



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Application of numerical modelling method for determination of underground mining's impact on constructions in G9 coal storage at Mong Duong coal mine by using program UDEC2D



Hung Duc Pham ^{1,*}, Dung Tien Van Mac ²

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Vietnam National Coal - Mineral Industries Holding Corporation Limited, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16th Feb. 2021

Revised 18th May 2021

Accepted 16th June. 2021

Keywords:

G9 coal storage,
Mong Duong coal mine,
Soil and rock deformations,
Underground mining.

ABSTRACT

The coal extraction in longwall creates voids that destroy the natural stress balance in underground. This causes deformation and failure of rock and consequently damage of surface construction and environment. In Vietnam, surface construction damage caused by underground mining is quite common such as fan station at level +142 m Mao Khe coal mine, water burst at roadway level -60 m Thong Nhat coal mine, road crack near Yen Tu pagoda, or surface subsidence at Khe Cham coal preparator. Due to the displacement magnitude and nature of damaged constructions such as private house, industrial building or railway, a coal mine may need to stop production and suffers great economic loss. The East wing of L7 coal seam is medium in thickness and gentle-inclined in dip angle. It completely underlays the G9 storage at Mong Duong coal mine. According to the mining schedule, this seam is planned to be extracted by drilling-and-blasting method and be supported by self-moving hydraulic frame GK. This poses a safety risk to equipment operating in the storage. It is extremely necessary to find a reasonable mining solution to ensure the safety of G9 coal storage constructions and minimize the loss of resources for this L7 coal seam. In this paper, the author uses numerical modelling method to determine the impact of underground mining on surface constructions in G9 coal storage at Mong Duong coal mine.

Copyright © 2021 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: phamduchung@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(5a).03



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Ứng dụng phương pháp mô hình số xác định ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến các công trình thuộc cụm kho G9 mỏ than Mông Dương bằng phần mềm UDEC - 2D

Phạm Đức Hưng^{1,*}, Mạc Văn Tiến Dũng²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 16/02/2021

Sửa xong 18/5/2021

Chấp nhận đăng 16/6/2021

Từ khóa:

Cụm kho G9,
Dịch chuyển biến dạng đất đá,
Khai thác hầm lò,
Mỏ than Mông Dương.

Công tác khấu than ở lò chợ tạo nên các khoảng trống, làm mất thế cân bằng tự nhiên của ứng suất trong lòng đất, gây nên các hiện tượng dịch chuyển biến dạng đất đá và phá hủy công trình, môi trường. Tại Việt Nam, hiện tượng biến dạng do khai thác hầm lò xảy ra khá phổ biến như tại trạm quạt ở mức +142 m mỏ Mạo Khê bị hỏng, mỏ Thống Nhất bị bực nước vào lò mức - 60 m; nứt nẻ mặt đất gần chùa Yên Tử; sụt lún mặt bằng xây dựng Nhà máy sàng tuyển than Khe Chàm,... Do cường độ dịch chuyển và tính chất của từng công trình cụ thể như nhà ở, nhà công nghiệp, đường sắt, có thể bị hư hỏng phải sửa chữa, tạm thời ngừng sản xuất, ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình sản xuất, gây thiệt hại về kinh tế cho mỏ. Vĩa than L7 cánh Đông thuộc vỉa dày trung bình, dốc thoải nghiêng nằm hoàn toàn dưới cụm kho G9 mỏ than Mông Dương. Theo kế hoạch của Công ty Cổ phần than Mông Dương, vĩa than này sẽ tiến hành khai thác bằng khoan nổ mìn, chống giữ bằng giá GK, tìm ẩn nguy cơ mất an toàn cho các thiết bị hoạt động ở đây. Việc tìm ra giải pháp khai thác đảm bảo an toàn các công trình tại cụm kho G9 và giảm thiểu tổn thất tài nguyên lò chợ vỉa L7 là rất cần thiết. Trong phạm vi bài báo, các tác giả sử dụng phương pháp mô hình số để đánh giá ảnh hưởng của khai thác ở lò chợ vỉa L7 cánh Đông đến các công trình trên mặt thuộc cụm kho G9 mỏ than Mông Dương.

1. Mở đầu

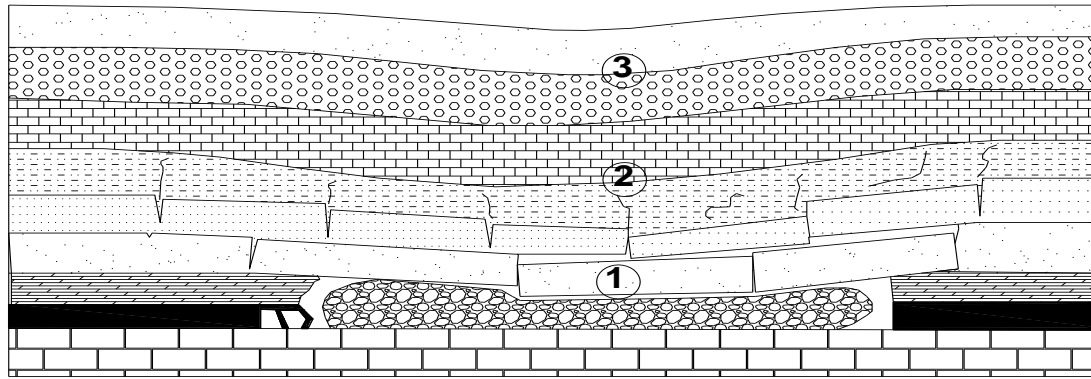
Quá trình khai thác than hầm lò gây ra sự biến dạng của đá vách làm thay đổi trạng thái cân bằng của khối đất đá nguyên trạng, các lớp đất đá có xu

thế dịch chuyển để tạo nên trạng thái cân bằng mới (Đỗ Mạnh Phong, Vũ Đình Tiến, 2008). Dịch chuyển của đất đá là một trong những vấn đề quan trọng trong lĩnh vực khai thác mỏ hầm lò. Trong điều kiện khai thác - địa chất xác định, các lớp đất đá và mặt đất dịch chuyển, biến dạng có thể làm hư hại các công trình trên bề mặt cũng như các đường lò trong khu vực khai thác. Theo hướng từ khoảng trống đã khai thác lên phía trên, trong địa tầng có thể phân biệt ba vùng (đới) (Qian Ming Gao, 2011), đặc trưng

*Tác giả liên hệ

E - mail: phamduchung@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(5a).03



Hình 1. Các vùng dịch chuyển biến dạng khối đá phía trên khu vực khai thác điều khiển đá vách bằng phá hỏa toàn phần. (1 - Vùng sập đổ; 2 - Vùng nứt nẻ - 3 - Vùng sụt lún.)

các mức độ phá hủy của đá mỏ khác nhau: vùng sập đổ, vùng uốn võng cùng với rạn nứt và vùng uốn dẻo mà không bị phá hủy (vùng sụt lún).

Trong vùng sập đổ, sự dịch chuyển của các tầng và khối đá rời rạc xảy ra theo từng chu kỳ, cùng với tiến độ của gương lò chợ. Với diện bóc lộ lớn, chiều cao của vùng này đạt từ 2÷4 lần chiều dày của vỉa (Phạm Đức Hưng, 2018).

Theo các nghiên cứu của Qian Ming Gao (2011) tại Trung Quốc, quá trình khai thác ở lò chợ điều khiển đá vách bằng phá hỏa toàn phần sẽ gây ra sự biến dạng của đá vách. Sự biến dạng có thể biểu hiện ở dạng dịch chuyển của đá mà không bị phá hủy, cũng có thể ở dạng nứt nẻ và đứt gãy. Ban đầu, các lớp đá nằm ngay trên vỉa than bị phá hủy, sau đó xảy ra dịch chuyển các lớp đá vách nằm trên theo mức độ phát triển của công tác khấu than.

Lò chợ L7-1, L7-2 cánh Đông mức -100÷-160 m và mức -230÷-160 m có chiều dày trung bình 3,0 m, góc dốc trung bình 30°. Hai lò chợ này nằm hoàn toàn dưới khu vực cụm kho G9 của mỏ than Mông Dương và có sơ đồ chuẩn bị khai thác thể hiện như trên Hình 2. Các lò chợ tại khu vực này đều khai thác bằng khoan nổ mìn chống giữ bằng giá GK, điều khiển đá vách bằng phá hỏa toàn phần.

Việc xác định ranh giới ảnh hưởng của khai thác hầm lò tại lò chợ vỉa L7 cánh Đông đến các đối tượng công trình trên mặt đất và trong hầm lò để có biện pháp bảo vệ cũng như đề ra phương pháp và kế hoạch khai thác lò chợ này là vô cùng quan trọng. Quá trình xác định ranh giới này được thực hiện thông qua xác định khoảng cách an toàn (Phạm Đức Hưng, 2020) tức là xác định độ sâu dưới mức độ ảnh hưởng của khai thác hầm lò gây ra biến dạng phá hủy các công trình thuộc khu vực kho G9 mỏ than Mông Dương.

2. Cơ sở giải quyết vấn đề

Việc khai thác than sẽ tạo ra một khoảng trống ở lò chợ do phần than bị lấy đi. Khi sử dụng phương pháp điều khiển áp lực bằng phá hỏa toàn phần, đất đá vách sẽ bị sập đổ và lấp đầy khoảng trống đã khai thác. Do vậy, sẽ kéo theo sự dịch chuyển của địa tầng đất đá ở xung quanh khu vực đá vách lò chợ về phía nó. Quá trình này sẽ phát triển hoàn toàn phụ thuộc vào phần than bị lấy đi ở trong lò chợ (Fu Yu Hua, 2010). Cũng đã có nhiều nghiên cứu chuyên sâu nhằm xác định quá trình dịch chuyển của địa tầng đất đá vách do khai thác ở lò chợ gây ra bằng việc sử dụng các phương pháp phân tích (analytical method) và thường được chia thành 3 nhóm (Peng hongge, 2012):

+ Nhóm 1: gồm các phương pháp dựa trên lý thuyết cơ học truyền thống như phương pháp tỉ lệ chiều dày dầm (thickness - span ratio) và lý thuyết K. B. Lu Peinie;

+ Nhóm 2: gồm các phương pháp thí nghiệm mô phỏng tương đương; bằng việc xây dựng các mô hình tương tự như ngoài thực tế, ứng suất, biến dạng và phá hủy của đất đá có thể được tìm hiểu chi tiết;

+ Nhóm 3: gồm các phương pháp mô phỏng số và phát triển mạnh trong thời gian gần đây.

Để xác định chiều cao của vùng sập đổ và nứt nẻ do khai thác hầm lò gây ra (nguyên nhân của sự dịch chuyển đất đá) trong điều kiện địa chất cụ thể, các phương pháp dựa trên mô phỏng số căn cứ theo tham số cơ lý đá/than tại khu vực khai thác. Trên thế giới, việc nghiên cứu áp dụng phương pháp mô hình số là công cụ đặc lực và hiệu quả, có tính sát thực được áp dụng trong thực tiễn khai thác cao, điều mà ở Việt Nam chưa phổ biến. Một

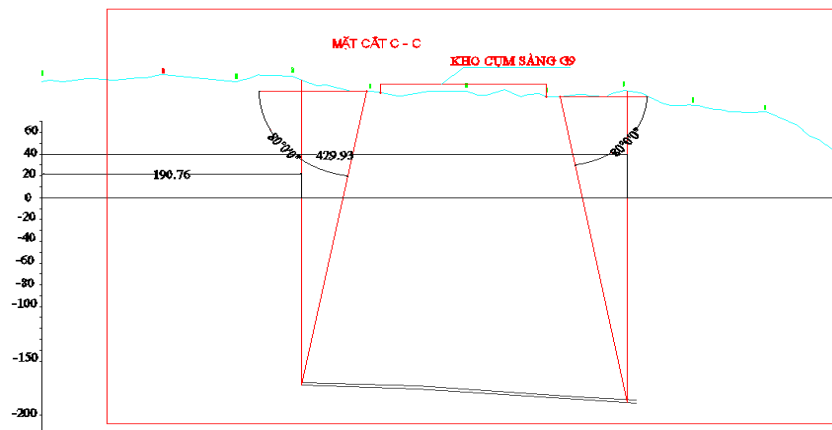
mô hình số mới có khả năng mô phỏng tương minh dịch động đá cũng như quá trình hình thành khe nứt thứ sinh do hoạt động lò chợ gây ra ở đá vách cũng như đánh giá mức độ ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến các công trình trên mặt vượt qua được các hạn chế trong các nghiên cứu trước (Le Tien Dung, 2018).

Phần mềm UDEC - 2D là phương tiện chính, phù hợp với việc xử lý trong môi trường không liên tục của đất đá, trong không gian hai chiều dưới tác động của tải trọng tĩnh hoặc động, thông qua hình thức các khối nhỏ (Phạm Đức Hưng, 2016). Các mặt không liên tục thể hiện ở các không gian giữa các khối nhỏ, cho phép các khối này sụt lún và chuyển động mạnh. Đối với lĩnh vực khai thác mỏ, đặc biệt là khi khai thác xuống sâu thì

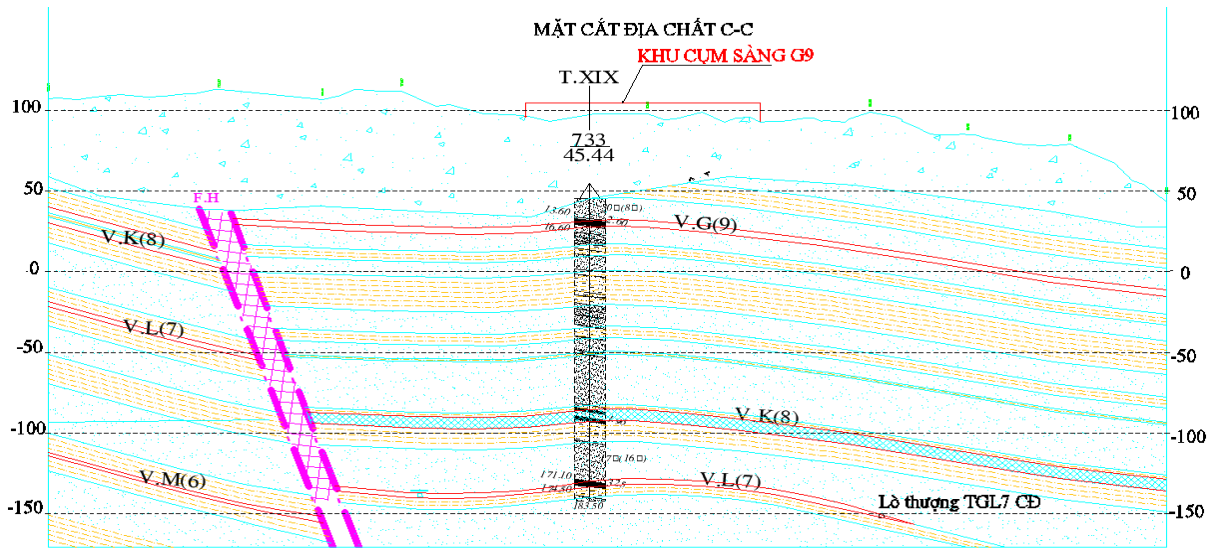
UDEC 2D là một phương tiện hữu hiệu trong việc dự báo quá trình sập đổ đá vách lò chợ trong khi khai thác. Trong nghiên cứu này, dựa theo đặc điểm cấu tạo địa chất của vỉa L7 cánh Đông có phân bố địa tầng (các Hình 2, 3) cùng các tham số cơ học của các loại đá như trong Bảng 1, kết hợp sử dụng phần mềm UDEC - 2D để lập mô hình số, mô phỏng trạng thái biến đổi của đá vách khi khấu than ở lò chợ. Căn cứ vào kết quả phân tích trên mô hình xác định được tổng chiều cao sập đổ, chiều cao nứt nẻ và mật độ hệ thống khe nứt tại khu vực đá vách do khai thác ở lò chợ gây ra. Đồng thời kết hợp với hiện trạng khai thác của các lò chợ vỉa 7 cánh Đông dưới cụm kho G9 để tổng hợp đánh giá mức độ ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến các công trình trên mặt trong khu vực này.



Hình 2. Sơ đồ chuẩn bị khai thác lò chợ vỉa L7 cánh Đông dưới cụm kho G9 mỏ than Mông Dương. (Nguồn: Google Maps).



Hình 3. Khoảng cách từ vị trí khu vực khai thác đến các công trình trên mặt thuộc cụm kho G9.



Hình 4. Mặt cắt địa chất C - C và cột địa tầng lỗ khoan tuyến T.XIX.

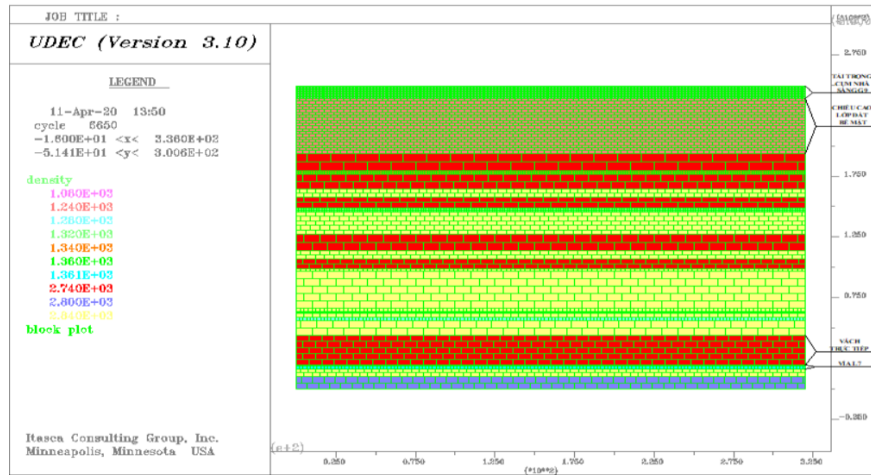
Bảng 1. Tổng hợp kết quả phân tích mẫu đá vách trụ trong vỉa L7 cánh Đông.

Vị trí lấy mẫu	Loại nham thạch	Giá trị	Cường độ kháng nén σ_n (kG/cm ²)	Cường độ kháng kéo σ_k (kG/cm ²)	Góc nội ma sát (độ)	Lực dính kết (C)	Khối lượng thể tích (g/cm ³)
Vách vỉa 7 cánh Đông	Cát kết	Lớn nhất			34,30'	265	
		Nhỏ nhất			32,05'	219	
		Trung bình	898,1	76,33	33,13'	240,67	2,74
	Bột kết	Lớn nhất	549	49,75	34,00'	179	2,78
		Nhỏ nhất	435,6	58,29	32,12'	93	3
		Trung bình	495,37	47,22	33,13'	134	2,84
Trụ vỉa 7 cánh Đông	Sạn kết	Lớn nhất	1877	187,1	34,05'	575	2,71
		Nhỏ nhất	968,57	90,26	33,50'	294	2,63
		Trung bình	1422,79	138,68	33,55'	434,5	2,67
	Cát kết	Lớn nhất			34,30'	265	
		Nhỏ nhất			32,05'	219	
		Trung bình	898,1	76,33	33,13'	240,67	2,74
	Bột kết	Lớn nhất	549	49,75	34,00'	179	2,78
		Nhỏ nhất	435,6	58,29	32,12'	93	3
		Trung bình	495,37	47,22	33,13'	134	2,84

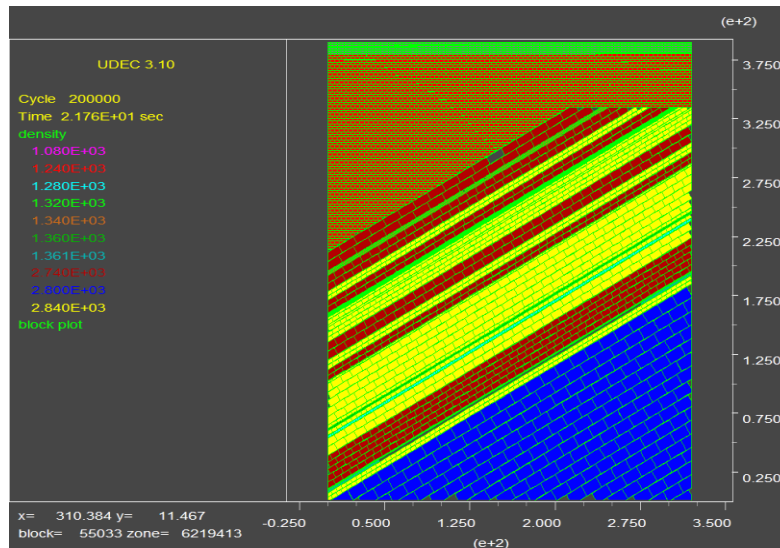
3. Phân tích kết quả mô hình

Từ kết quả phân tích trên phần mềm UDEC - 2D version 3.1, xác định kích thước của đới sập đổ, kích thước của đới nứt nẻ, đồng thời tiến hành so sánh với khoảng cách từ khu vực khai thác đến vị trí các công trình trên mặt thuộc cụm kho G9 làm cơ sở đánh giá mức độ ảnh hưởng của hoạt động ở lò chợ vỉa L7 cánh Đông đến độ ổn định của các công trình này cho mỏ than Mông Dương.

Trên bề mặt địa hình là cụm kho G9 có tải trọng 200.000 tấn, kích thước của khu vực cụm kho khoảng 200x100 m và mô hình số được thiết lập coi khu vực này như một tải trọng trên cùng. Thông qua tính toán tải trọng thuộc cụm kho G9 tương đương với tải trọng cộng thêm trên mô hình có chiều cao là 10 m. Mô hình số UDEC được thực hiện với chiều cao 250 m, chiều rộng 320 m tương ứng với đặc điểm địa tầng của đất đá trên mặt cắt theo phương tuyến C - C, mô hình thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Mô phỏng khi lò chợ khai thác dịch chuyển theo phương bằng UDEC 3.1.



Hình 6. Mô phỏng khi lò chợ khai thác dịch chuyển theo hướng dốc bằng UDEC 3.1.

Mô hình lò chợ theo hướng dốc thể hiện trên Hình 6 được lập với kích thước chiều cao 390 m, chiều rộng 320 m, chiều dài lò chợ 130 m, góc dốc lò chợ 30°, chiều dày trung bình của vỉa là 3 m.

Quá trình khai thác lò chợ được mô phỏng theo tiến độ khấu của công nghệ khai thác khoan - nổ mìn chống giữ bằng giá khung GK với tốc độ dịch chuyển của lò chợ trên mô hình khoảng 2 m/bước tiến. Tiến hành tổ chức khấu thường kỳ, thu hồi than nóc theo thiết kế thi công lò chợ nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của khai thác ảnh hưởng của khai thác lò chợ đến các công trình trên mặt thuộc cụm kho G9. Lò chợ khấu với chiều cao 2,2 m kết hợp thu hồi than nóc. Khi lò chợ khấu theo phương được 2 m vách trực tiếp và vách cơ bản chưa có hiện tượng sập đổ, quá trình hình thành các khe nứt

chưa xảy ra. Khi đó, đá vách chưa có sự dịch chuyển đáng kể nào. Tiếp tục cho lò chợ khấu đến 18 m theo phương, cho thấy vách trực tiếp bắt đầu có hiện tượng nứt, tách lớp và sập.

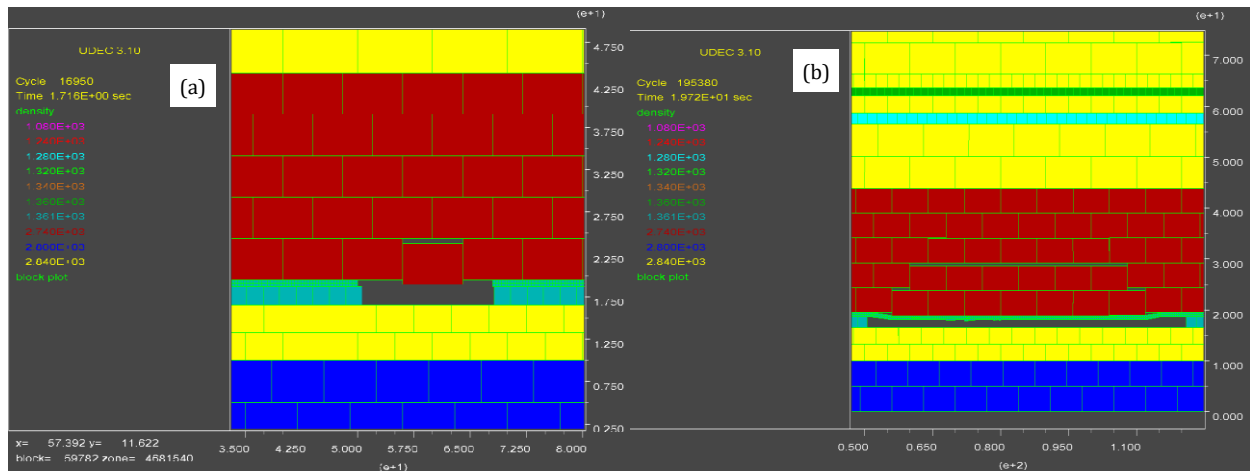
Quá trình hình thành các khe nứt dần xuất hiện chủ yếu ở khu vực vách trực tiếp, áp lực lớn nhất tại khu vực này từ 4÷6 MPa. Đất đá dần hình thành sự dịch chuyển về khu vực khai thác, trạng thái đá vách của lò chợ khi đó được thể hiện ở Hình 7a. Lò chợ khấu theo phương được 30 m, vách trực tiếp sập tương đối rõ nét thể hiện trên Hình 7b.

Quá trình xuất hiện dịch động đất đá đã hình thành tại vách của lò chợ, hệ thống khe nứt hình thành rõ nét tại khu vực vách trực tiếp, áp lực khu vực này vẫn trong khoảng 4÷6 MPa, giá trị áp lực lớn nhất tại khu vực phía trước gương lò chợ

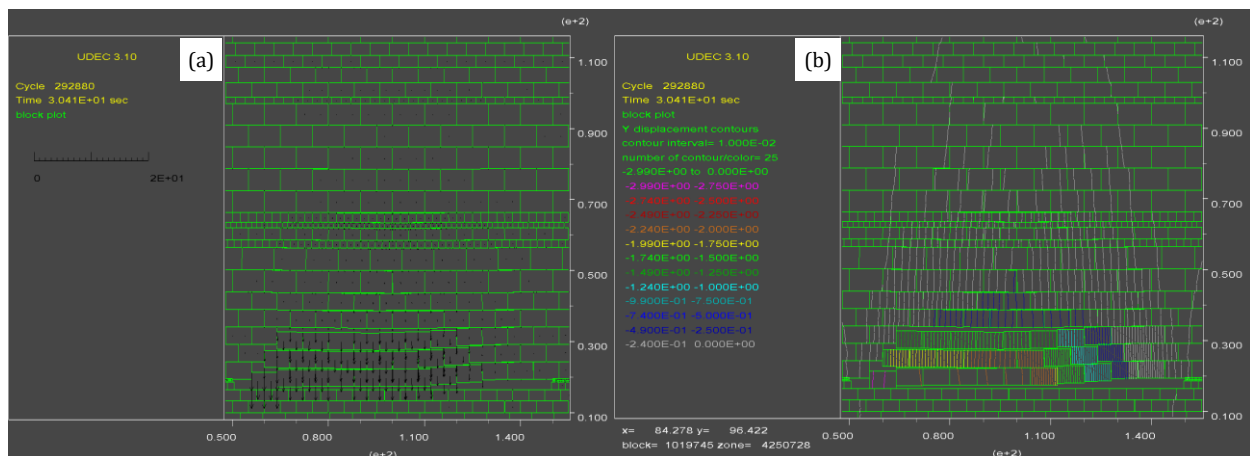
khoảng 8 MPa. Lò chợ tiếp tục khấu đến 70 m theo phương, quá trình hình thành các khe nứt tại vách lò chợ đã xuất hiện với mật độ cao hơn. Khu vực khai thác có vách trực tiếp là bột kết với chiều dày vách trực tiếp tương đối lớn (khoảng 24 m), do vậy việc sập đổ của vách trực tiếp cũng khó hơn. Khi đó, vách trực tiếp bị phá hủy gần hết chiều dày của nó (khoảng 22 m). Áp lực tại khu vực khai thác đạt khoảng từ 4÷6 MPa, lớn nhất vẫn ở khu vực phía trước gương lò chợ với giá trị khoảng 8 MPa. Chiều cao sập đổ và nứt nẻ tại các trường hợp khai thác này khác biệt không nhiều, khoảng 30 m. Quan trắc trên mô hình cho thấy, khi lò chợ khấu 70 m và khấu 100 m theo phương thì áp lực đá vách có sự tương đồng (Hình 8). Như vậy, đá vách phía sau lò chợ dần đi vào ổn định. Theo biểu đồ tổ chức của sơ đồ công nghệ khai thác lò chợ bằng khoan - nổ mìn, chống giữ bằng giá khung GK ở mỏ Mông Dương thì

với điều kiện lập của mô hình khi khấu theo phương được 70 m, khoảng sau hơn 2 tháng khai thác khu vực đá vách phía sau lò chợ đã phá vỡ dần bị nén chặt lại. Giá trị của áp lực đá vách vẫn trong khoảng 2÷6 MPa, chiều cao sập đổ và nứt nẻ của các phương án khai thác không có sự thay đổi nhiều dao động 70÷90 m. Tuy nhiên, có thể thấy, lúc này vách cơ bản đã hoàn toàn bị ảnh hưởng bởi hoạt động khấu than ở lò chợ.

Mức độ dịch chuyển của đất đá vào khu vực khai thác ngày càng phát triển thể hiện qua các véc tơ dịch chuyển đất đá ở Hình 9. Quá trình hình thành khe nứt phát triển với phạm vi rộng hơn và có xu hướng lên đến khu vực đất đá phủ gần bề mặt. Như vậy, lò chợ tiếp tục khấu theo phương thì vẫn duy trì tình trạng ổn định áp lực nếu không có sự thay đổi bất thường của điều kiện địa chất cục bộ. Hệ thống khe nứt tiếp tục hình thành theo xu



Hình 7. Trạng thái của đá vách lò chợ vỉa L7 cánh Đông khi khấu 18 m và 30 m theo phương.
(a) Khi lò chợ khấu 18 m theo phương; (b) Khi lò chợ khấu 30 m theo phương.



Hình 8. Trạng thái của đá vách lò chợ vỉa L7 cánh Đông khi khấu 100 m theo phương.
(a) Quá trình dịch chuyển của đất đá; (b) Quá trình hình thành khe nứt.

hướng phát triển lan rộng từ khu vực vách cơ bản lên khu vực đất đá phủ gần các công trình trên mặt thuộc cụm kho G9 mỏ than Mông Dương. Khi lò chợ khấu theo phương được 120 m và 140 m (Hình 9), đá vách tiếp tục hình thành thêm nhiều hệ thống khe nứt với xu hướng mở rộng tiếp cận dần đến bề mặt đất. Đồng thời, chiều cao sập đổ và nứt nẻ của các phương án khai thác cũng dần tăng lên theo tiến độ lò chợ dao động trong khoảng 80÷100 m. Mật độ dịch chuyển của đất đá vào khu vực khai thác ngày càng phát triển (Hình 10). Tại khu vực đất phủ gần các công trình thuộc cụm kho G9, mật độ khe nứt phát triển có chiều dài 0,4÷0,6 m tương đối rõ ràng.

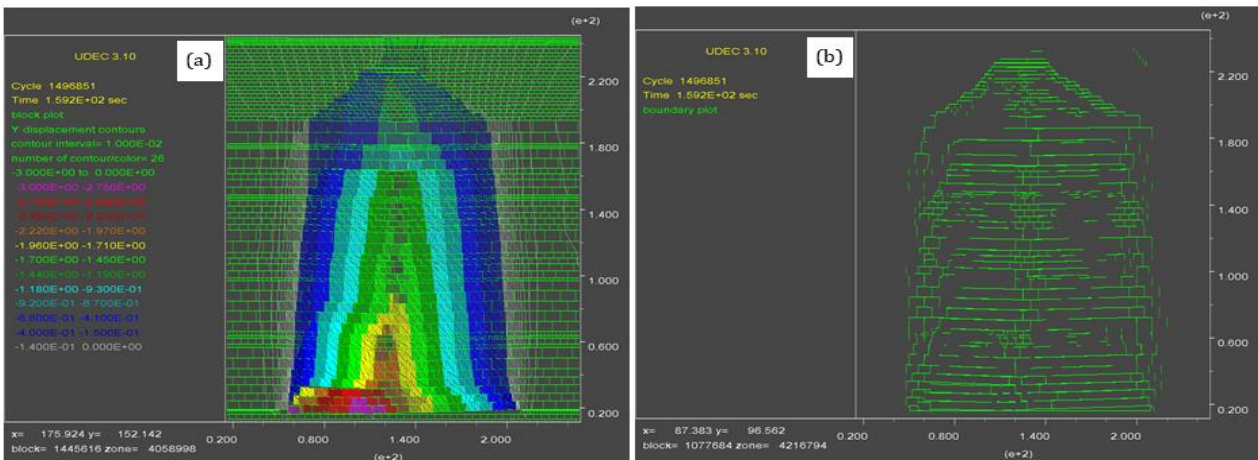
Quá trình khai thác ở lò chợ vỉa L7 cánh Đông đã gây ra biến dạng của đá vách, làm thay đổi trạng thái cân bằng của khối đất đá nguyên trạng, các lớp đất đá có xu thế dịch chuyển để tạo nên hình thái cân bằng mới. Quan trắc trên mô hình cho thấy, sự dịch chuyển của đất đá có thể đạt đến giá trị

0,06÷0,1 m tại khu vực đất phủ gần bề mặt địa hình có các công trình thuộc cụm kho G9 của mỏ. Kết quả tính toán trên mô hình cũng cho thấy, tổng chiều cao sập đổ và chiều cao nứt nẻ của đá vách 150÷170 m, cách bề mặt địa hình khoảng 50 m (chiều dày này chủ yếu là lớp đất phủ). Tuy nhiên, trong khu vực cách mặt đất 50 m, hệ thống khe nứt phát triển tương đối mạnh với chiều dày của hệ thống khe nứt dao động 2,5÷2,7 m.

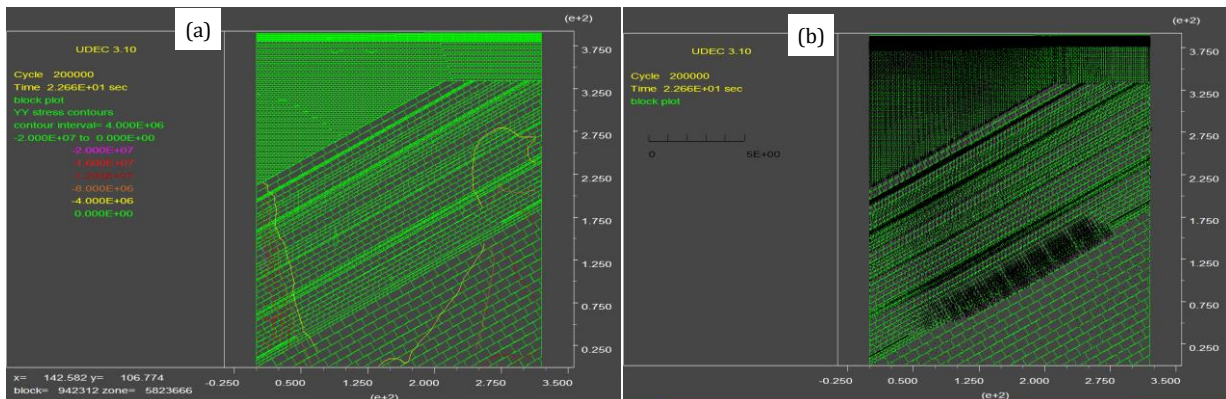
4. Xác định tổng chiều cao ảnh hưởng do khai thác hầm lò ở lò chợ vỉa L7

Các nhà khoa học mỏ Trung Quốc đưa ra công thức thực nghiệm dự tính chiều cao đới sập đổ hoàn toàn như sau (Qian Ming Gao, 2011):

+ Vùng 1: vùng sập đổ hỗn loạn phân bố ngay sát nóc lò chợ. Trong vùng này đất đá sẽ bị nứt nẻ và sập lở ngay sau khi gương lò chợ đi qua và dẫn



Hình 9. Trạng thái của đá vách lò chợ vỉa L7 cánh Đông khi khấu 140 m theo phương.
(a) Quá trình hình thành khe nứt; (b) Quá trình hình thành chiều cao sập đổ và nứt nẻ.



Hình 10. Trạng thái của đá vách lò chợ vỉa L7 cánh Đông theo hướng dọc.
(a) Quá trình hình thành khe nứt; (b) Quá trình dịch chuyển của đất đá.

đến phá huỷ hoàn toàn. Kích thước của vùng 1 (H_1) được xác định theo công thức (1):

$$H_1 = \frac{100\Sigma M}{2.1\Sigma M + 16} \pm 2.5, m \quad (1)$$

+ Vùng 2: vùng nứt nẻ, dịch chuyển. Trong vùng này tếp đá sẽ bị nứt nẻ và phát triển theo chu kỳ, dịch chuyển dưới dạng bị kéo theo từ quá trình phát triển của vùng 1. Kích thước của vùng 2 (H_2) được xác định theo công thức (2):

$$H_2 = \frac{100\Sigma M}{1.2\Sigma M + 2.0} \pm 8.9, m \quad (2)$$

Trong đó: M - chiều dày than lấy đi ở lò chợ, m.

+ Vùng 3: vùng biến dạng uốn, lún võng. Trong vùng này, các dịch chuyển, lún theo dạng uốn võng không liên tục, có giới hạn và phát triển đến bề mặt địa hình. Mức độ phát triển tùy thuộc vào kích thước của hai vùng 1 và 2 cũng như chiều dày của lớp đất phủ.

+ Chiều cao phát triển của vùng 1, 2 H, m;

$H = H_1 + H_2$ sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến phạm vi của vùng 3. Chiều cao này hoàn toàn phụ thuộc vào chiều dày vỉa, phương pháp khai thác và tính chất cơ lý của đá vách khu vực khai thác. Kết quả tính toán được thể hiện trong các Bảng 2, 3.

Bảng 2. Kết quả tính toán căn cứ theo các lỗ khoan thăm dò. (a) Quá trình hình thành khe nứt; (b) Quá trình dịch chuyển của đất đá.

TT	Tên lỗ khoan	M (m)	H_1 (m)	H_2 (m)	H(m)
1	MD221	2,1	12,79	55,46	68,25
2	MD242	1,4	9,89	47,04	56,94
3	MD293	2,75	15,13	60,89	76,02
4	TXIX	3,3	16,89	64,37	81,26
5	MD385	1,6	10,76	49,82	60,58

Bảng 3. Kết quả tính toán theo mặt cắt lò thượng khai thác mức - 230÷- 100 m.

TT	Mức đường lò	M (m)	H_1 (m)	H_2 (m)	H(m)
1	- 232	2,3	13,54	57,32	70,86
2	- 216	2,8	15,30	61,24	76,54
3	- 196	3,2	16,58	63,79	80,38
4	- 129	2,5	14,26	59,00	73,26
5	- 96,7	2,5	14,26	59,00	73,26

Tiến hành tính toán độ chênh lệch (H_{c1} , H_{c2}) từ khu vực khai thác lò chợ đến mặt đất H_t với tổng chiều cao sập đổ và nứt nẻ (H_a) xác định trên mô hình và theo công thức thực nghiệm (H). Sự chênh lệch (khoảng cách an toàn) này là cơ sở để đánh

giá mức độ ảnh hưởng của hoạt động khai thác vỉa L7 cánh Đông gây ra đến các công trình trên mặt thuộc cụm kho G9 mỏ than Mông Dương, kết quả tính toán như trong Bảng 4. Tại các mặt cắt tuyến địa chất trong khu vực vỉa L7 cho thấy chiều dày của các lớp đất phủ trên mặt tại các lỗ khoan MD221 là 42 m; lỗ khoan MD293 là 63 m; lỗ khoan TXIX là 60 m và lỗ khoan MD385 là 100 m.

Như vậy, lớp đất đá đệm (khoảng cách an toàn) tức là hiệu số giữa khoảng cách từ vị trí khai thác đến các công trình trên mặt và tổng chiều cao sập đổ và nứt nẻ xác định từ mô hình số còn khoảng 20 m. Lớp đệm này gia cố thêm lớp đất phủ gần bề mặt địa hình trung bình khoảng 50 m.

Bảng 4. Kết quả tính toán khoảng cách an toàn khi thu hồi than nóc 100%.

TT	Lỗ khoan	H_t (m)	H (m)	H_a (m)	H_{c1} (m)	H_{c2} (m)
1	MD221	244	68,25	170	175	74
2	MD293	220	76,02	170	144	70
3	TXIX	240	81,26	170	158	74
4	MD385	201	60,58	170	150	31

5. Kết luận

Việc sử dụng phần mềm UDEC - 2D version 3.1 để mô phỏng quá trình khai thác lò chợ vỉa L7 cánh Đông dưới cụm kho G9 mỏ than Mông Dương đã xác định được tường minh sự dịch chuyển của đất đá vách. Kết quả phân tích mô hình cho thấy, quá trình khai thác hầm lò gây ra dịch động đất đá và xuất hiện lún bề mặt với chiều sâu lún $6 \div 10$ cm khi lò chợ khấu đến 140 m theo phương. Theo đó, từ vị trí 140 m theo phương trở đi của lò chợ, nếu khai thác không sử dụng phương pháp điều khiển áp lực mỏ bằng phá hóa toàn phần thì sẽ không có các dịch động đất đá tiếp theo lên bề mặt. Ở cụm kho G9 là hệ thống kho chứa than và các thiết bị phục vụ cho vận chuyển than đến Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương. Do vậy, quá trình khai thác các lò chợ vỉa L7 cánh Đông cần tích cực theo dõi áp lực bất thường và quan trắc dịch động trên bề mặt khu vực cụm kho để đảm bảo an toàn khai thác, giảm thiểu tổn thất tài nguyên và hư hại đến các công trình trên mặt tại cụm kho G9 mỏ than Mông Dương.

Lời cảm ơn

Xin được chân thành cảm ơn sự giúp đỡ của phòng KCM Công ty Cổ phần than Mông Dương -

Vinacomin đã cung cấp các tài liệu địa chất và hiện trạng khai thác vỉa khu vực dưới cụm sàng G9 để các tác giả hoàn thành nội dung bài báo này.

Đóng góp của tác giả

Phạm Đức Hưng hình thành ý tưởng và nghiên cứu sử dụng phương pháp mô hình số bằng phần mềm UDEC 2D version 3.1 viết code chương trình mô phỏng khai thác lò chợ L7 cánh Đông; Mạc Văn Tiến Dũng chạy và xuất kết quả mô hình đồng thời chỉnh sửa hình thức để hoàn thành nội dung bài báo này.

Tài liệu tham khảo

Đỗ Mạnh Phong, Vũ Đình Tiến (2008). Giáo trình áp lực mỏ hầm lò. *Nhà Xuất bản Giao thông Vận tải*. 164 trang

Fu Yu Hua, (2010). Study on stability of rock mass and rule of strata movement for transition from open - pit underground mining. *China University of Mining and Technology. Doctor of thesis*.

Le Tien Dung, (2018). A discontinuum modelling approach for investigation of Longwall Top Coal Caving mechanisms. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Vol. 106, 84-95.

Peng hongge, (2012). Determination and optimization of boundary parameters of open -

pit and underground combined. *China University of Mining and Technology Doctor of thesis*.

Phạm Đức Hưng, (2018). Giải pháp kỹ thuật đảm bảo an toàn khi khai thác vỉa 11 dưới moong lộ thiên - Công ty Cổ phần than Hà Lâm Vinacomin. *Earth sciences and natural Resources for Sustainable Development*.

Pham Duc Hung, Nguyen Van Quang, (2016). Application of UDEC - 2D software for simulation of the behaviour of the rock strata above a longwall coal mining. *Earth Sciences and Natural Resources for Sustainable Development*.

Pham Duc Hung, Le Tien Dung, Nguyen Van Quang, (2020). Safe exploitation solution and reduction of resources loss for the L7 seam at the west wing area of the 790 open pit site of the Mong Duong coal mine. *Inżynieria Mineralna - Journal of the Polish Mineral Engineering Society*. No 2(46), part 1, 231-238.

Qian Ming Gao, (2011). Strata Control and sustainable coal mining. *China University of Mining and Technology Press*.

Tài liệu địa chất khu vực khai thác vỉa L7 cánh Đông mỏ than Mông Dương, (2014). *Công ty Cổ phần Địa chất Mỏ - TKV*. 75 trang.