồng gió thường đồng nhất (cùng hướng và giữ nguyên tốc độ);
- Sự khác biệt giữa tốc độ giảm nhiệt độ và tốc độ trôi dẫn đến độ ẩm cao của không khí ở trên cùng của CBL, do đó tạo ra vũ tích ở mức này;
- Bề mặt trên của CBL không bằng phẳng;
- Độ ẩm đồng nhất và lớn hơn so với khí quyển tự do ở trên, có giá trị: $-0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.
- Tốc độ giảm nhiệt độ đồng nhất có giá trị khoảng $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Giới hạn trên của nó thường được đánh dấu bằng sự nghịch đảo nhiệt độ không khí và độ ẩm giảm đột ngột.

c. Lớp nghịch đảo nhiệt độ

Trong điều kiện lý tưởng, luồng không khí tự nhiên từ bề mặt xuống đáy mỏ giúp khuếch tán các nguồn ô nhiễm tại đáy. Tuy nhiên, sự khuếch tán này có thể bị ảnh hưởng bởi một hiện tượng được các nhà khoa học gọi là "lớp đảo nhiệt". Hiện tượng này hình thành sau khi mặt trời lặn, khi bề mặt mỏ bắt đầu hạ nhiệt bằng cách phát ra bức xạ sóng dài, và lớp khí quyển gần bề mặt nguội đi thông qua quá trình dẫn nhiệt. Khi bề mặt trở nên lạnh vào ban đêm, lớp không khí trên bề mặt cũng lạnh đi, dẫn đến việc không khí nóng bị giữ lại ở giữa mỏ.

Do đó, việc xác định các đặc trưng của điều kiện khí quyển trong mỏ đóng vai trò quan trọng trong việc đề xuất các giải pháp trung hòa không khí, đảm bảo an toàn cho cán bộ công nhân và hướng tới mục tiêu xây dựng mỏ xanh, sạch.

2.2. Các nguồn phát thải ô nhiễm trên khai trường mỏ than Cọc Sáu

Mỏ Cọc Sáu hiện đang được khai thác tại 2 khu vực là Đông Thắng Lợi và Nam Quảng Lợi với sản lượng than nguyên khai từ 1,5÷2,64 triệu tấn/năm tương ứng với sản lượng đất bóc 19,5÷31,7 triệu m^3 /năm.

Tính đến thời điểm 12/2023, đáy moong Đông Thắng Lợi đang ở mức -305 m (hình 2).



Hình 2. Hiện trạng khai trường mỏ than lộ thiên Cọc Sáu

Các nguồn phát thải ô nhiễm do hoạt động Khai thác như sau:

a. Khâu khoan nổ

- Công tác khoan

Các máy khoan thủy lực, xoay cầu đều sử dụng năng lượng khí nén để thổi phoi làm sạch lỗ khoan và bụi từ khâu khoan lỗ mìn. Đối với các máy khoan chạy dầu, sản phẩm khí thừa do động cơ khi hoạt động thải ra như oxit các bon, oxit nitơ, acrolein,...(hình 3a).



a,



b,

Hình 3. Bụi và khí độc phát tán trong quá trình khoan, nổ mìn trên mỏ Cọc Sáu

- Công tác nổ mìn

Theo lý thuyết, các thuốc nổ công nghiệp sử dụng có cân bằng Oxi gần bằng 0 nhằm hạn chế tối đa các chất độc hại phát thải vào không khí trong quá trình nổ mìn. Tuy nhiên, thực tế các vụ nổ vẫn tạo ra các khí độc như carbon monoxide (CO) và nitơ oxit (NO_x) (hình 3b).

b. Khâu xúc bốc

Trong khâu xúc bốc, bụi, khí phát tán ra môi trường không khí chủ yếu tại thao tác dỡ tải đất đá, than đổ từ gầu xúc xuống thùng xe và hoạt động động cơ của máy xúc.

c. Khâu vận tải

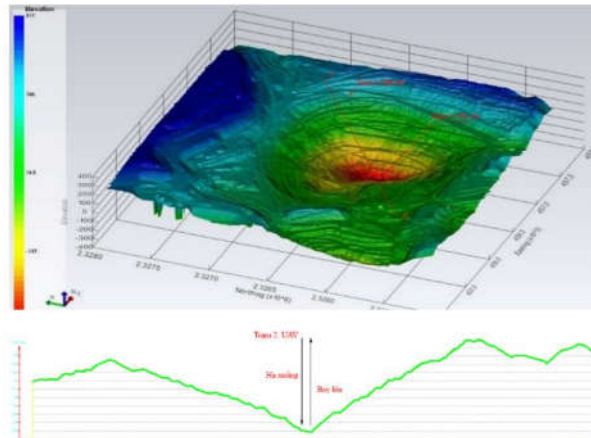
Nguồn gây ô nhiễm không khí trong công tác vận tải từ hoạt động vận chuyển đất đá thải và than bằng ô tô, quá trình vận chuyển bánh xe cuốn bụi từ mặt đường, đồng thời khi hoạt động thải ra oxit các bon, oxit nitơ, acrolein,...

2.3. Khảo sát, thu thập dữ liệu chất lượng không khí tại mỏ than Cọc Sáu

Để thu thập dữ liệu về điều kiện vi khí hậu tại mỏ than Cọc Sáu, hai trạm quan trắc cố định đã được lắp đặt tại mặt mỏ ở cao độ +105m và +195m, cùng với một trạm di động gắn trên thiết bị bay không người lái (UAV) để đo tốc độ gió, hướng gió và nhiệt độ. Mục tiêu là đánh giá độ ổn định của lớp khí quyển dựa trên số Froude, phân loại ổn định Pasquill và hiện tượng đảo nhiệt.

Một trạm quan trắc cố định thứ ba được lắp đặt tại đáy mỏ ở cao độ -300 để đo nồng độ bụi PM10 và khí CO, nhằm đánh giá sự phát tán của không khí ô nhiễm trong mỏ (Hình 4).

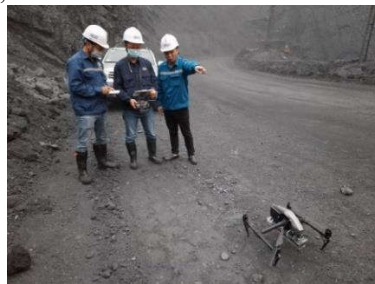
Cảm biến giám sát lắp đặt trên UAV là máy đo gió siêu âm Young 81000, hoàn toàn phù hợp để đo tốc độ gió với độ phân giải cao theo yêu cầu.



Hình 4. Sơ đồ trạm đo quan trắc trên mỏ Cọc Sáu

Kết quả đo tại 3 trạm cố định trong thời gian từ 16/4/2021 ÷ 20/4/2021 như sau:

- Nhiệt độ tăng vào 5:30 sáng, đạt đỉnh lúc 11:30 và giảm dần đến 17:30, chênh lệch giữa ban đêm và ban ngày tại hai trạm cố định trên mặt đất nằm trong khoảng $4,18 \div 11,94$ °C, đạt $2,56 \div 4,22$ °C tại trạm trên đáy mỏ. Chênh lệch nhiệt độ trung bình ngày giữa trạm mặt đất và trạm đáy mỏ là $3,82-5,11$ °C;
- Vận tốc gió tự nhiên đo được tại trạm số 1 (+195m) dao động trong khoảng $1,06 \div 5,85$ m/s, trung bình từ $1 \div 1,5$ m/s, gió thổi từ Đông Bắc sang Tây Nam;
- Dựa trên phân tích về lớp khí quyển ổn định, lớp nghịch đảo, dữ liệu thu được từ 2 trạm trên mặt và dưới đất mỏ được sử dụng để tính số Froude (Fr) dựa trên công thức (1). Kết quả cho thấy giá trị Fr nằm trong khoảng $0,1 \div 0,7$.



Hình 5. Thực hiện quan trắc bằng UAV và ghi số liệu tại trạm đo cố định

Trong một nghiên cứu về sự phân tán của các hạt trong một mỏ than lộ thiên sâu, Sumanth Chinthala [9] nhận thấy rằng nếu $Fr > 1,6$, thì lớp nghịch đảo không còn. Nếu $1,3 < Fr < 1,6$, không khí trong mỏ hòa trộn với không khí phía trên và nếu $Fr < 1,3$, không khí trong mỏ được phân tách hoàn toàn với không khí phía trên.

Như vậy, bảng phân loại các lớp ổn định Pasquill (bảng 1) và các điều kiện khí tượng xác định lớp ổn định Pasquill (bảng 2) cho thấy lớp khí quyển ban ngày mỏ Cọc Sáu là lớp C, vào ban đêm là cấp E và F dẫn đến bụi và khí ô nhiễm trong mỏ Cọc Sáu không thể phát tán ra môi trường bên ngoài mà tập trung, lắng đọng trong không gian của mỏ.

Kết quả đo tại trạm di động đo bằng UAV cho thấy: Gradient nhiệt độ trong khoảng $0,64-1,53$ °C / 100 m. Phân loại lớp ổn định của khí quyển theo gradient nhiệt độ (bảng 3) là E và F. Kết quả này tương tự như

phân loại theo vận tốc và số Fr. Do các lớp ổn định là "hơi không ổn định" và "ổn định" dẫn đến các chất ô nhiễm sinh ra trong mỏ hầu như không được phân tán ra ngoài làm cho nồng độ khí CO và bụi PM₁₀ cao trong mỏ.

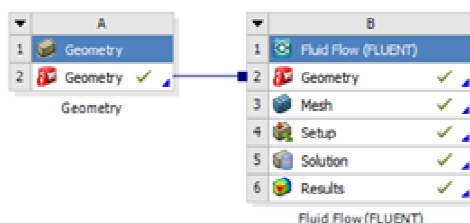
Từ kết quả đo lường hiện trường của 3 trạm quan trắc tại mỏ than Cọc Sáu cho thấy các khí ô nhiễm tập trung cao tại đáy mỏ với giá trị: khí CO đạt $1,3 \div 2,6$ ppm; CO₂ đạt $478 \div 730,1$ ppm và bụi PM₁₀ đạt $0,92 \div 2,67$ mg/m³, và đã tiệm cận ngưỡng ô nhiễm theo QCVN 05:2013/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật trong không khí xung quanh.

Do đó, cần có giải pháp thông gió phù hợp để chung hòa không khí về trạng thái an toàn. Để có cái nhìn tiến trước về hành vi sẽ xảy ra của luồng không khí trước và sau khi thông gió. Nghiên cứu sử dụng phần mềm ANSYS dưới phân tích CFD 2D để mô phỏng trạng thái của luồng không khí trước và sau khi thông gió trong mỏ.

3. Kết quả và thảo luận

Trình tự thực hiện phân tích CFD 2D như sau:

- Bước 1 ÷ 2 (Geometry): Xây dựng mô hình trên Autocad từ bản vẽ số hóa hiện trạng, phương án KTKT mỏ Cọc Sáu, sau đó đưa vào Workbench thực hiện mô phỏng;
- Bước 3 (Meshing): Chia lưới;
- Bước 4 (Setup): Chọn mô hình toán khai báo điều kiện biên trong Fluent;
- Bước 5 (Solution): Tính toán trong Fluent;
- Bước 6 (Results): Kết xuất kết quả trong CFD-Post.



Hình 6. Trình tự mô phỏng trạng thái không khí với CFD 2D

Thông số thiết lập mô phỏng được thể hiện tại bảng 4.

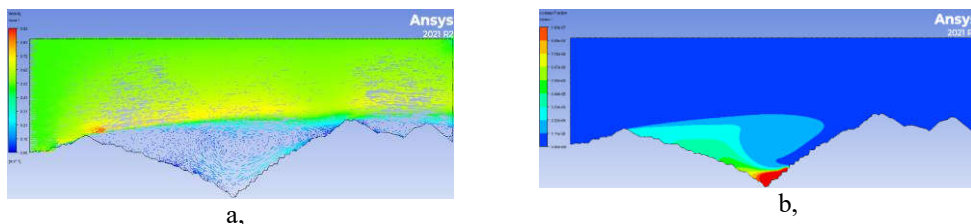
Bảng 4. Thông số thiết lập cho mô phỏng CFD

TT	Thông số	Mô hình mô phỏng CFD	Ghi chú
1	Biên giới đầu vào	Vận tốc gió	
2	Biên giới tường	Ma sát	
3	Sức cản gió (k)	$0,014 \text{ kg/m}^3$	
4	Nhiệt độ biên	36°C mùa mưa, 17°C mùa khô	
5	Phương pháp chia lưới	Phần tử tứ diện	
6	Mô hình giải pháp	Mô hình nhiễu loạn ($k-\epsilon$)	
7	Chức năng kích thước lưới	Khoảng gần và độ cong	
8	Số lượng phần tử lưới	$250.000 \div 600.000$	
9	Điều kiện mô phỏng	Thay đổi	
10	Thời gian mô phỏng	24 giờ	
11	Thời gian dòng không khí vào trạng thái ổn định	10 phút sau khi chạy mô phỏng	

Dựa trên thông số hình học thiết kế cuối cùng (đáy kết thúc -345m) của mỏ than Cọc Sáu, mô hình 2D được xây dựng theo trục A-A (hình 4), nghiên cứu tiến hành phân tích các trường hợp gió tự nhiên và thông gió cơ học. Các nguồn không khí được xác định dựa trên vị trí của máy xúc và xe tải tại địa điểm làm việc, nghiên cứu đưa ra các nguồn phát thải CO trong mỏ có giá trị 10 ppm dựa trên tài liệu tham khảo về phát thải khí thải động cơ diesel của Arif Susanto.

Trên thực tế, trong các mỏ lộ thiên còn có các khí độc khác, Tuy nhiên, hành vi phân tán khí trong lớp ổn định khí quyển là tương tự. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng khí CO để đánh giá hành vi phát tán. Vận tốc độ gió tự nhiên để đưa vào phân tích CFD được xác định trong giá trị đo được tại trạm quan trắc trên mặt mức +195m với giá trị 0,5 m/s.

Kết quả mô phỏng vận tốc gió tự nhiên, nồng độ khí CO ghi nhận luôn tục trong 24 giờ tại đáy mỏ Cọc Sáu xem hình 7.



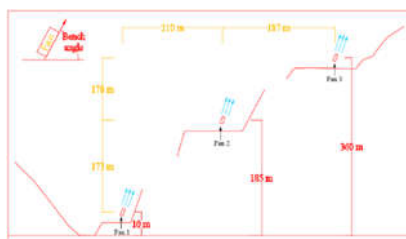
Hình 7. Mô phỏng vận tốc gió và nồng độ CO trong không khí tại mỏ Cọc Sáu

Dựa trên kết quả phân tích CFD cho 2 trường hợp địa hình hiện trạng và KTKT mỏ than Cọc Sáu với vận tốc gió tự nhiên $v = 0,5$ m/s cho thấy lớp ổn định khí quyển được hình thành từ dòng chảy ổn định của gió tự nhiên và nhiệt độ môi trường. Lớp khí quyển ổn định ngăn chặn chuyển động thẳng đứng của dòng ô nhiễm.

Để đảm bảo khả năng tiêu, thoát của các nguồn ô nhiễm. Nghiên cứu đưa ra giả thiết về trường hợp đặt quạt để mô phỏng sự phân tán nguồn ô nhiễm và dòng chảy không khí với KTKT. Thông số kỹ thuật và sơ đồ lắp quạt như bảng 4 và hình 8.

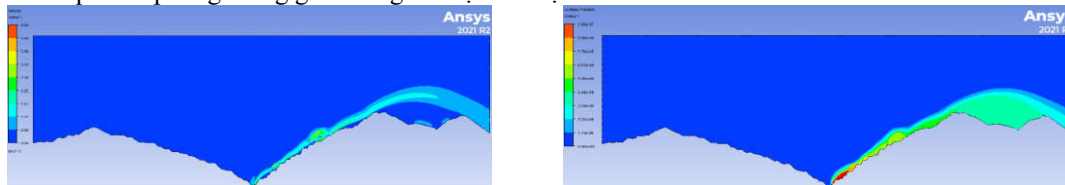
Bảng 4. Đặc tính lắp đặt và phát thải CO

Đặc tính	Thông số cơ học
Hướng gió tự nhiên	TN – ĐB
Vận tốc gió tự nhiên	0.3
Vận tốc quạt, m/s	20
Số quạt	3
Vị trí phát thải khí CO	Đáy moong, -285, -225
Nồng độ khí Co, ppm	10

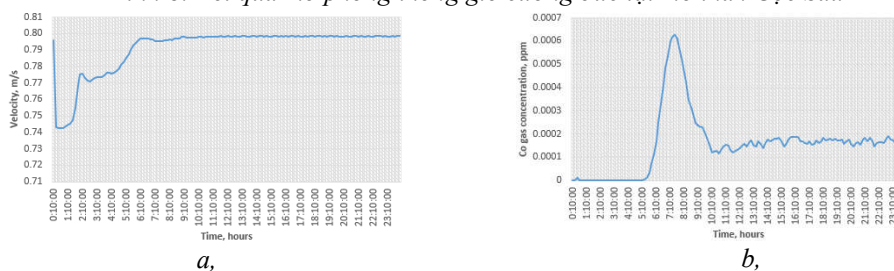


Hình 7. Sơ đồ lắp đặt quạt trên mỏ

Kết quả mô phỏng thông gió cường bức tại mỏ Cọc Sáu xem hình 13 ÷ 14.



Hình 8. Kết quả mô phỏng thông gió cường bức tại mỏ than Cọc Sáu



Hình 9. Dữ liệu đo vận tốc (bên trái) và nồng độ khí CO (bên phải) tại đáy mỏ

Từ kết quả phân tích trên, có thể rút ra các kết luận sau:

- Quan sát được việc loại bỏ khí CO liên tục ra khỏi mỏ.
- Kết quả đo vận tốc và nồng độ khí CO tại điểm 1 cho thấy vận tốc không khí tại đáy mỏ và nồng độ CO đạt các giá trị đảm bảo điều kiện an toàn lao động cho người công nhân.
- Dữ liệu đo được tại đáy mỏ và mặt mỏ cho thấy khí CO được phát tán liên tục ra môi trường bên ngoài, với nồng độ CO tại đáy mỏ rất thấp, đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn theo QCVN 05:2013/BTNMT-Qui chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh.

Như vậy, hệ thống thông gió cơ học tỏ ra hiệu quả trong việc giảm thiểu nguồn ô nhiễm trong mỏ. Tuy nhiên, để lựa chọn sơ đồ thông gió và vị trí đặt quạt phù hợp, cần tiến hành kiểm chứng với các trường hợp thông gió khác nhau trước khi đưa ra quyết định cuối cùng.

4. Kết luận

Qua kết quả phân tích, đo đạc và khảo sát hiện trạng về điều kiện vi khí hậu, cùng với việc mô phỏng trường hợp gió tự nhiên và thông gió cơ học bằng phần mềm Ansys dựa trên phân tích CFD 2D, chúng tôi rút ra các kết luận sau:

Lớp ổn định khí quyển thuộc loại C vào ban ngày và E hoặc F vào ban đêm. Điều này cho thấy lớp không khí trong mỏ ở trạng thái trung tính vào ban ngày và hơi ổn định hoặc ổn định vào ban đêm, dẫn đến việc các chất ô nhiễm như PM10 hoặc khí độc khó bị phân tán ra khỏi mỏ.

Chỉ số Froude (Fr) nằm trong khoảng 0,1–0,7, cho thấy không khí trong mỏ bị tách biệt khỏi bầu khí quyển phía trên. Do đó, các chất ô nhiễm dạng hạt và khí không thể phân tán ra ngoài, dẫn đến nồng độ khí CO và PM10 tăng cao.

Các phép đo gradient nhiệt độ theo phương thẳng đứng bằng UAV xác nhận sự tồn tại của lớp nghịch đảo nhiệt độ. Mức độ ổn định khí quyển được phân loại là E và F dựa trên các phép đo gradient nhiệt độ, tương đồng với phân loại dựa trên tốc độ gió và chỉ số Fr.

Mô phỏng dòng chảy không khí với vận tốc gió tự nhiên 0,5 m/s và nồng độ khí CO cao phân bố ở đáy mỏ thông qua phân tích CFD cho kết quả tương tự với dữ liệu đo đạc thực tế tại hiện trường.

Kết quả mô phỏng trong trường hợp đặt 3 quạt với vận tốc 8 m/s cho thấy khả năng phát tán khí CO ra môi trường bên ngoài, chứng tỏ hiệu quả tiềm năng của việc sử dụng thông gió cơ học cho các mỏ lộ thiên sâu tại Việt Nam.

Những kết quả này cho thấy việc áp dụng hệ thống thông gió cơ học có thể cải thiện đáng kể việc khuếch tán các chất ô nhiễm trong mỏ, góp phần đảm bảo an toàn lao động và bảo vệ môi trường.

Tài liệu tham khảo

- Grainger, C, Meroney, R.N, 1993. Dispersion in an open-cut coal mine in stably stratified flow. *Bound.-Layer Meteorol.* 63, 117–140.
- Markov, V.A, Potashnik, E.L, Rivkind, V.Y, 1978. Two-dimensional mathematical model of natural ventilation processes in opencast mines. *Atmos. Oceanophys.* 14, 5.
- Mikkelsen, T, Nielsen, M, 2003. Modelling of pollutant transport in the atmosphere. *MANHAZ position paper, Risø National Laboratory, Denmark.*
- Hanna, S.R, Briggs, G.A, Hosker, R.F, 1982. Handbook on Atmospheric Diffusion Technical Information Center, U.S. Department of Energy DOE/TIC 11223.
- Woodward, J.L, 2010. Estimating the Flammable Mass of a Vapor Cloud, vol. 21. *Wiley, Hoboken.*
- Jitesh, K.M, 2015. Modelling the dispersion of dust generated from open pit mining (Unpublished bachelor dissertation). National institute of technology Rourkela, Odisha, India.
- Pasquill, F, 1961. The estimation of the dispersion of windborne material. *Meteorological Magazine.* 90: 33–49.

ABSTRACT

Study on the Application of Simulation Software for Microclimate Conditions and Ventilation in Coc Sau Coal Mine

Doan Van Thanh¹, Do Van Trieu¹, Tran Dinh Bao^{2,3}, Hoang Manh Thang¹, Hoang Dinh Nam²

¹*Institute of Mining Science and Technology - Vinacomin*

²*Hanoi University of Mining and Geology*

³*Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)*

The Coc Sau coal mine is one of the open-pit coal mines with significant depth and a very high annual volume of overburden removal. Surveys and measurements of microclimatic conditions at fixed and mobile stations installed within the mine indicate that pollutants are not dispersed into the external environment but accumulate within the mine's space. To assess the atmospheric patterns and microclimatic conditions of the mine, aiming to propose appropriate ventilation solutions for air neutralization, this study applies specialized air simulation software, Ansys, based on the most advanced current 2D CFD analyses..

Keywords: Simulation; Microclimate; Coc Sau; Ventilation

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)



ISBN: 978-604-76-3040-0



9 786047 630400

SÁCH KHÔNG BÁN