

**NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ GIẢM Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TRÊN CÁC MỎ THAN LỘ THIÊN VIỆT NAM**

**KS. Đỗ Văn Triều, KS. Hoàng Mạnh Thắng**  
*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*  
**TS. Trần Đình Bảo, KS. Hoàng Văn Vân**  
**TS. Nguyễn Tuấn Thành**  
*Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội*

*Biên tập: TS. Lưu Văn Thực*

**Tóm tắt:**

*Quá trình sản xuất trên mỏ lộ thiên, các khí CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> và bụi TSP phát thải từ các khâu công nghệ là một trong những tác nhân gây ô nhiễm không khí. Đặc biệt khi khai thác xuống sâu, khối lượng đất bóc, chiều cao nâng tải lớn,... làm tăng nồng độ các khí ô nhiễm. Do đó, cần nghiên cứu các giải pháp công nghệ giảm ô nhiễm không khí tại đầu nguồn thải và phân tán không khí bằng thông gió cưỡng bức, đảm bảo điều kiện vi khí hậu an toàn trên các mỏ than lộ thiên.*

**1. Đặt vấn đề**

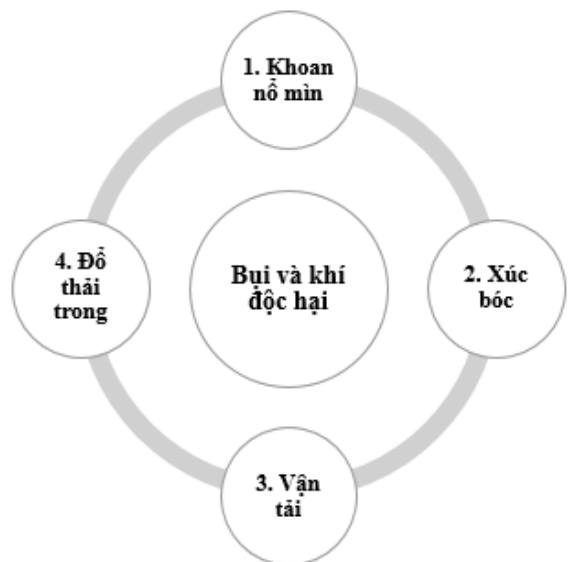
Các mỏ than lộ thiên lớn của Việt Nam đang khai thác dưới mức thoát nước tự chảy với đặc trưng là đất đá tập trung ở các tầng phía trên, than nằm phía dưới. Hiện nay, để đáp ứng khối lượng than sản xuất, các mỏ đang khai thác với chiều cao nâng tải, cung độ vận tải lớn (từ 4 ÷ 7 km), hệ số bóc sản xuất cao (10,7 ÷ 16,7 m<sup>3</sup>/T), công tác phá vỡ đất đá chủ yếu bằng khoan nổ mìn, công tác vận tải đất đá đa số đều sử dụng hình thức vận tải bằng ô tô đơn thuần có tải trọng từ 27 ÷ 130 tấn,... đây đều là các nguồn phát thải khí ô nhiễm như CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> và bụi lơ lửng trên khai trường mỏ than lộ thiên.

Khai thác xuống sâu, đáy mỏ chật hẹp, các khí ô nhiễm và bụi không có khả năng khuếch tán nhanh ra môi trường xung quanh, tích tụ tại đáy mỏ với nồng độ cao, thời gian dài, gây ảnh hưởng không nhỏ tới hiệu quả sản xuất và sức khỏe người lao động. Theo QCVN 05:2013/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh, quy định giới hạn không khí xung quanh, với CO: 30.000 µg/m<sup>3</sup>; NO<sub>2</sub>: 200 µg/m<sup>3</sup>; SO<sub>2</sub>: 350 µg/m<sup>3</sup> và bụi lơ lửng (TSP): 300 µg/m<sup>3</sup>. Do đó, cần nghiên cứu các giải pháp giảm ô nhiễm không khí tại đầu nguồn và phân tán không khí bằng thông gió cưỡng bức trên mỏ than lộ thiên.

**2. Các nguồn phát thải khí ô nhiễm trên mỏ lộ thiên**

Bụi và khí độc là tác nhân gây ô nhiễm không khí chủ yếu trên mỏ lộ thiên. Theo thống kê phát

thải ô nhiễm không khí trên các mỏ lộ thiên của trường Đại học A&M Texas, USA [5] thì nồng độ bụi và khí độc phát sinh trong công tác làm tươi đất khác. Trên cơ sở các điều kiện sản xuất thực tế tại các mỏ, các nguồn phát thải ô nhiễm không khí chủ yếu theo sơ đồ hình 1.



*Hình 1. Nguồn phát thải khí ô nhiễm trên mỏ lộ thiên*

**2.1. Khâu khoan nổ mìn**

- Công tác khoan:

Các máy khoan thủy lực, xoay cầu hiện nay sử dụng điện trên mỏ đều dùng khí nén để thổi phoi

làm sạch lỗ khoan, gây ra phát tán bụi vào môi trường (hình 2a). Đối với các máy khoan chạy dầu Diesel, sản phẩm khí thừa do động cơ khi hoạt động thải ra như oxit các bon, oxit nitơ, acrolein,... là thành phần khí độc hại phát thải vào môi trường.

- Công tác nổ mìn:

Theo lý thuyết, các thuốc nổ công nghiệp hiện nay 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), nitơ oxit (NO<sub>x</sub>) và lượng lớn bụi TSP (hình 2b).



a)



b)

Hình 2. Bụi và khí động phát tán trong công tác khoan, nổ mìn

**2.2. Khâu xúc bốc, vận tải và thải đá**

- Khâu xúc bốc: Bụi phát tán ra môi trường không khí chủ yếu tại thao tác dỡ tải đất đá, than đổ từ gầu xúc xuống thùng xe (hình 3a).

- 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, động cơ sử dụng Diesel đã thải ra oxit các bon, oxit nitơ, acrolein,... (hình 3b).

- Khâu đổ thải: Đất đá nổ mìn có kích thước khác nhau sẽ có chuyển động khác nhau trên sườn tầng thải. Trong phát tán bụi ra môi trường, đất đá dạng bột mịn, có đường kính cỡ hạt nhỏ tạo thành bụi, sẽ bị hút tung lên trong không khí khi ô tô đổ thải. Quá trình phát tán bụi xa hay gần phụ thuộc vào tốc độ gió, chiều cao bãi thải (hình 3c).



a) Khâu xúc bốc



b) Khâu vận tải



c) Khâu đổ thải

Hình 3. Khí ô nhiễm phát tán trong khâu xúc bốc, vận tải và đổ thải

Điều kiện vi khí hậu của mỏ đảm bảo an toàn cho người lao động, khi kết quả quan trắc định kỳ về nồng độ bụi và khí độc hại phải nhỏ hơn các chỉ số cho phép theo QCVN 05:2013/BTNMT (bảng 1) [1].

Như vậy, trong các khâu công nghệ khoan, nổ mìn, xúc bốc, vận tải và thải đá trên khai trường

Bảng 1. Giá trị giới hạn các thông số cơ bản trong không khí xung quanh

Stt	Thông số	Giá trị giới hạn, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		TB 1 giờ	TB 8 giờ	TB 24 giờ	TB năm
1	SO <sub>2</sub>	350	-	125	50
2	CO	30.000	10.000	-	-
3	NO <sub>2</sub>	200	-	100	40
4	O <sub>3</sub>	200	120	-	-
5	Bụi lơ lửng (TSP)	300	-	200	100
6	Bụi PM <sub>10</sub>	-	-	150	50
7	Bụi PM <sub>2,5</sub>	-	-	50	25
8	Pb	-	-	1,5	0,5

mỏ lộ thiên. Khí độc thải ra môi trường chủ yếu gồm các khí CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> và bụi gồm các loại TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>. Với bụi TSP bay lơ lửng trong không khí và tác động trực tiếp đến sức khỏe của người lao động trên khai trường.

**3. Các yếu tố ảnh hưởng đến phát tán khí ô nhiễm ra ngoài moong lộ thiên**

Việc tăng nồng độ khí ô nhiễm và bụi trong không gian khai thác một phần nguyên nhân đến từ việc hạn chế phát tán ra môi trường bên ngoài moong lộ thiên. Theo kết quả nghiên cứu đã có, 02 yếu tố chính ảnh hưởng đến phát tán khí ô nhiễm bao gồm: yếu tố hình học mỏ và các lớp khí quyển trong không gian mỏ.

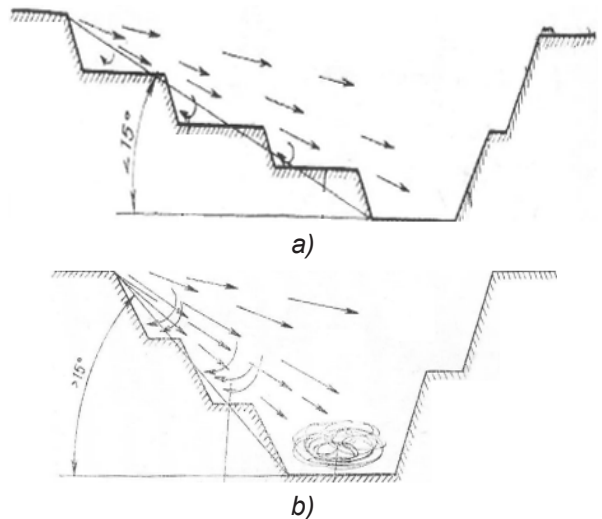
**3.1. Ảnh hưởng yếu tố hình học mỏ**

Các khí ô nhiễm được tạo ra được phân tán chủ yếu bởi chuyển động của khí quyển. Hiệu quả của sự phân tán được xác định bởi độ sâu đáy mỏ, độ dốc bờ mỏ, độ dốc của sườn tầng khai thác và chiều cao của mỏ, chưa tính đến điều kiện vi khí hậu của mỏ.

Hình 4a và 4b, khi gió bề mặt thổi dọc theo bề mặt của bờ mỏ, giảm dần dọc theo độ dốc của mỏ. Khi càng xuống sâu tốc độ thổi bị mất năng lượng do va chạm với các sườn tầng bởi ảnh hưởng của ma sát và độ nhám của độ dốc bờ mỏ. Do đó, việc luồng không khí tự nhiên có thổi được tới đáy mỏ hay không được quyết định bởi nhiều yếu tố khác nhau.

Với góc dốc bờ mỏ lớn hơn 15° (hình 4b), ngay cả khi lớp không khí tự nhiên ở bề mặt thổi tới đáy nhưng ở tầng sâu nhất sẽ tạo ra lớp không khí quẩn. Điều này là nguyên nhân dẫn tới sự ô nhiễm không thể thoát ra khỏi mỏ mà tập trung chủ yếu tại đáy của mỏ.

**3.2. Ảnh hưởng của các lớp khí quyển trong không gian mỏ**

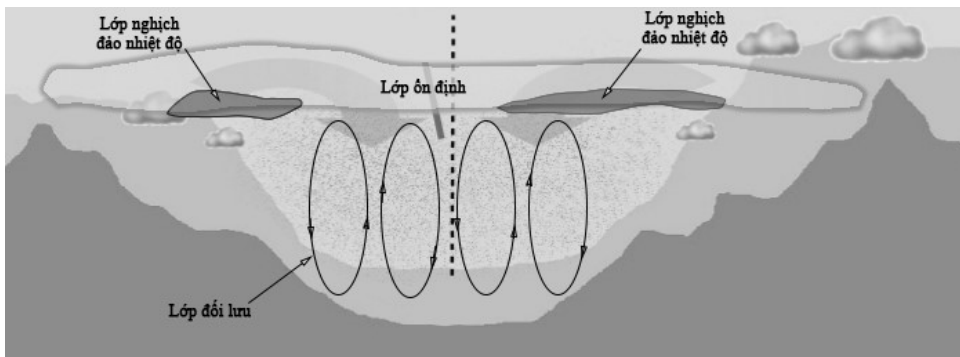


Hình 4. Ảnh hưởng của hình học mỏ đến phân tán khí ô nhiễm

Theo Hanna và công sự [3], lớp khí quyển trong không gian mỏ được đặc trưng bởi ba yếu tố: Lớp ổn định, lớp đối lưu và lớp đảo ngược nhiệt độ (hình 5).

- Lớp ổn định: là một luồng không khí dịch chuyển theo phương thẳng đứng ngăn cách giữa khí quyển trong và ngoài không gian mỏ. Theo đó, ở trạng thái ổn định, lớp khí quyển trên ngăn chuyển động thẳng đứng của khí ô nhiễm. Pasquill và Gifford [4] đã phát triển một phương pháp phân loại lượng nhiễu động có trong khí quyển và nó được coi là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất để đánh giá lớp ổn định: Điểm từ A → F tương ứng với trạng thái rất không ổn định → ổn định của lớp khí.

- Lớp đảo ngược nhiệt độ: Xảy ra khi có chênh lệch nhiệt độ bất thường theo độ cao giữa ngày và đêm, ảnh hưởng đến sự khếch tán khí ô nhiễm



Hình 5. Các lớp khí quyển trong không gian mỏ

trong không gian mỏ. Về bản chất lớp đảo ngược nhiệt độ bản thân nó không có nguy hiểm. Tuy nhiên, nó lại là nguyên nhân chính dẫn đến nguồn không khí ô nhiễm không thể phát tán ra bên ngoài.

- Lớp đối lưu: Lớp đối lưu là lớp không khí phía dưới tiếp xúc với mặt đất. Độ sâu của nó thay đổi phụ thuộc theo mùa, vị trí, gió, điều kiện khí tượng và bức xạ mặt trời. Đặc trưng của lớp đối lưu là chứa khí và bụi.

Như vậy, lớp ổn định và lớp đảo ngược nhiệt độ đóng vai trò ngăn chặn chuyển động thẳng đứng của khí ô nhiễm trong mỏ ra môi trường bên ngoài. Còn lớp đối lưu sự vận động của không khí mang theo khí độc và bụi di chuyển liên tục trong không gian giữa lớp ổn định, lớp đảo ngược và bề mặt địa hình.

**4. Các giải pháp giảm thiểu ô nhiễm không khí trong các khâu công nghệ sản xuất**

Từ nghiên cứu các nguồn phát thải và các yếu tố ảnh hưởng đến việc phát tán khí ô nhiễm ra môi trường bên ngoài. Các giải pháp giảm thiểu ô nhiễm không khí bao gồm:

- Xử lý trực tiếp tại đầu nguồn thải;
- Phân tán không khí ô nhiễm bằng thông gió cưỡng bức.

**4.1. Xử lý trực tiếp tại đầu nguồn thải**

Các giải pháp tập trung vào việc hạn chế việc phát tán khí ô nhiễm tại các khâu khoan nổ, xúc bốc, vận tải và đổ thải (hình 6).

**a) Khâu khoan nổ mìn**

- Giải pháp khoan ướt:

Trong quá trình khoan, sử dụng vòi phun nước áp suất cao để hấp thụ bụi. Vòi phun được bơm khí nén và chất lỏng để tạo ra các mô hình phun như: Hình nón hoàn chỉnh, hình nón rỗng hoặc hình quạt phẳng, để hấp thụ tối đa lượng bụi sinh ra (hình 7a).

- Giải pháp khoan khô với hệ thống thu gom



Hình 6. Các giải pháp xử lý ô nhiễm không khí tại đầu nguồn thải

bụi:

Giải pháp này sử dụng hệ thống thu gom bụi gắn trên máy khoan, khi sử dụng hệ thống này có thể giảm lượng bụi phát ra tới 99%. Cơ cấu hoạt động của hệ thống thu gom bụi kho trên máy khoan thể hiện 7b.

- Sử dụng búa nước và búa gel PWS:

Búa nước và gel PWS, hoạt động như một màn chắn, khi sóng kích nổ, hấp thụ khí nổ và ngăn cản bụi phát tán vào môi trường. Tuy nhiên, với búa PWS có thể điều chỉnh mật độ dung dịch thành chất rắn hòa tan và không hòa tan. Điều này làm tăng hiệu suất nổ và giảm lượng phát tán bụi TSP ra môi trường xung quanh.

**b) Khâu xúc bốc, vận tải và đổ thải**

Khâu xúc bốc: Giải pháp sử dụng vòi phun làm ướt bề mặt gương xúc để hạn chế bụi phát tán.

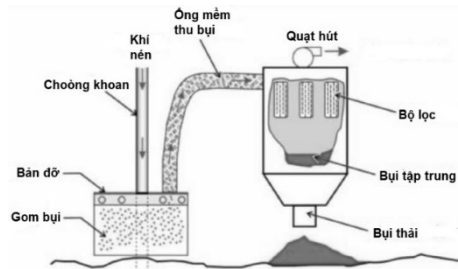
Khâu vận tải: Bên cạnh việc tưới nước hạn chế bụi vào mùa khô. Sử dụng dung dịch hóa cứng mặt đường là giải pháp ngăn bụi phát tán trong công tác vận tải.

Dung dịch “Lignosulphonat” được tạo thành



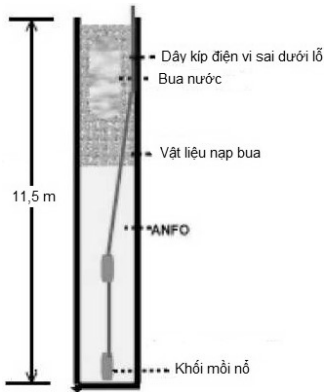


a) Vòi phun cho giải pháp khoan ướt

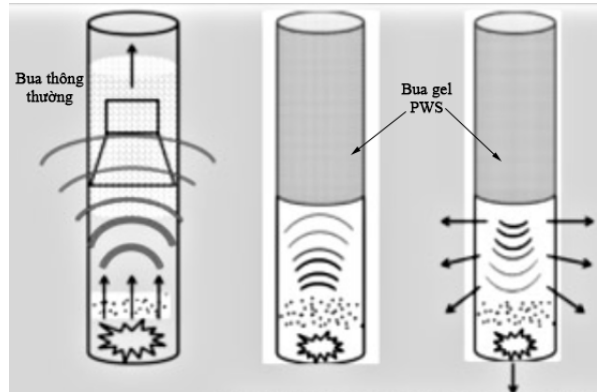


b) Hệ thống thu gom bụi khô

Hình 7. Giải pháp giảm bụi khô khoan



a) Bua nước



b) Bua gel PWS

Hình 8. Bua nước và búa gel PWS để giảm bụi và khí độc

từ hợp chất Polyme polyelectrolyte anion hòa tan trong nước, chúng là sản phẩm phụ từ quá trình sản xuất bột gỗ bằng cách sử dụng sulfite, không chứa dioxin và độc tính rất thấp đối với động vật và thực vật.

#### 4.2. Phân tán khí ô nhiễm bằng thông gió cưỡng bức

Đối với các mỏ lộ thiên khai thác xuống sâu, kích thước khai trường chật hẹp, chiều cao bờ mỏ lớn. Dưới tác động của yếu tố hình học mỏ và các lớp khí quyển trong không gian mỏ, gió tự nhiên không đáp ứng nhu cầu phân tán khí ô nhiễm và bụi ra môi trường bên ngoài. Do đó, giải pháp thông gió cưỡng bức mang lại hiệu quả tích cực.

Kết quả mô phỏng 2D cho giải pháp thông gió cưỡng bức với 05 quạt mắc nối tiếp; đường kính quạt 1,5 m; tốc độ gió 40 m/s; góc đặt quạt theo góc nghiêng bờ mỏ xem hình 10 [2].

Hệ thống thông gió cưỡng bức đạt hiệu quả khi hướng thổi của quạt theo chiều gió tự nhiên, góc đặt quạt bằng hoặc  $150^\circ$  so với góc dốc bờ mỏ, sơ đồ quạt lắp đặt nối tiếp, kết cấu của quạt được tích hợp hệ thống phun sương dập bụi. Các bước vận hành hệ thống quạt được thực hiện như sau:

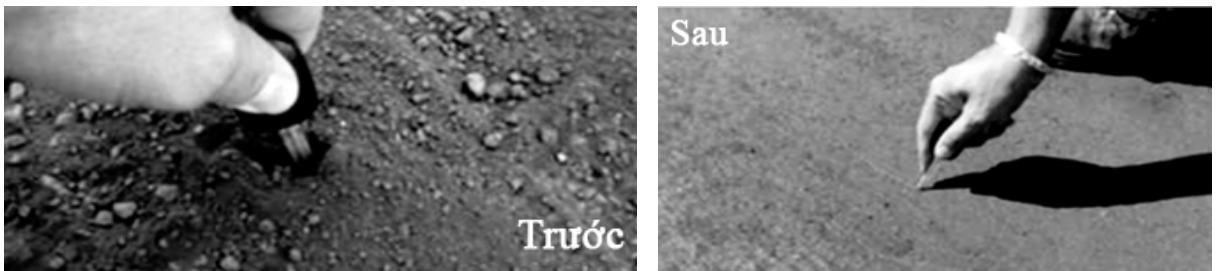
- Bước 1: Xác định vùng ô nhiễm dựa trên thiết mạng lưới thiết bị quan trắc cảm biến di động lắp đặt trong không gian mỏ;
- Bước 2: Lên kế hoạch về vị trí lắp đặt trạm quạt, trạm đạt hiệu quả khi lắp đặt thuận theo chiều gió tự nhiên;
- Bước 3: Di chuyển quạt bình chứa nước, đường dây cấp điện đến vị trí đã định;
- Bước 4: Thiết lập thông số về góc đặt quạt, thời gian vận hành hệ thống phun sương;
- Bước 5. Kết thúc thông gió khi dòng không khí do trạm quạt tạo ra đi lên đến vị trí cao nhất của bờ mỏ theo miền thoát hoặc nồng độ chất ô nhiễm trong moong giảm.

Như vậy, với các giải pháp công nghệ: Xử lý trực tiếp tại đầu nguồn thải và phân tán không khí ô nhiễm bằng thông gió cưỡng bức, sẽ góp phần giảm thiểu ô nhiễm không khí trong không gian khai thác khi mỏ lộ thiên xuống sâu.

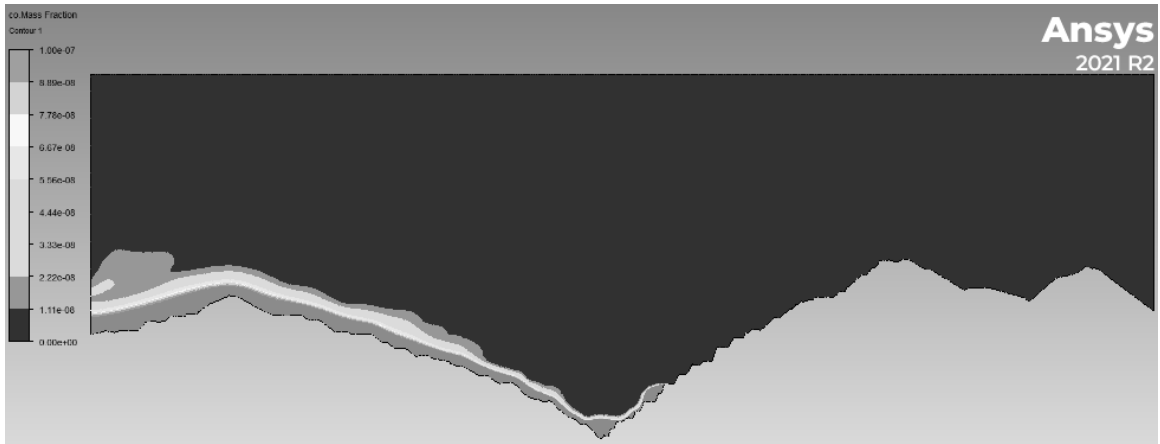
#### 5. Kết luận

Các mỏ lộ thiên khai thác xuống sâu, kích thước khai trường chật hẹp, để giảm nồng độ khí ô nhiễm và bụi lơ lửng, có thể áp dụng các giải pháp công nghệ theo 02 hướng sau:

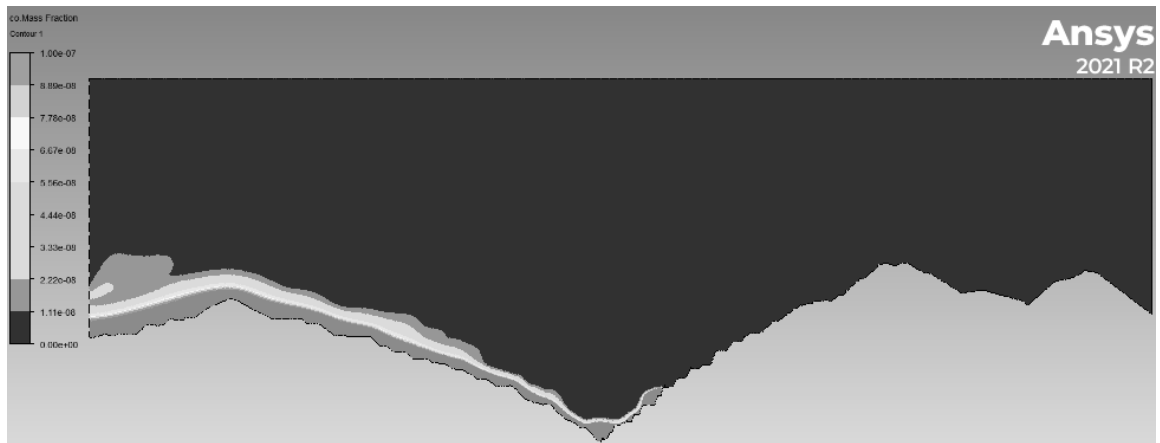
- + Xử lý trực tiếp tại đầu nguồn thải;



Hình 9. Công nghệ giảm bụi bằng giải pháp hóa cứng mặt đường



a) Mô hình luồng gió từ hệ thống quạt cường bức



b) Mô hình khí ô nhiễm theo luồng gió thoát ra môi trường bên ngoài  
Hình 10. Mô phỏng kết quả áp dụng giải pháp thông gió cường bức

+ Phân tán không khí ô nhiễm bằng thông gió cường bức.

Để đánh giá hiệu quả của giải pháp công nghệ, cần tiến hành nghiên cứu, thực nghiệm, kiểm tra, giám sát trên khai trường, làm cơ sở đưa công nghệ vào thực tế sản xuất.

**Tài liệu tham khảo:**

[1]. QCVN 05:2013/BTNMT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung

quanh.

[2]. Viện Khoa học công nghệ Mỏ - Vinacomn, Nghiên cứu khả năng ứng dụng phần mềm mô phỏng điều kiện vi khí hậu và thông gió cho mỏ than Cọc Sáu, Bản tin Thông tin Khoa học Công nghệ Mỏ, số 2/2022.

[3]. Hanna, S.R., Briggs, G.A., Hosker, R.F.: Handbook on Atmospheric Diffusion Technical Information Center, U.S. Department of Energy



DOE/TIC 11223 (1982).

[4]. Nguyen, V., Kim, D., Hur, W., Lee, C.: *Experimental and CFD study on the exhaust efficiency of a smoke control fan in blind entry development sites*. Tunn. Undergr. Space 28(1), 38–58 (2018).

[5]. US Department of Energy. *Improving Fan system performance*. A sourcebook for industry, 2003.

---

## Research on technological solutions to reduce air pollution in opencast coal mines in Vietnam

**Eng. Do Van Trieu, Eng. Hoang Manh Thang**

*Vinacomin-Institute of Mining Science and Technology*

**Dr. Tran Dinh Bao, Eng. Hoang Van Van, Dr. Nguyen Tuan Thanh**

*Hanoi University of Mining and Geology*

### **Abstract:**

*In the production process at open-pit mines, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and TSP dust emitted from technological stages are one of the causes of air pollution. Especially, in the deep mining, the great volume of overburden, the high lifting height, etc., increased the concentration of polluting gases. Therefore, it is necessary to study technological solutions to reduce air pollution at the source of discharge and air dispersal by forced ventilation, which ensures safe microclimate conditions at opencast coal mines.*