



BẢN TIN

TƯ VẤN VÀ CÔNG NGHỆ MỎ

CONSULTING AND TECHNOLOGY BULLETIN FOR MINING INDUSTRY

Số 5/2025

CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN

Lễ kỷ niệm 60 năm xây dựng và phát triển - Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin MỘT SỐ HÌNH ẢNH TẠI HỘI NGHỊ



Đồng chí Lê Văn Dẫn, Bí thư Đảng ủy, Giám đốc Công ty phát biểu tại buổi lễ



Đồng chí Vũ Anh Tuấn, Tổng Giám đốc Tập đoàn phát biểu chúc mừng CBCNV Công ty



Các đồng chí lãnh đạo, nguyên lãnh đạo Tập đoàn và Công ty qua các thời kỳ dự buổi lễ



Lãnh đạo Tập đoàn tặng hoa chúc mừng Công ty nhân dịp kỷ niệm 60 năm ngày thành lập



CHỊU TRÁCH NHIỆM NỘI DUNG

Trưởng Ban Biên tập

ThS. Lê Văn Duẩn, Giám đốc, Công ty CP Tư
vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin

Phó Trưởng Ban Biên tập

ThS. Nguyễn Việt Hùng, Phó Giám đốc, Công
ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp -
Vinacomin

BAN BIÊN TẬP

ThS. Lê Việt Phương - PGĐ, Thành viên

ThS. Đào Ngọc Hiệp - PGĐ, Thành viên

ThS. Phí Trung Kiên - TP Kế Hoạch, Thành viên

CN. Trần Thị Ngọc Bích, Thành viên

TOÀ SOẠN

Địa chỉ: số 565 Đường Nguyễn Trãi, Phường
Thanh Liệt, TP. Hà Nội

Điện thoại: (+84) 24 3552 4045

Email: tuvancongnghemo@gmail.com

Giấy phép xuất bản số 47/GP-XBBT ngày
16/8/2024 của Cục Báo chí - Bộ Thông tin và
Truyền thông.

MỤC LỤC

KHAI THÁC LỘ THIÊN

■ Lê Đức Phương

Hoàn thiện phương pháp lựa chọn biên giới khai thác lộ thiên hợp lý đối
với các mỏ quặng gốc đa khoáng4

ĐỊA KỸ THUẬT

■ Phạm Tú Phương, Đặng Văn Kiên

Nghiên cứu ảnh hưởng của, hoạt động khai thác hầm lò đến sụt lún, dịch
động kho than G9 Công ty Kho vận và Cảng Cẩm Phả - Vinacomin ...10

BIM

■ Phạm Tú Phương, Dương Anh

Nova CDE - phần mềm ứng dụng trực tuyến cho các dự án đầu tư xây
dựng công trình tại Việt Nam.....17

THIẾT BỊ MỎ

■ Phạm Xuân Tráng, Trần Tiến Huệ

Sử dụng công nghệ máy xúc phù hợp để khai thác toàn bộ than
..... 22

TIN HỌC

■ Trần Tiến Huệ

Giới thiệu các sản phẩm phần mềm thiết kế công tác khoan nổ mìn cho
khai thác mỏ hầm lò27

KHAI THÁC HẦM LÒ

■ Nguyễn Mai Hoa (Biên dịch)

Dự báo nhiệt độ gương đào lò dựa vào PSO - SVR34

AN TOÀN MỎ

■ Lại Thị Linh Chi (Biên dịch)

Nghiên cứu áp dụng công nghệ thông minh trong giám sát an toàn
khai thác mỏ.....47

TIN VAN

CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN
60 NĂM MỘT CHẶNG ĐƯỜNG XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN
(22/9/1965 - 22/9/2025)



Năm 2025 đánh dấu cột mốc đặc biệt 60 năm xây dựng và phát triển của Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin (22/9/1965 - 22/9/2025). Sáu thập kỷ là một hành trình bền bỉ, ghi dấu bước trưởng thành của một tập thể luôn kiên định với sứ mệnh tiên phong, khẳng định vị thế đơn vị tư vấn thiết kế hàng đầu trong ngành Than - Khoáng sản Việt Nam.

Tiền thân là Viện nghiên cứu và thiết kế mỏ (thành lập theo Quyết định số 1139/BCNg-KB2 của Bộ Công nghiệp nặng), Công ty đã ra đời gắn liền với những giai đoạn lịch sử đặc biệt của đất nước. Trải qua chiến tranh, thời kỳ bao cấp và chuyển mình trong nền kinh tế thị trường, Công ty luôn đồng hành cùng sự phát triển của ngành Than - Khoáng sản và sự nghiệp Công nghiệp hóa - Hiện đại hóa đất nước.

Bước ngoặt cổ phần hoá năm 2006 là một cuộc cách mạng trong tư duy và chiến lược kinh doanh. Sự chuyển đổi này tạo động lực mạnh mẽ, mở ra thời kỳ phát triển mới, giúp Công ty chủ động, linh hoạt, nâng cao năng lực cạnh tranh và hội nhập với nền kinh tế.

Trên hành trình 60 xây dựng và phát triển, Công ty đã ghi dấu ấn với nhiều công trình, dự án mang tầm cỡ quốc gia và khu vực. Chúng ta tự hào là đơn vị cung cấp dịch vụ quan trọng như: Quy hoạch tổng thể quốc gia, Quy hoạch thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng khoáng sản; Quy hoạch tổng thể năng lượng quốc gia, góp phần đảm bảo an ninh năng lượng cho đất nước; Chiến lược phát triển Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045.

Bên cạnh đó, Công ty còn là đơn vị thiết kế nhiều công trình tư vấn thiết kế mỏ công nghiệp quy mô lớn, hiện đại cùng hàng loạt đề tài nghiên cứu khoa học kỹ thuật có giá trị thực tiễn. Những thành tựu này đã khẳng định năng lực chuyên môn và tinh thần sáng tạo, dám nghĩ, dám làm của toàn thể cán bộ, công nhân viên Công ty.

Những đóng góp và nỗ lực của Công ty đã được Đảng và Nhà nước ghi nhận bằng nhiều phần thưởng cao quý: Huân chương Độc lập hạng Ba, Huân chương Lao động hạng Nhất, Nhì, Ba, cùng hàng loạt bằng khen của Thủ tướng Chính phủ và các Bộ, Ban, Ngành Trung ương và địa phương. Mỗi phần thưởng là niềm tự hào, minh chứng cho năng lực và tinh thần cống hiến bền bỉ của các thế hệ.

Nhìn lại chặng đường 60 năm, chúng ta trân trọng giá trị truyền thống, tinh thần đoàn kết cùng khát vọng vươn lên. Đây là tài sản quý báu và là nền tảng vững chắc cho sự phát triển bền vững của Công ty trong tương lai.

Trong bối cảnh hội nhập và cạnh tranh ngày càng sâu rộng, Công ty sẽ kiên định đổi mới, ứng dụng khoa học công nghệ tiên tiến, nâng cao chất lượng sản phẩm, dịch vụ, củng cố nguồn nhân lực và mở rộng hợp tác phát triển trong và ngoài ngành.

Với niềm tự hào về truyền thống 60 năm, Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin quyết tâm khẳng định vị thế, tiếp tục phát triển bền vững trong kỷ nguyên mới.

Giám đốc Công ty
Trưởng Ban Biên tập

Hoàn thiện phương pháp lựa chọn biên giới khai thác lộ thiên hợp lý đối với các mỏ quặng gốc đa khoáng

>> TS. Lê Đức Phương, Hội KHCN Mỏ Việt Nam

>> ThS. Phí Trung Kiên, Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin

Tóm tắt: Việc lựa chọn biên giới khai thác lộ thiên (KTLT) hợp lý có vai trò then chốt trong việc tối ưu hóa hiệu quả kinh tế, kỹ thuật công nghệ, môi trường và phát triển bền vững trong KTLT. Đối với các mỏ quặng nói chung, mỏ quặng gốc đa khoáng nói riêng do Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) quản lý rất đa dạng về đặc điểm địa chất, sự phân bố, cấu trúc và thành phần khoáng vật của thân quặng, điều kiện khai thác của khoáng sản, v.v... Điều đó đặt ra nhu cầu cấp thiết về một phương pháp lựa chọn biên giới KTLT hợp lý đảm bảo tính khoa học và phù hợp với thực tế sản xuất. Trong trường hợp khai trường sau khi kết thúc KTLT không tiếp tục khai thác hầm lò (KTHL) phía dưới, cần đưa lợi nhuận định mức vào hệ số bóc giới hạn và tính cho sản phẩm cuối cùng, sử dụng đẳng thức $K_{gh} = K_o + K_{sx}$ và phương pháp đồ thị để lựa chọn biên giới khai trường. Còn đối với trường hợp khai trường sau khi kết thúc KTLT tiếp tục KTHL phía dưới cần sử dụng tiêu chí "Đẳng lợi nhuận" thay thế cho "Đẳng giá thành" là khách quan, chính xác và phù hợp nhất. Bài báo đề xuất một số kiến nghị nhằm hoàn thiện phương pháp và quy trình lựa chọn biên giới KTLT cho các mỏ quặng gốc đa khoáng, góp phần mở rộng biên giới KTLT, tận thu tối đa và nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên. Đảm bảo hiệu quả đầu tư và hướng tới phát triển bền vững cho các doanh nghiệp quản lý các mỏ quặng lộ thiên của TKV.

Abstract: The selection of a reasonable open pit mining boundary plays a key role in optimizing economic efficiency, technology, environment and sustainable development in open pit mining. For ore mines in general, and polymineral ore mines in particular managed by the Vietnam National Coal - Mineral Industries Group (Vinacomin), there is a great diversity in geological characteristics; distribution, structure and mineral composition of the ore body; mining conditions of minerals, etc. That raises an urgent need for a method of selecting a reasonable open pit mining boundary that ensures scientificity and is consistent with actual production. In the case of a mine after the end of open pit mining, it is necessary to include the standard profit in the limit stripping coefficient and calculate it for the final product, using the equation $K_{gh} = K_o + K_{sx}$ and the graphical method to select the mine boundary. In the case of mining after the end of open pit mining, continuing underground mining below, it is necessary to use the criterion "Equal profit" instead of "Equal cost" which is the most objective, accurate and suitable. The article proposes some recommendations to improve the method and process of selecting open pit mining border for multi-mineral ore mines, contributing to expanding open pit mining border, maximizing exploitation and improving resource use efficiency. Ensuring investment efficiency and aiming at sustainable development for enterprises managing Vinacomin's open-pit mines.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay TKV có các mỏ quặng gốc đa khoáng là mỏ đồng Sin Quyền và mỏ đồng Tả Phời đều ở tỉnh Lào Cai. Qua việc nghiên cứu phương pháp lựa chọn biên giới KTLT của các mỏ này cho thấy [1]:

- Các dự án đều xác định biên giới mỏ theo nguyên tắc $k_b \leq k_{gh}$, riêng dự án điều chỉnh khai thác mở rộng và nâng công suất khu mỏ - tuyển đồng Sin Quyền kèm theo nguyên tắc $k_{bg} \leq k_{gh}$. Để tận thu tối đa tài nguyên bằng phương pháp KTLT, sử dụng

nguyên tắc $k_{tb} \leq k_{gh}$ khi không có khối lượng đất bóc xây dựng cơ bản (XDCB) là chấp nhận được. Tuy nhiên, kèm theo nguyên tắc $k_{bg} \leq k_{gh}$ là không hợp lý.

- Về phương pháp, các dự án xây dựng từ 2÷3 phương án về biên giới mỏ, sau đó chọn phương án có hệ số bóc k_{tb} và k_{bg} nhỏ hơn và gần hệ số bóc giới hạn k_{gh} nhất.

- Thực tế hiện nay, việc xác định hệ số bóc giới hạn chỉ đối với công tác khai thác và tuyển quặng.

Chính vì vậy, cần phải nghiên cứu hoàn thiện phương pháp lựa chọn biên giới KTLT hợp lý cho các mỏ quặng gốc đa khoáng của TKV.

2. Phương pháp lựa chọn biên giới KTLT khi không tiếp tục KTHL

2.1. Hệ số bóc giới hạn

Việc lựa chọn biên giới KTLT đối với mỏ đa khoáng hiện nay song hành hai quan điểm:

1) Chính xác hóa hệ số bóc giới hạn và sử dụng các nguyên tắc đã biết về lựa chọn biên giới KTLT áp dụng cho mỏ đơn khoáng;

2) Sử dụng khái niệm mới - hệ số bóc khai thác giới hạn và các nguyên tắc mới về xác định biên giới mỏ lộ thiên.

Để thuận lợi và phù hợp với các phương pháp xác định trong các dự án và trong thực tế sản xuất từ trước tới nay, ta sử dụng quan điểm thứ nhất.

Trong trường hợp này, ta sử dụng công thức xác định hệ số bóc giới hạn tính tới sản phẩm cuối cùng do GS. TS Trần Mạnh Xuân [2] đề xuất. Tuy nhiên, cần bổ sung một số chi phí khác như: thuê và phí bảo vệ môi trường trong các khâu khai thác, tuyển, luyện; chi phí giải phóng mặt bằng; thuê tài nguyên; chi phí cấp quyền khai thác; phí tài liệu thăm dò; chi phí mở mỏ và xây dựng cơ sở hạ tầng tính trực tiếp cho quặng; chi phí đóng cửa mỏ; v.v...

Ngoài ra, để tăng độ chính xác hơn, ta đưa chỉ tiêu định mức lợi nhuận vào công thức xác định hệ số bóc giới hạn và chọn dấu bằng (=) trong nguyên tắc được sử dụng.

Khi đó công thức xác định hệ số bóc

giới hạn k_{gh} đối với khoáng sàng quặng đa khoáng chỉ có thể tiến hành KTLT vì phía dưới không còn đủ trữ lượng để đầu tư KTHL như sau:

$$k_{gh} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i (100 - r_i) \varepsilon_i p_i (1 - l)}{100^2 \delta_i}}{b} - \frac{\left[a + C_t + \sum_{i=1}^k \gamma_{ki} (C_{li} + C_{vi}) + C_o \right]}{b}, \text{ m}^3/\text{t} \quad (1)$$

Trong đó α_i - hàm lượng kim loại thứ i trong quặng địa chất, %; r_i - hệ số làm nghèo quặng khi khai thác, %; ε_i - mức thu hoạch kim loại tổng quát gồm cả tuyển và luyện thứ i , %; p_i - giá bán kim loại thứ i , đ/t; δ_i - hàm lượng kim loại thứ i trong sản phẩm cuối cùng, %; l - định mức lợi nhuận, %; a - giá thành khai thác và vận tải 1 tấn quặng nguyên khai từ mỏ đến xưởng tuyển, đ/t; C_t - giá thành tuyển 1 tấn quặng nguyên khai bao gồm cả chi phí thải quặng đuôi, đ/t; γ_{ki} - suất thu hồi quặng tinh thứ i từ quặng nguyên khai; C_{li} - chi phí luyện 1 tấn quặng tinh thứ i , đ/t; C_v - chi phí vận tải 1 tấn quặng tinh thứ i từ xưởng tuyển đến nhà máy luyện, đ/t; C_o - các loại phí và lệ phí, đ/t; b - chi phí bóc 1 m³ đất đá, đ/m³; n - số loại quặng và kim loại có trong mỏ; k - số kim loại được luyện.

2.2. Nguyên tắc lựa chọn

Nguyên tắc có độ chính xác cao đã được áp dụng rộng rãi nhất cả trong thực tế sản xuất cũng như trong nghiên cứu khoa học trên thế giới là $k_{gh} \geq k_o + k_{sx}$ của GS. A.I. Arxenev. Đây là nguyên tắc chung của tất cả các nguyên tắc truyền thống đã được đề xuất. Nói cách khác, các nguyên tắc khác chỉ là trường hợp riêng của nguyên tắc này. Với nguyên tắc này đảm bảo công tác mỏ lộ thiên có giá thành sản xuất thực tế trong toàn bộ thời gian khai thác mỏ không vượt

giá thành cho phép [3]. Cơ sở khoa học của nguyên tắc này như sau:

Để công tác mỏ có hiệu quả, cần phải đảm bảo sao cho giá thành khoáng sản thực tế trong tất cả các thời kỳ công tác mỏ không vượt giá thành cho phép C_{cp} , có nghĩa là:

$$C_{cp} \geq a + b(k_o + k_{sx})$$

Trong đó a - giá thành khai thác khoáng sản không bao gồm công tác bóc đất đá và khấu hao XDCB, đồng/tấn; b - giá thành bóc đất đá trong giai đoạn sản xuất bình thường, đồng/m³; k_o - hệ số bóc ban đầu là tỷ lệ giữa khối lượng đất đá XDCB và tổng trữ lượng khoáng sản khai thác được trong biên giới mỏ, m³/tấn; k_{sx} - hệ số bóc sản xuất, tính trung bình theo các thời kỳ công tác mỏ, m³/tấn.

Từ đó ta có:

$$\frac{C_{cp} - a}{b} = k_o + k_{sx}$$

Vế trái của công thức trên là hệ số bóc giới hạn.

Như vậy, điều kiện cơ bản phù hợp kinh tế công tác mỏ lộ thiên là:

$$k_{gh} \geq k_o + k_{sx} \quad (2)$$

Điều kiện này tương ứng với công tác mỏ mà ở đó giá thành thực tế trong sản xuất không bao giờ vượt giá thành cho phép. Ta thực hiện một số biến đổi công thức (2).

Bởi vì $k_{sx} = \lambda(k_{tb} - k_o)$, trong đó λ - hệ số không đồng đều của công tác bóc đất đá nên khi $k' \approx k_{ta}$ có:

$$\mu = \frac{k_o}{k_{tb}} = \frac{V_o}{V} \frac{b_o}{b} \quad (3)$$

Khi đó:

$$k_{gh} \geq k_{tb}[\lambda - \mu(\lambda - 1)] \quad (4)$$

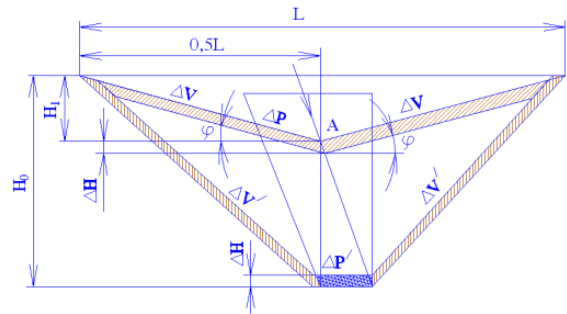
Tức là giữa k_{gh} và k_{tb} có mối liên hệ nhất định. Trường hợp khối lượng công tác XDCB mỏ không đáng kể và có thể bỏ qua ($k_o = 0$), khi đó $\mu = 0$ và ta có:

$$k_{gh} \geq \lambda k_{tb} \quad (5)$$

Về phải của bất đẳng thức (5) là hệ số bóc sản xuất trung bình của một thời kỳ công tác mỏ. Nếu hệ số này không trung bình ta nhận được nguyên tắc $k_{gh} \geq k_t$ theo đề xuất của

Viện sỹ V.V. Rjevski.

Trường hợp khai thác các khoáng sàng có dạng vĩa dốc thoải, khi một trong các bờ mỏ kết thúc bám trụ vĩa, cũng như ở các vĩa dốc đứng và thẳng đứng khi mỏ vĩa bằng các hào tạm thời bám vách vĩa có thể tạo ra các điều kiện như ở hình 1 (các bờ công tác bên vách và trụ đồng thời đạt đến biên giới cuối cùng trên bề mặt), giá trị hệ số bóc “thời gian” cực đại trở thành bằng hệ số bóc biên giới, có nghĩa là (hình 1):



$$k_t = \frac{\Delta V}{\Delta P} = \frac{\Delta V'}{\Delta P'} = k_{bg}$$

Trong trường hợp này, nguyên tắc (2) trở thành nguyên tắc $k_{gh} \geq k_{bg}$.

Nếu lập được lịch biểu công tác mỏ sao cho mỏ trong cả một thời kỳ có thể làm việc với hệ số bóc sản xuất trung bình ($k_{tb} - k_o$), có nghĩa là khi hệ số không đồng đều của công tác bóc đất đá $\lambda = 1$ thì nguyên tắc (2) trở thành nguyên tắc $k_{gh} \geq k_{tb}$.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc tính toán dựa trên các nguyên tắc $k_{gh} \geq k_{bg}$ và $k_{gh} \geq k_{tb}$ trong phần lớn các trường hợp (với giá

Hình 1. Sơ đồ trường hợp khi $k_t = k_{bg}$

trị ho không lớn) cho giá trị độ sâu KTLT giảm đáng kể.

Khi khai thác các khoáng sản dạng vĩa cắm dốc, tính toán theo nguyên tắc $k_{gh} \geq k_{tb}$ luôn cho giá trị độ sâu kết thúc mỏ lộ thiên tăng, tức là khả năng khai thác lộ thiên được tăng lên tối đa.

Khi tính toán theo nguyên tắc (2), giá thành khoáng sản thực tế không bao giờ vượt giá thành cho phép. Vì vậy biên giới KTLT

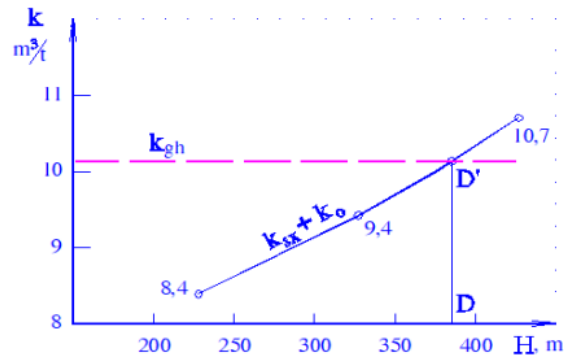
có độ tin cậy cao hơn.

Như vậy, để lựa chọn biên giới KTLT trong điều kiện các mỏ quặng gốc đa khoáng của TKV khi phía dưới không còn tiến hành KTHL và phù hợp với Luật Địa chất và Khoáng sản 2024, đồng thời có độ chính xác cao nhất với việc đưa lợi nhuận vào hệ số bóc giới hạn, ta cần áp dụng nguyên tắc $k_{gh} = k_o + k_{sx}$, trong đó k_{sx} là hệ số bóc sản xuất giai đoạn lớn nhất của các giai đoạn khai thác và thực hiện theo phương pháp đồ thị như sau:

Chọn một số phương án biên giới mỏ dự kiến. Đối với mỗi phương án, trên cơ sở vị trí mở vỉa, hướng phát triển công trình và trình tự khai thác đã xác định, các thông số của hệ thống khai thác (HTKT) đã tính toán, tiến hành khảo sát khối lượng đất bóc (V) và quặng khai thác (Q) theo đợt xuống sâu. Sau đó xây dựng biểu đồ chế độ công tác (CĐCT) mỏ $V = f(Q)$ với góc bờ công tác $\phi = \phi_{max}$. Mỗi phương án biên giới mỏ xây dựng 1 biểu đồ $V = f(Q)$ tương ứng. Trên biểu đồ $V = f(Q)$ ta xác định được hệ số bóc ban đầu k_o và hệ số bóc sản xuất k_{sx} lớn nhất trong các giai đoạn khai thác.

Trường hợp vị trí mở vỉa, hướng phát triển công trình và trình tự khai thác mỏ chưa được xác định, ta cần khảo sát khối lượng vận tải đất đá tính bằng tkm (M) và tổng kim loại nguyên khai quy đổi (K) theo đợt xuống sâu của các phương án dự kiến rồi xây dựng biểu đồ $M = f(K)$ của các phương án có vị trí mở vỉa, hướng phát triển công trình và trình tự khai thác khác nhau để lựa chọn.

Trên cơ sở k_o và k_{sx} của các phương án dự kiến, vẽ hệ trục tọa độ với trục tung là giá trị của hệ số bóc, trục hoành là chiều sâu của mỏ. Ứng với biên giới kết thúc (chiều sâu) của các phương án dự kiến đưa các kết quả tính toán $k_o + k_{sx}$ lên đồ thị. Hoành độ điểm gặp nhau của 2 đường biểu diễn $k_o + k_{sx} = f(H)$ và $k_{gh} = \text{const}$ xác định biên giới KTLT (xem hình 2).



Từ kết quả nghiên cứu ở trên cho phép sử dụng nguyên tắc $k_{tbc} = k_{tb}$ để xác định biên giới KTLT.

Trước hết ta xác định hệ số bóc trung bình cho phép theo công thức:

$$k_{tbc} = \frac{k_{gh}}{\lambda - \mu(\lambda - 1)}, \text{ m}^3/\text{t}$$

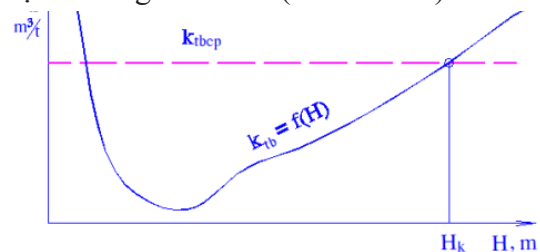
Khi hệ số không đồng đều của công tác

Hình 2. Biểu đồ xác định biên giới KTLT theo nguyên tắc $k_{gh} = k_o + k_{sx}$

bóc đất đá $\lambda = 1$ thì $k_{tbc} = k_{gh}$.

Sau đó tính toán và vẽ lên đồ thị đường biểu diễn hệ số bóc trung bình phụ thuộc vào chiều sâu của mỏ $k_{tb} = f(H)$.

Hoành độ của điểm giao nhau của nhánh ra của đường $k_{tb} = f(H)$ và đường k_{tbc} xác định biên giới KTLT (xem hình 3).



Hình 3. Biểu đồ xác định biên giới KTLT theo nguyên tắc $k_{tbc} = k_{tb}$

Như vậy, khi lựa chọn biên giới KTLT theo phương pháp đồ thị cần phải thực hiện theo các bước như sau:

1. Dự kiến một số phương án có biên giới mỏ khác nhau trên mặt cắt địa chất.
2. Trên cơ sở tính chất cơ lý của đất đá, cấu tạo địa chất và địa chất thủy văn của khoáng sàng, chiều cao bờ mỏ của phương

án dự kiến, xác định góc nghiêng bờ kết thúc theo điều kiện ổn định (β_d) (chọn sơ bộ, tính kiểm tra và điều chỉnh nếu cần).

3. Kiểm tra góc nghiêng bờ kết thúc theo điều kiện bố trí các tuyến đường vận chuyển và hệ thống mương rãnh thoát nước trên các tầng kết thúc tùy thuộc vào sơ đồ mở vỉa đã chọn (β_{vc}). Trường hợp không thỏa mãn thì phải điều chỉnh cho góc bờ kết thúc khu vực bố trí tuyến đường vận chuyển và hệ thống mương rãnh thoát nước giảm xuống cho phù hợp.

4. Xác định vị trí đổ thải, dự kiến cung độ vận tải đất đá và xác định sơ bộ hệ số bóc giới hạn k_{gh} hoặc dự kiến k_{gh} theo mỏ có điều kiện tương tự.

5. Trên cơ sở các phương án dự kiến trên mặt cắt, xác định trên bình đồ, thiết kế và tính toán xác định hệ số bóc trung bình k_{bt} theo các phương án.

6. Khảo sát khối lượng mỏ:

- Trường hợp vị trí mở vỉa, hướng phát triển công trình và trình tự khai thác mỏ đã được xác định: Trên cơ sở các thông số của HTKT đã tính toán, tiến hành khảo sát khối lượng đất đá bóc V , trữ lượng quặng nguyên khai quy đổi Q theo đợt xuống sâu của các phương án biên giới mỏ dự kiến.

- Trường hợp vị trí mở vỉa, hướng phát triển công trình mỏ và trình tự khai thác chưa được xác định: Trên cơ sở các thông số của HTKT và vị trí đổ thải đất đá đã chọn, tiến hành khảo sát khối lượng đất đá bóc V , trữ lượng quặng Q và tổng kim loại nguyên khai K quy đổi, cung độ vận tải đất đá L_d theo đợt xuống sâu của các phương án vị trí mở vỉa, hướng phát triển công trình mỏ và trình tự khai thác khác nhau và xây dựng biểu đồ CĐCT mỏ theo khối lượng vận tải tính bằng tkm $M = f(K)$ với $\phi = \phi_{max}$ của các phương án đã khảo sát để lựa chọn phương án có vị trí mở vỉa, hướng phát triển công trình và trình tự khai thác mỏ hợp lý.

7. Xây dựng và phân tích biểu đồ CĐCT mỏ $V = f(Q)$ với $\phi = \phi_{max}$ để xác định hệ số bóc ban đầu k_o và hệ số bóc sản xuất k_{sx} (tính theo giai đoạn lớn nhất) theo các phương án biên giới mỏ đã dự kiến.

8. Tính toán xác định hệ số bóc giới hạn k_{gh} .

9. Xây dựng biểu đồ lựa chọn biên giới KTLT theo nguyên tắc $k_{gh} = k_o + k_{sx}$. Trường hợp khi $\lambda = 1$, tức là không có đất bóc XDCT ta tính hệ số bóc trung bình của các phương án dự kiến và hệ số bóc trung bình cho phép rồi xây dựng biểu đồ lựa chọn biên giới KTLT theo nguyên tắc $k_{fbcp} = k_{fb}$.

Phương pháp này có độ chính xác cao, khoa học và sử dụng thuận lợi cho những người làm công tác thiết kế mỏ.

3. Phương pháp lựa chọn biên giới KTLT khi tiếp tục KTHL

Giới hạn chuyển từ công tác KTLT sang KTHL khi giá thành lộ thiên bằng giá thành hầm lò chỉ hợp lý khi tỷ lệ tổn thất và làm nghèo của 2 phương pháp giống nhau. Tuy nhiên, tỷ lệ tổn thất và làm nghèo của 2 phương pháp không bao giờ giống nhau.

Tiêu chí khách quan và hợp lý hơn trong so sánh phương pháp KTLT và KTHL là đẳng lợi nhuận [3]. Tức là biên giới KTLT đến khi khai thác một khối trữ lượng khoáng sản thì lợi nhuận của 2 phương pháp lộ thiên và hầm lò là như nhau.

Khi khai thác khối lượng Q (m^3) thuộc trữ lượng khoáng sản bằng phương pháp hầm lò, trữ lượng khoáng sản nguyên khai quy đổi là:

$$Q_{hl} = \frac{\gamma Q(1-\eta_{hl})}{1-\rho_{hl}} = \gamma Q \Delta_{hl}, \text{ tấn} \quad (6)$$

Trong đó η_{hl} và ρ_{hl} - hệ số tổn thất và làm nghèo khoáng sản khi KTHL; Δ_{hl} - hệ số chuyển đổi từ trữ lượng địa chất sang trữ lượng nguyên khai quy đổi trong KTHL; γ - tỷ trọng khoáng sản, tấn/ m^3 .

Trữ lượng khoáng sản nguyên khai quy đổi khai thác được bằng phương pháp lộ thiên là:

$$Q_{lt} = \frac{\gamma Q(1-\eta_{lt})}{1-\rho_{lt}} = \gamma Q \Delta_{lt}, \text{ tấn} \quad (7)$$

Trong đó η_{lt} và ρ_{lt} - hệ số tổn thất và làm nghèo khoáng sản khi KTLT; Δ_{lt} - hệ số chuyển đổi từ trữ lượng địa chất sang trữ lượng nguyên khai quy đổi trong KTLT.

Giá thành khoáng sản sau khi chế biến từ khoáng sản được KTLT

$$G_{lt} = Q_{lt}(a + d_{lt}) + V_b b + k_o b Q_{lt}, \text{ đồng} \quad (8)$$

Và từ khoáng sản được khai thác hàm lò:

$$G_{hl} = Q_{hl}(C_{hl} + d_{hl}), \text{ đồng} \quad (9)$$

Trong đó d_{hl} và d_{hl} - giá thành vận chuyển và chế biến khoáng sản, tương ứng trong KTLT và KTHL, đồng/tấn; a - giá thành khai thác riêng khoáng sản lộ thiên, đồng/tấn; V_b - khối lượng đất đá bóc, m^3 ; b - giá thành bóc đất đá, đồng/ m^3 ; k_o - hệ số bóc ban đầu, quy đổi theo giá của hệ số bóc sản xuất, m^3 /tấn.

Giá kim loại trong tinh quặng từ quặng khai thác lộ thiên:

$$P_{lt} = Q_{lt} Z_{lt} \varepsilon_{lt} \alpha (1 - \rho'_{lt}) \quad (10)$$

Và từ quặng KTHL:

$$P_{hl} = Q_{hl} Z_{hl} \varepsilon_{hl} \alpha (1 - \rho'_{hl}) \quad (11)$$

Trong đó ρ'_{lt} và ρ'_{hl} - hệ số làm nghèo quặng, tương ứng KTLT và KTHL:

$$\rho' = \frac{\alpha - \alpha'}{\alpha} \quad (12)$$

α - hàm lượng theo trọng lượng thành phần có ích trong quặng đầu; α' - hàm lượng trong quặng sản phẩm; ε_{lt} và ε_{hl} - thực thu kim loại trong tinh quặng từ quặng, khai thác tương ứng lộ thiên và hàm lò; Z_{lt} và Z_{hl} - giá bán buôn kim loại trong tinh quặng, tương ứng KTLT và KTHL, đồng/tấn.

Trong kết quả tiêu thụ sẽ nhận được lợi nhuận. Trong trường hợp chung KTLT có thể lấy, nếu lợi nhuận từ KTLT bằng hoặc lớn hơn lợi nhuận từ KTHL:

$$P_{lt} - G_{lt} \geq P_{hl} - G_{hl} \quad (13)$$

Sau khi thay thế và biến đổi ta có:

$$\frac{1}{b} \left\{ \left[\alpha (1 - \rho'_{lt}) \varepsilon_{lt} Z_{lt} - (a + d_{lt}) \right] - \frac{\Delta_{hl}}{\Delta_{lt}} \left[\alpha (1 - \rho'_{hl}) \varepsilon_{hl} Z_{hl} - (C_{hl} + d_{hl}) \right] \right\} \geq \frac{k_o + k}{\Delta_{lt}} + \frac{1 - \Delta_{lt}}{\Delta_{lt}} \quad (14)$$

Vế trái của bất đẳng thức (15) là hệ số bóc giới hạn:

$$k_{gh} \geq \frac{1}{b} \left\{ \left[\alpha (1 - \rho'_{lt}) \varepsilon_{lt} Z_{lt} - (a + d_{lt}) \right] - \frac{\Delta_{hl}}{\Delta_{lt}} \left[\alpha (1 - \rho'_{hl}) \varepsilon_{hl} Z_{hl} - (C_{hl} + d_{hl}) \right] \right\} \quad (15)$$

Số hạng trong ngoặc vuông đầu tiên của phương trình (15) là lợi nhuận từ KTLT chưa tính chi phí bóc đất đá L'_{lt} , còn số hạng trong ngoặc vuông thứ hai là lợi nhuận từ KTHL L_{hl} , tức là hệ số bóc giới hạn đối với khai trường lộ thiên khi phía dưới còn tiếp tục KTHL được xác định bởi công thức:

$$k_{gh} = \frac{1}{b} (L'_{lt} - \frac{\Delta_{hl} L_{hl}}{\Delta_{lt}}), m^3/t \quad (16)$$

4. Kết luận và kiến nghị

Từ kết quả nghiên cứu ở trên, cho phép đưa ra các kết luận và kiến nghị cơ bản sau:

- Phương pháp lựa chọn biên giới KTLT của các mỏ quặng gốc đa khoáng thuộc TKV hiện đang được sử dụng là chưa hợp lý, có độ chính xác không cao và làm thu hẹp biên giới KTLT.

- Đối với khai trường sau khi kết thúc KTLT không tiếp tục KTHL cần đưa chỉ tiêu lợi nhuận định mức vào hệ số bóc giới hạn và tính cho sản phẩm cuối cùng, sử dụng đẳng thức $k_{gh} = k_o + k_{sx}$ hoặc $k_{gh} = k_{tb}$ (khi không có khối lượng XDCB) và phương pháp đồ thị để lựa chọn biên giới KTLT là chính xác, khoa học và thuận lợi nhất.

- Đối với khai trường sau khi kết thúc KTLT tiếp tục KTHL cần sử dụng tiêu chí “Đẳng lợi nhuận” thay thế cho “Đẳng giá hành” là khách quan, chính xác và phù hợp nhất khi xác định ranh giới chuyển từ KTLT sang KTHL

- Việc sử dụng phương pháp trên để lựa chọn biên giới KTLT cho các mỏ quặng đa khoáng sẽ tận thu tối đa về tài nguyên, giảm thiểu ô nhiễm môi trường, đảm bảo doanh nghiệp luôn có lãi trong quá trình khai thác, góp phần đem lại hiệu quả kinh tế cao nhất và phát triển bền vững.

(Xem tiếp trang 16)

Nghiên cứu ảnh hưởng của hoạt động khai thác hầm lò đến sụt lún, dịch động kho than G9, Công ty Kho vận và Cảng Cẩm Phả - Vinacomin

>> **Th.S. Phạm Tú Phương**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

>> **PGS.TS. Đặng Văn Kiên**, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Trong phạm vi bài viết các tác giả tiến hành đưa ra cơ sở lý thuyết, lập các mô hình số đánh giá xác định, xác định nguyên nhân gây ra hiện tượng sụt lún, biến dạng gây hư hỏng các hạng mục công trình đã thi công trên mặt bằng kho than G9. Bài báo tiến hành phân tích dịch động của mặt bằng kho than G9 do hoạt động khai thác hầm lò và điều kiện địa chất bằng phương pháp số thông qua phần mềm Plaxis 2D V20.

Abstract: In this paper, the authors provide theoretical foundation and establish numerical models to evaluate and determine the reasons for subsidence and deformation causing damages to work items constructed at the site of G9 coal storage. The paper analyzes the movement of the G9 coal storage site due to underground mining activities and geological conditions using numerical methods through Plaxis 2D V20 software.

I. Đặt vấn đề

Công ty Kho vận và Cảng Cẩm Phả - Vinacomin (Công ty) là đơn vị trực thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV). Công ty thực hiện chức năng nhiệm vụ quản lý khai thác Cảng Cẩm Phả và tuyến luồng hàng hải dài 27km, quản lý khai thác các cảng lẻ: Cảng Km6, Cảng Khe Dây, Hóa Chất Mông Dương; quản lý các kho bãi than: Kho than G9, kho than Lép Mỹ, kho cảng Km6 để cung cấp than cho khách hàng. Trong đó việc cung cấp than cho các nhà máy điện đảm bảo an ninh điện năng quốc gia là nhiệm vụ trọng yếu và ưu tiên hàng đầu. Ngoài ra Công ty còn thực hiện nhiều nhiệm vụ khác như vận tải than bằng đường thủy, đường bộ, bốc xếp chuyển tải và dịch vụ tàu lai dắt...

Hệ thống Kho than G9 được Công ty đưa vào sử dụng năm 2015. Đây là kho than chính cùng với các hệ thống dây chuyền đồng bộ để tiếp nhận nguồn than sạch của các đơn vị trong TKV và cung cấp cho các nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1, Mông Dương 2 theo hợp đồng ký kết giữa TKV với liên doanh nhà thầu nước ngoài.

Kho than G9 có diện tích rộng, sức chứa trên 110.000 tấn, lượng than trung bình cung

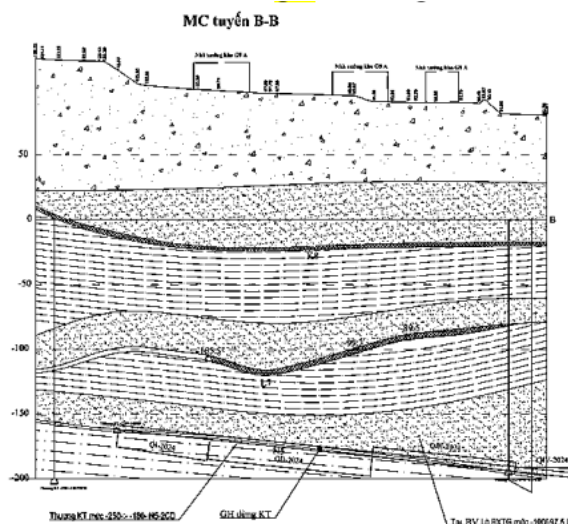
cấp cho các nhà máy nhiệt điện khoảng 7 triệu tấn/năm, bình quân lượng than qua hệ thống băng tải khoảng 19.200 tấn/ngày. Trên mặt bằng kho G9 được bố trí các kho than kín, bunke cấp liệu, hệ thống dây chuyền băng tải, trạm cân, trạm biến áp 35KV, ngoài ra còn có các khu nhà làm việc của một số đơn vị sản xuất, xưởng sửa chữa, hệ thống cân điện tử (Hình 1, Hình 2) ...



Hình 1. Mặt bằng hiện trạng kho than G9.

Trong thời gian gần đây tại Kho than G9 đã xuất hiện hiện tượng sụt lún, nứt vỡ một

số hạng mục công trình trong hệ thống dây chuyền sản xuất tiếp nhận và cấp than cho các nhà máy nhiệt điện. Ban đầu chỉ xuất hiện hiện tượng nứt vỡ trong phạm vi nhỏ. Về sau xuất hiện sụt lún tăng thêm như các khu vực: Nhà kho che than số 1, 2, đường hầm (tunnel), bunke cấp liệu, hệ thống thoát nước mặt bằng (Hình 3÷Hình 5).



Hình 2. Mặt cắt tuyến B-B, kho than G9.



Hình 3. Hiện trạng hư hỏng và biến dạng của kết cấu băng tải và trạm chuyển tải.



Hình 4. Hiện trạng hư hỏng của bunke cấp liệu tại kết cấu tường, cột và dầm.



Hình 5. Hiện trạng hư hỏng tường chắn, cột nhà kho than bằng bê tông cốt thép.

Trước mắt, để hạn chế quá trình lún nứt, sụt lún mở rộng làm hư hỏng đến các công trình, đảm bảo an toàn cho con người, máy móc thiết bị và đặc biệt duy trì sản xuất liên tục cấp than cho nhà máy Nhiệt điện Mông Dương, Công ty đã báo cáo TKV và thực hiện các giải pháp tạm thời khoan bơm ép vữa xi măng để cứng hóa nền đất phía dưới công trình đồng thời kết hợp với các giải pháp gia cố các cột chống. Trong đó giải pháp khoan bơm ép vữa xi măng trong việc xử lý sụt lún, trượt địa tầng đã và đang được một số đơn vị trong TKV áp dụng hiệu quả.

Trong bài báo các tác giả sẽ tiến hành đưa ra cơ sở lý thuyết, lập các mô hình số đánh giá xác định, xác định nguyên nhân gây ra hiện tượng sụt lún, biến dạng gây hư hỏng các hạng mục công trình đã thi công trên mặt bằng kho than G9. Bài báo tiến hành phân tích dịch động của mặt bằng kho than G9 do hoạt động khai thác hầm lò và điều kiện địa

chất bằng phương pháp số thông qua phần mềm Plaxis 2D V20.

II. Cơ sở lý thuyết của sụt lún, dịch động bề mặt địa hình kho than G9, Công ty Kho vận và Cảng Cẩm Phả

Công tác đào phá đất đá trong quá trình thi công các công trình ngầm như đường lò, bunke, tuynen ngầm trong lòng đất, v.v... đã làm phá hủy trạng thái ứng suất cân bằng ban đầu trong khối đất đá, gây ra hiện tượng dịch chuyển khối đất đá xung quanh công trình ngầm, làm lún mặt đất và thậm chí gây sập đổ hay phá hủy các công trình xây dựng lân cận trên mặt đất. Đặc biệt các công trình xây dựng trên mặt đất như nhà kho, các tuyến băng tải được xây dựng trên nền đất yếu như tầng đất đá đổ thải san lấp thì hiện tượng biến dạng, sụt lún mặt bằng kho than càng lớn dẫn đến mất ổn định cho các hạng mục xây dựng trên mặt bằng kho than.

Đối với hiện tượng sụt lún, biến dạng gây hư hỏng các hạng mục công trình đã thi công trên mặt bằng kho than G9 có thể do các nguyên nhân cơ bản gồm:

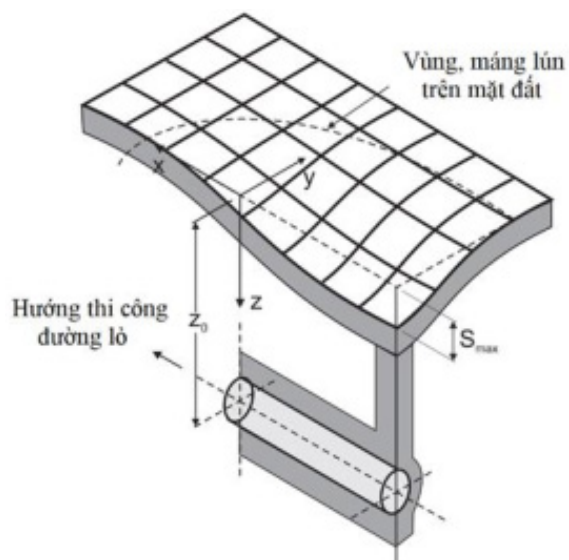
- Mặt bằng kho nằm trên khu vực bãi thải với đất đá thải chưa ổn định có xu hướng dịch chuyển xuống dưới để ổn định;

- Ảnh hưởng bởi cấu trúc đất đá thải chứa nhiều khe nứt, mặt phân cách giữa các phần tử đất đá toï rời - đặc thù của đất đá bãi thải dưới mặt bằng kho than.

- Ảnh hưởng của công tác khai thác các vỉa phía dưới;

- Ảnh hưởng do tự trọng của các công trình bề mặt và tải trọng động của các thiết bị vận tải phía trên bề mặt như ô tô vận tải, kho than, bunke...

Để tính toán ảnh hưởng của công tác xây dựng đường lò đến khối đất đá xung quanh, các kết quả nghiên cứu của Peck, (1969); Clough and Schmidt, (1981) và Attewell và nnk, (1986) đã sử dụng phương pháp bán thực nghiệm bằng cách đo dịch chuyển, lún mặt đất tại một số dự án ở hiện trường khi thi công các đường lò và đường hầm, kết quả thu được là dưới tác động của quá trình thi công đường lò, đường hầm thì hình thành vùng lún mặt đất, như Hình 6.



Hình 6. Các vùng dịch chuyển trong khu vực khối đá tiến hành khai thác than bằng lò chợ dài

Đường cong dịch chuyển mặt đất hay lún mặt đất được xác định theo công thức (1) do Peck, (1969) đề xuất (như Hình 5) [1]:

$$S_v = S_{v,max} \cdot e^{-\frac{x^2}{2i^2}} \quad (1)$$

Trong đó: $S_{v,max}$ - Giá trị độ lún lớn nhất theo phương thẳng đứng (m); x - khoảng cách từ trục hầm theo phương nằm ngang, (m); i - Khoảng cách từ tâm đường hầm đến điểm uốn theo phương nằm ngang, (m).

III. Phân tích dịch động khu vực khảo sát bằng phương pháp số

III.1. Dữ liệu đầu vào của mô hình địa cơ

Để nghiên cứu đánh giá, xác định nguyên nhân gây ra hiện tượng sụt lún, biến dạng gây hư hỏng các hạng mục công trình đã thi công trên mặt bằng kho than G9, các tác giả đã lựa chọn, sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis 2D V20.

Kho than G9 được xây dựng trên nền địa chất gồm lớp đất đá: lớp đất đá đã được gia cường bơm ép vữa xi măng trước đây trong các năm 2021, 2023; tầng đất đá đổ thải san lấp; lớp sét kết; cát kết, bột kết, cuội kết, sét

than và các vỉa than, chúng nằm xen kẽ nhau.

- Tầng đất đá được gia cường bơm ép vữa xi măng trước đây bằng các lỗ khoan D105, L = 9m, L = 12 m. Theo các kết quả khoan lấy mẫu thí nghiệm khối đất đá được bơm ép thì cường độ, độ bền của khối đất đá tăng từ 50÷70% so với khối đất đá trước khi được gia cố, do đó tham số cơ lý của tầng đất đá đã được gia cường bơm ép vữa xi măng trước đây được lấy từ tầng đất đá đổ thải san lấp được nhân với hệ số gia tăng cấu trúc $K = 1,5 \div 1,7$. Chiều dày lớp đất đá được

gia cường và vùng lan tỏa của vữa trong quá trình khoan ép vữa theo tính toán khảo sát là $L = 12$ m.

- Tầng đất đá đổ thải san lấp: Nằm ngay dưới nền kho G9, có chiều dày trung bình $3 \div 50,0$ m, cá biệt có chỗ đến 55 m, thành phần gồm sét pha, dăm cục tảng của đá sét than, sét kết, bột kết màu đen, xám nâu, xám vàng đôi chỗ lẫn cục tảng đá cát kết, sạn kết cứng chắc màu xám nâu, xám trắng kết cấu chặt vừa. Theo kết quả phân tích thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý như Bảng 1 phía dưới:

Bảng 1. Báo cáo tổng hợp kết quả thí nghiệm cơ lý đất đá đổ thải san lấp theo [5].

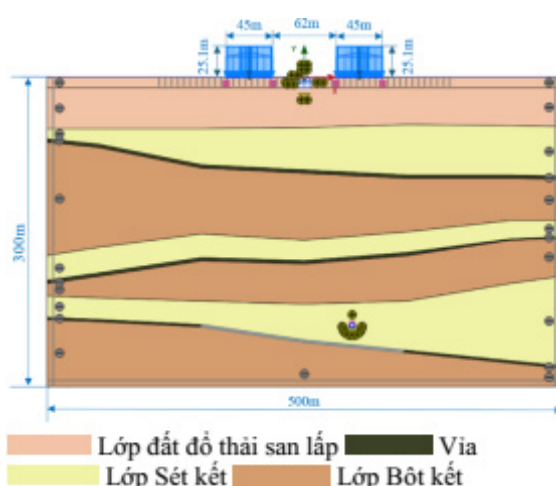
Ký hiệu hố khoan	Độ sâu (m)	Độ ẩm W (%)	Tỷ trọng Δ (g/cm ³)	Dung trọng tự nhiên γ (g/cm ³)	Cường độ kháng nén khô (KG/cm ²)	Cường độ kháng nén Bảo hòa (KG/cm ²)	Hệ số hóa mềm
LK.BT06	17,0÷17,2	0,23	2,74	2,70	506	472	0,93
LK.TC02	28,2÷28,4	0,12	2,74	2,71	514	489	0,95
LK.BT01	11,3÷11,5	0,12	2,74	2,70	524	495	0,94
LK.BT05	11,5÷11,7	0,31	2,72	2,69	356	321	0,90
LK.TK3	18,5÷18,7	0,16	2,74	2,70	491	461	0,94
LK.BK01	17,5÷17,7	0,18	2,73	2,69	510	465	0,91
LK.BK02	16,5÷16,7	0,20	2,73	2,70	456	421	0,92
LK.KV-BĐ01	17,8÷18,0	0,32	2,70	2,68	456	415	0,91
LK.KT02	17,1÷17,4	0,25	2,71	2,68	492	451	0,92

III.2. Thành lập mô hình số nghiên cứu ảnh hưởng của hoạt động khai thác hầm lò đến sụt lún, dịch động kho than G9

Trong mô hình này, để khảo sát tính toán dịch chuyển, sụt lún trên bề mặt kho G9 nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm Plaxis 2D V20 để mô phỏng và phân tích.

Mô hình mô phỏng cho khu vực có kích thước: chiều cao 300 m và chiều rộng 500 m. Biên trái và biên phải của mô hình được cố định theo phương ngang có chuyển vị ngang tại biên bằng không; chuyển vị thẳng đứng để tự do. Biên đáy của mô hình có chuyển vị ngang, thẳng đứng bằng 0. Biên phía bề mặt để tự do cho phép chuyển vị thẳng đứng và chuyển vị ngang, vị trí các lớp đất đá, hai nhà kho và bunke được thể hiện như trên Hình 7.

Kết cấu bê tông cốt thép vỏ bunke và kết cấu 2 nhà kho sử dụng mô hình đàn hồi. Hệ khung kết cấu nhà kho được mô phỏng theo sơ đồ kết cấu với các chân cột được ngầm



Hình 7. Sơ đồ mô phỏng hiện tượng biến dạng, sụt lún gây hư hỏng các hạng mục công trình đã thi công trên mặt bằng kho G9.

cứng và tải trọng được truyền xuống qua các cột và xuống nền móng. Phần khung kết cấu

bên trên gồm cột, dầm mái và bê tông lót móng được mô phỏng bằng các phần tử tấm: Plate có các thông số kỹ thuật như Bảng 2. Các kết cấu lỗ khoan bơm ép vừa sử dụng bằng phần tử neo có sẵn trong phần mềm (node to node anchor) có các thông số kỹ thuật như Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật cho lỗ khoan bơm ép

STT	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính	D	105	mm
Chiều dài	L	9	m

Trọng lượng kết cấu kho than đã được kê khai theo trọng lượng kết cấu dạng tấm (Plate) của Cột khung kết cấu và dầm mái kho. Tính riêng khối lượng thể tích của than trong kho như sau: $\gamma_{\text{than}} = 1,3\text{T/m}^3$ cùng với các kích thước của Kho thì trọng lượng than trong Kho được tính toán $G_{\text{than}} = \gamma_{\text{than}} * H_{\text{kho}} * B_{\text{kho}} * l = 1,3 * 20 * 45 * 1 = 1170 \text{ T}$, trong đó: H_{kho} - chiều cao kho chứa than, $H_{\text{kho}} = 20\text{m}$, B_{kho} - chiều rộng kho, $B_{\text{kho}} = 45\text{m}$; l - là tính trọng lượng than trong 1 m dài của kho. Trọng lượng than chứa trong kho tác dụng xuống nền kho được quy đổi thành lực phân bố đều trên mét dài và sử dụng trong mô hình. Tải trọng bằng tải trọng kho và được quy đổi thành lực tập trung là 1,3 T và được sử dụng trong mô hình. Giải pháp nền Kho G9 được sử dụng là trên nền địa chất gồm lớp đất đá đã được gia cường bơm ép vữa xi măng trước đây, lớp đất đá đổ thải san lấp, lớp sét kết, bột kết và các vỉa than nằm xen kẽ nhau như mặt cắt B-B, các lớp đất đá được sử dụng theo tiêu chuẩn phá hủy Mohr-Coulomb, các thông số lớp đất được sử dụng như trong các bảng 1÷5. Các giai đoạn mô phỏng, tính toán công tác thi công như Bảng 3.

IV. Phân tích kết quả mô hình

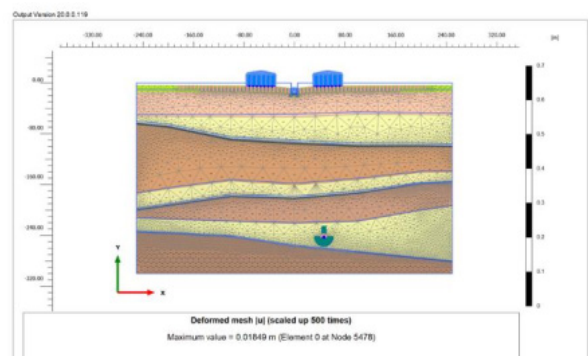
Kết quả tính toán biến dạng, sụt lún mặt bằng Kho G9 theo mô hình được thể hiện trên Hình 8 ÷ Hình 9.

Từ kết quả mô phỏng số cho thấy giá trị dịch chuyển, lún mặt đất lớn nhất là 0,3640

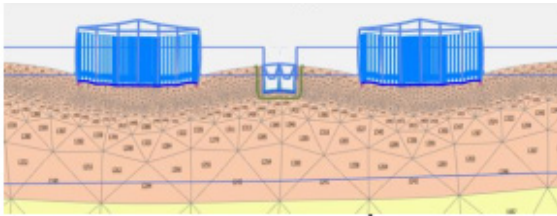
m (364,0 mm) và vị trí xảy ra hiện tượng dịch chuyển, lún mặt đất lớn nhất là tại nền các kho G9. Căn cứ vào kết quả tính toán biến dạng, sụt lún mặt bằng kho G9 bằng phương pháp mô phỏng số cùng với việc đối chiếu kết quả của phương pháp đo dịch động tại hiện trường, Nhóm tác giả đề xuất các giải pháp gia cố trên bề mặt kho than G9, trong nền kho than sử dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng có lỗ khoan D105, L=9m, khoảng cách giữa các lỗ khoan $l = 3 \times 3\text{m}$. Tại vị trí xa khu vực 2 kho than thì sử dụng phương pháp bơm ép vữa xi măng có lỗ khoan D105, L = 6 m, khoảng cách giữa các lỗ khoan $l = 3 \times 3 \text{ m}$. Giải pháp gia cố vị trí đường hầm (tunnel), bunke cấp liệu là sử dụng tường vây barrette có chiều sâu $L_b = 12 \text{ m}$, dày $db = 0,6 \text{ m}$ (Hình 8 ÷ Hình 10).

Bảng 3. Các giai đoạn mô phỏng

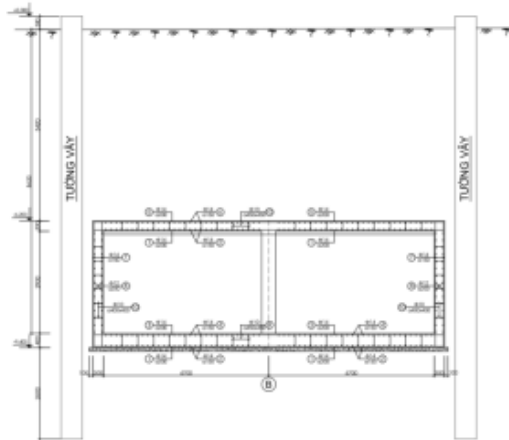
Giai đoạn mô phỏng	Nội dung
Giai đoạn 1	Thiết lập các tham số ban đầu, xây dựng điều kiện biên,;
Giai đoạn 2	Xây dựng 02 nhà kho, thiết lập các lỗ khoan bơm ép trên mặt bằng kho G9
Giai đoạn 3	Thi công đào Bunke và lắp đặt vỏ chống bê tông cốt thép Bunke
Giai đoạn 4	Phân tích đánh giá kết quả mô hình



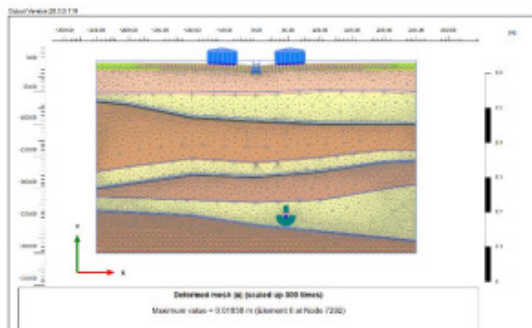
Hình 8. Kết quả dịch chuyển, sụt lún mặt đất khi chưa gia cố.



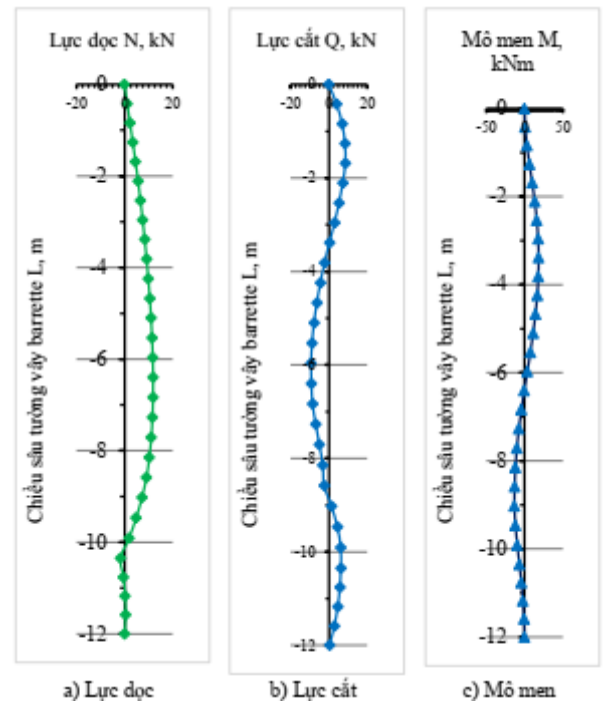
Hình 9. Hiện tượng sụt lún nền kho than G9 khi chưa gia cố



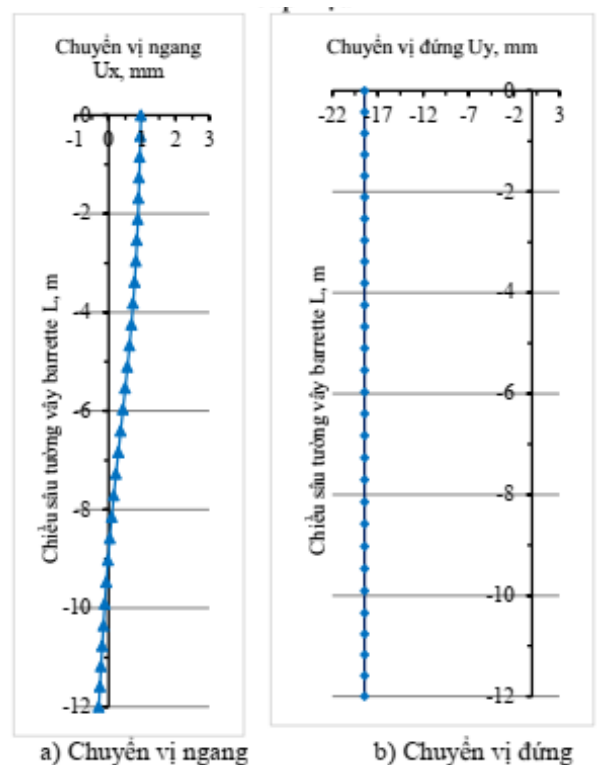
Hình 10. Sơ đồ mô phỏng tuynen ngầm trên mô hình



Hình 11. Kết quả dịch chuyển, sụt lún mặt bằng Kho G9 khi áp dụng các giải pháp gia cố mặt bằng, băng tải trong kho than, kho than, tuynen ngầm



Hình 12. Phân bố nội lực trong tường vây barrette tại vị trí đường hầm (tunnel), bunke cấp liệu



Hình 13. Chuyển vị của tường vây barrette tại vị trí bunke ngầm. bunke cấp liệu

V. Kết luận

Kết quả nghiên cứu của bài báo cho thấy nguyên nhân gây ra sự phá hủy các cấu trúc trên bề mặt kho than G9 là do việc khai thác các lớp than bên dưới, đất đá nền móng, đặc biệt là lớp đá thải mỏ chưa được di chuyển hoàn toàn, sự tự tòn của các cấu trúc bề mặt và các tải trọng động của băng tải phía trên. Bài viết trình bày một mô hình địa cơ học mô phỏng kết quả gia cố của kho than G9 ở khu vực Mông Dương, nơi đã trải qua hiện tượng lún do nằm trên một bãi thải mỏ cũ. Dựa trên mô hình Mohr - Coulomb, các thử nghiệm mô phỏng số đã được thực hiện về quy luật thất bại của các lớp đất phía trên băng cách sử dụng dòng lệnh, và ảnh hưởng của việc khai thác các lớp than bên dưới 1 và khai thác than đến sự lún của các lớp đất phía trên và sự thâm nhập bề mặt đã được thu thập. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng việc gia cố nền tảng của kho than cho phép giảm thiểu sự lún bề mặt...

Tài liệu tham khảo.

1. Peck, R. B. (1969, January). Deep excavations and tunnelling in soft ground. In Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, State of the Art Volume, Mexico.
2. Loganathan, N., & Poulos, H. G. (1998). Analytical prediction for tunneling-induced ground movements in clays. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental

Engineering, 124(9), 846–856.

3. Verruijt, A., & Booker, J. R. (1996). Surface settlements due to deformation of a tunnel in an elastic half plane. Geotechnique, 46(4), 753–756.

4. Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam. Hướng dẫn tính toán trụ bảo vệ các công trình và đối tượng thiên nhiên do ảnh hưởng của khai thác than hầm lò. Hà Nội -2018.

5. Báo cáo khảo sát địa chất công trình thuộc hạng mục Kho G9, năm 2013.

6. Nguyễn Anh Tuấn, Lê Đức Nguyên, Lê Quang Phục, 2011. Nghiên cứu ảnh hưởng dịch động trong sơ đồ khai thác hỗn hợp hầm lò-lộ thiên bằng mô hình số. Thông tin Khoa học công nghệ Mỏ 11.

7. Nguyễn Anh Tuấn, Đào Hồng Quảng, Lê Đức Nguyên, 2012. Nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá mỏ trong khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh trên mô hình vật liệu tương đương. Thông tin khoa học công nghệ mỏ 10. 18-23.

8. Dang Van Kien, Vo Trong Hung, Bui Xuan Nam, Nguyen Huu Sa, Research on the Effect of the Mine Waste Dump on the Stability of Tunnels Below in the Quangninh Coal Area by Numecical Method, Inżynieria Mineralna - Journal of the Polish Mineral Engineering Societ

(Tiếp theo trang 9)

- Kính đề nghị lãnh đạo TKV chỉ đạo các đơn vị tư vấn áp dụng kết quả nghiên cứu trên cho việc lập dự án đầu tư khai thác lộ thiên các mỏ quặng đa khoáng./.

Tài liệu tham khảo:

1. Các dự án và dự án điều chỉnh đầu tư khai thác các mỏ đồng Sin Quyền và mỏ

đồng Tả Phời.

2. Trần Mạnh Xuân, (1993), Cơ sở thiết kế mỏ lộ thiên, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.

3. Арсентьев А.И. (1995), Конечные границы карьеров, Санкт-Петербург.

Nova CDE (môi trường dữ liệu chung) - phần mềm ứng dụng trực tuyến cho các dự án đầu tư xây dựng công trình tại Việt Nam

>> **Th.S. Phạm Tú Phương**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

>> **Th.S. Dương Anh**, Công ty TNHH Công nghệ cao Hải Hòa

Tóm tắt: Nova CDE là một phần mềm ứng dụng trực tuyến được phát triển bởi Công ty TNHH Công nghệ cao Hải Hòa (Harmony-AT) nhằm mục đích để các tổ chức/công ty sử dụng Môi trường dữ liệu chung Nova CDE. Môi trường Dữ liệu chung (CDE) cung cấp cho Chủ đầu tư và đội ngũ dự án một nguồn tài nguyên thông tin của dự án, tập trung, duy nhất và truy cập được. CDE sẽ làm giảm sự lặp đi lặp lại việc trao đổi thông tin và cải thiện tính nhất quán của thông tin cũng như sự hiểu biết trong toàn đội ngũ dự án.

Bài viết đưa ra một số nội dung trong quá trình thiết lập môi trường lưu trữ và chuyển giao dữ liệu giữa các bên liên quan trong dự án. Tuy nhiên, việc thiết lập tổ chức dữ liệu lưu trữ trên Nova CDE do tổ chức sử dụng tự thực hiện theo yêu cầu của mỗi dự án.

Abstract: Nova CDE is an online application software developed by Harmony High Technology Company Limited (Harmony-AT) for organizations/companies to use the Nova CDE Common Data Environment. The Common Data Environment (CDE) provides the Owner and project team with a single, centralized, and accessible source of project information. CDE will reduce the duplication of information exchange and improve the consistency of information and understanding across the project team.

The article presents some contents in the process of setting up a storage environment and transferring data between stakeholders in the project. However, the setup of data storage organization on Nova CDE is done by the using organization according to the requirements of each project.

I. Giới thiệu chung

Nova CDE là một phần mềm ứng dụng trực tuyến, được sử dụng là môi trường dữ liệu dùng chung (Common Data Environment - CDE) cho các dự án đầu tư xây dựng công trình có áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM). Với định hướng xây dựng một môi trường dữ liệu chung do người Việt xây dựng và quản lý phù hợp với các dự án đầu tư xây dựng tại Việt Nam, đồng thời giảm thiểu sự phụ thuộc vào các phần mềm của nước ngoài. Nova CDE được phát triển dựa trên các công cụ linh hoạt, nhưng vẫn đảm bảo tính bảo mật, an toàn về dữ liệu và vẫn đáp ứng các yêu cầu của các tiêu chuẩn BIM trong nước và quốc tế.

Nova CDE phù hợp cho tất cả các bên liên quan trong dự án như cơ quan QLNN, chủ đầu tư, các đơn vị tư vấn và nhà thầu...

cần lưu trữ và quản lý dữ liệu, thông tin các dự án áp dụng BIM.

Hiện nay, Nova CDE đã được phát triển trên nền Web, và sẽ hướng đến việc phát triển các ứng dụng trên các thiết bị di động, ứng dụng ngoại tuyến (Desktop) để giúp người dùng có thể truy cập dữ liệu mọi lúc mọi nơi mà vẫn có thể đồng bộ được dữ liệu ngay lập tức.

Ngày 13 tháng 04 năm 2024, phần mềm Nova CDE đã vinh dự được Hiệp hội Phần mềm và Dịch vụ công nghệ thông tin Việt Nam (VINASA) trao tặng giải thưởng Sao Khuê cho hạng mục “Đổi mới sáng tạo”.

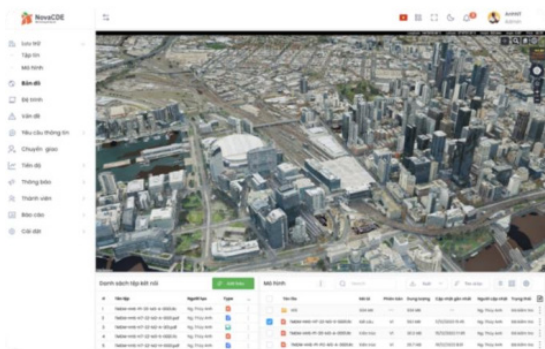
II. Nova CDE trong quản lý thông tin dự án ĐT XDCT trên nền tảng điện toán đám mây

- Nova CDE tích hợp với hệ thống bản đồ thông tin địa lý (GIS): để cung cấp thông tin

trực quan về dự án, giúp người dùng dễ dàng hiểu, phân tích dữ liệu dự án và ra quyết định sáng suốt dựa trên thông tin địa lý.



Hình 1. Giải thưởng Sao Khuê 2024



Hình 2. Tích hợp với hệ thống bản đồ thông tin địa lý

- Hệ thống lưu trữ linh hoạt: Nova CDE cùng khả năng mở rộng dung lượng lưu trữ theo nhu cầu dự án trên nền tảng đám mây với máy chủ được đặt tại Việt Nam của các nhà cung cấp uy tín, đảm bảo an toàn dữ liệu với các biện pháp bảo mật tiên tiến, đồng thời cho phép thiết lập lưu trữ dữ liệu trên máy chủ do người dùng lựa chọn (On-premises).

- Nguồn thông tin chung duy nhất cho dữ liệu dự án: Nova CDE cung cấp nơi lưu trữ trung tâm cho tất cả dữ liệu dự án, bao gồm mô hình BIM, tài liệu, bản vẽ, báo cáo, v.v. Đảm bảo tất cả các bên liên quan đều có quyền truy cập vào phiên bản mới nhất của dữ liệu, giúp cải thiện sự phối hợp và cộng tác.

- Ứng dụng cho toàn bộ vòng đời dự án: Nova CDE được sử dụng cho tất cả các giai đoạn của dự án, từ giai đoạn lập kế hoạch, thiết kế, thi công đến vận hành và bảo trì, đảm bảo tính liên tục và truy xuất nguồn gốc dữ liệu, cho đến thông tin dự án, tạo cơ sở dữ liệu đáng tin cậy trong suốt vòng đời dự án.

- Ứng dụng cho tất cả các bên liên quan: Cung cấp quyền truy cập và giao diện phù hợp cho từng bên liên quan trong dự án (chủ đầu tư, ban QLDA, tư vấn thiết kế, nhà thầu thi công, giám sát...), giúp tăng cường khả năng cộng tác và chia sẻ thông tin hiệu quả giữa các bên liên quan, nâng cao hiệu quả phối hợp và giải quyết vấn đề.



Hình 3. Ứng dụng qua Nova CDE

- Làm việc với các định dạng mô hình BIM: Nova CDE hỗ trợ các định dạng mô hình BIM phổ biến nhất, bao gồm IFC, Revit, SketchUp, v.v. cho phép người dùng dễ dàng cộng tác và chia sẻ mô hình BIM, tạo môi trường làm việc BIM thông suốt và hiệu quả.

- Khả năng phân tích và kiểm tra thông tin: Nova CDE cung cấp các công cụ để phân tích và kiểm tra dữ liệu dự án, giúp các bên liên quan xác định và giải quyết các vấn đề tiềm ẩn, giảm thiểu rủi ro.

- Đáp ứng tiêu chuẩn ISO 19650: Nova CDE được thiết kế để đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn ISO 19650, tiêu chuẩn quốc tế về quản lý thông tin trong các dự án đầu tư xây dựng, đảm bảo tính tương thích và khả

năng trao đổi dữ liệu với các hệ thống khác.

III. Tính năng nổi bật

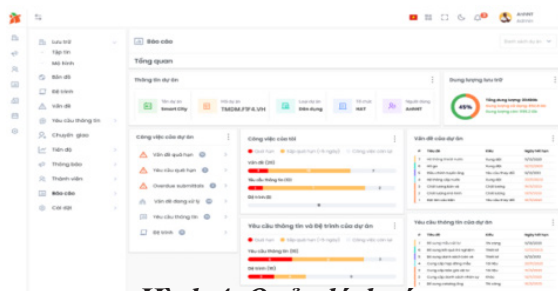
- Chuyển giao trực tiếp: Chuyển giao trực tiếp mô hình BIM và tài liệu dự án sang giai đoạn vận hành và bảo trì, đảm bảo tính đồng nhất và chính xác của dữ liệu trong suốt vòng đời dự án.

- Tích hợp IoT, BMS: IoT, BMS được tích hợp với mô hình BIM để tạo lập Bản sao số, giúp mô phỏng và dự đoán hiệu quả vận hành của công trình, qua đó tối ưu hóa hoạt động vận hành và bảo trì.

- Tạo hồ sơ tài sản: Tạo hồ sơ tài sản dựa trên dữ liệu BIM và thông tin dự án, cung cấp thông tin chi tiết về tài sản, giúp quản lý tài sản hiệu quả và tối ưu hóa chi phí vận hành.

- Quản lý sự cố và lịch trình bảo trì: Lập lịch trình bảo trì dự phòng dựa trên dữ liệu BIM và tình trạng tài sản, theo dõi và quản lý các sự cố, yêu cầu bảo trì, giúp giảm thiểu thời gian gián đoạn và chi phí sửa chữa.

- Tích hợp với hệ thống quản lý công trình: Kết nối Nova CDE với hệ thống quản lý công trình (CMMS) hiện có, đảm bảo quản lý dự án toàn diện và hiệu quả.



Hình 4. Quản lý dự án

IV. Sử dụng Nova CDE

IV.1. Hệ thống lưu trữ và bảo mật thông tin

1. Hệ thống lưu trữ

Hệ thống máy chủ (Server) và hệ thống lưu trữ của Nova CDE có thể được thiết lập linh hoạt theo nhu cầu của khách hàng, như được thiết lập trên hệ thống máy chủ tập trung do các đơn vị hàng đầu tại Việt Nam cung cấp hoặc thiết lập trên hệ thống máy chủ nội bộ của khách hàng (đảm bảo theo

cấu hình máy chủ tối thiểu của Nova CDE).

Dữ liệu được lưu trữ trên Nova CDE được tạo các phiên bản dự phòng (back-up) hằng ngày để bảo vệ trước những rủi ro về mất mát dữ liệu và để khôi phục dữ liệu nếu có sự cố. Hệ thống lưu trữ dự phòng cho phép lưu trữ các phiên bản cũ của dữ liệu, giúp dễ dàng truy vết hoặc khôi phục lại những thông tin đã chỉnh sửa hoặc xóa.

2. Bảo mật thông tin

Dữ liệu được lưu trữ trên Nova CDE đều được mã hóa dựa trên các tiêu chuẩn mã hóa mạnh để đảm bảo tính bảo mật thông tin, bao gồm cả các dữ liệu lưu trữ chính và dữ liệu lưu trữ dự phòng (back-up). Trong khi truyền tải dữ liệu các dữ liệu cũng được mã hóa dựa trên các giao thức HTTPS và TLS để bảo vệ dữ liệu khi truyền qua mạng.

Quyền truy cập dữ liệu được quản lý chặt chẽ, dữ liệu trên CDE được tách biệt hoàn toàn giữa các tổ chức. Việc truy cập chỉ có thể thực hiện được thông qua email và mật khẩu. Người dùng có thể thiết lập xác thực 2 yếu tố (2FA - Two-Factor Authentication) thông qua các ứng dụng như 1Password, Authy hoặc Microsoft Authenticator... Các hành động trên Nova CDE đều được lưu trữ và phân tích log để phát hiện các hành vi bất thường và các mối đe dọa tiềm ẩn.

IV.2. Hệ thống tài khoản và tên miền

Nova CDE sử dụng tài khoản dựa trên email của người dùng. Một người dùng bất kỳ sẽ không thể đăng ký tài khoản để sử dụng Nova CDE. Việc đăng ký được sử dụng thông qua các tổ chức/công ty đã mua Nova CDE. Các cấp tài khoản trong Nova CDE bao gồm:

- Tài khoản quản trị (AA).
- Tài khoản quản lý dự án (PA).
- Tài khoản người dùng (US).

1. Tài khoản quản trị

Tài khoản quản trị (AA) của tổ chức là các tài khoản có toàn quyền tùy chỉnh, quản lý tất cả các tài khoản khác và các dự án của tổ chức đó. Mỗi tổ chức khi mua Nova CDE sẽ cần cung cấp 2 emails để đăng ký AA. Để đảm bảo bảo mật thông tin, các tổ chức sẽ không thể tự thay đổi AA mà cần thông báo

cho nhà cung cấp để có thể thay đổi AA.

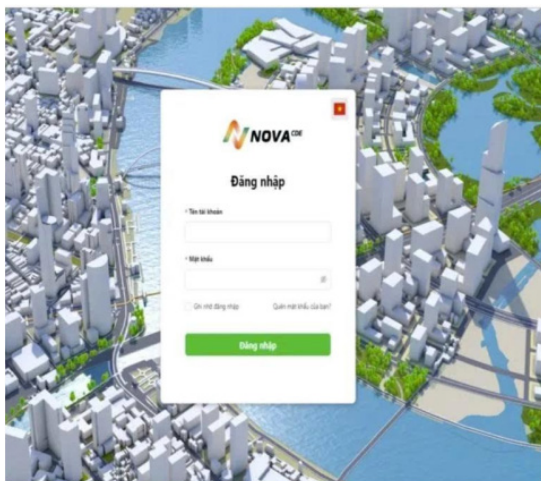
2. Tài khoản quản lý dự án

Tài khoản quản lý dự án (PA) là tài khoản được gán vai trò “Quản lý dự án” trong mỗi dự án.

PA chỉ có thể quản lý các dự án đã được giao và có toàn quyền trong việc quản lý và truy cập dữ liệu của dự án đó. PA cũng có thể thêm những PA khác và người dùng vào trong dự án đang phụ trách quản lý.

3. Tài khoản người dùng

Các tài khoản người dùng (US) là tài khoản được AA hoặc PA thêm vào mỗi dự án với vai trò là thành viên của dự án. Tài khoản người dùng sẽ chỉ có quyền cơ bản là truy cập vào xem các thư mục và tài liệu trong mục “Lưu trữ” của dự án. Các phân quyền chi tiết đối với mỗi US được thực hiện bởi AA hoặc PA.



Hình 5. Đăng nhập Nova CDE

4. Tên miền của Nova CDE

Mỗi tổ chức mua Nova CDE sẽ được cấp một tên miền phụ (sub-domain) dựa trên tên miền chính của Nova CDE như dưới đây:

*****.novabim.vn

Trong đó ***** là ký tự do tổ chức lựa chọn để đảm bảo dễ nhớ và dễ truy cập.

Ví dụ: haihoa.novabim.vn

IV.4. Tính năng sử dụng

1. Quản lý người dùng

- Thêm người dùng vào tổ chức: Sau khi tổ chức đã được cấp tài khoản quản trị (AA)

bao gồm email và password. Tài khoản quản trị đăng nhập vào tên miền phụ đã được cấp

- Xóa người dùng khỏi tổ chức: Chỉ có AA có quyền xóa người dùng khỏi thành viên của tổ chức. Để xóa người dùng AA truy cập vào mục “Thành viên”. Tìm đến người dùng cần xóa bằng công cụ tìm kiếm (nếu cần). Sau đó nhấn vào biểu tượng thùng rác ở cuối dòng để xóa người dùng.

2. Thiết lập dự án

- Thêm dự án mới.
- Sửa thông tin dự án.
- Lưu trữ dự án.
- Thêm người dùng vào dự án.

3. Thiết lập phân quyền trong dự án

Việc phân quyền cho người dùng trong mỗi dự án được thực hiện bởi AA hoặc PA bao gồm 02 loại phân quyền sau:

- Phân quyền thứ nhất là phân quyền truy cập vào các mục chức năng trong mỗi dự án.
- Phân quyền thứ hai là phân quyền truy cập vào các thư mục của dự án nằm trong mục “Lưu trữ”.

4. Kiểm soát tài liệu

Nova CDE cho phép kiểm soát tài liệu theo thư mục và theo tệp.

5. Quản lý đặt tên

Nova CDE cho phép thiết lập các tiêu chuẩn đặt tên để yêu cầu người dùng đặt tên theo đúng quy định khi tải các tệp lên CDE. Người dùng có thể dựa trên các tiêu chuẩn đặt tên tiêu chuẩn theo hướng dẫn 348 - Hướng dẫn chung về BIM hoặc BS EN ISO 19650, sau đó điều chỉnh theo yêu cầu của dự án.

6. Xem các định dạng dữ liệu

Hiện nay Nova CDE cung cấp khả năng xem các định dạng dữ liệu sau:

- Định dạng đám mây điểm: LAS, LAZ
- Định dạng ảnh: PNG
- Mô hình địa hình và công trình: IFC
- Bản vẽ và tài liệu: DWG, PDF, DOCX, XLSX.

7. Các tính năng để xem xét mô hình BIM

- Tính năng ẩn, hiện các tệp mô hình đang mở.
- Tính năng xem thuộc tính đối tượng.
- Tính năng đo đạc trên mô hình.



- Chọn nhiều đối tượng trên mô hình và ẩn hiện.

- Tính năng lưu lại góc nhìn.

8. Quản lý đệ trình

Trong quá trình triển khai dự án, các dữ liệu trên CDE có thể đệ trình phê duyệt giữa các bên liên quan trong dự án.

Ví dụ: Đơn vị tư vấn trình phê duyệt hồ sơ bản vẽ thiết kế thi công... Để thực hiện được các đề trình phê duyệt như vậy, AA hoặc PA cần tạo các quy trình phê duyệt trước khi triển khai dự án.

V. Kết luận

Nova CDE (Common Data Environment) là một nền tảng đám mây tập trung thông tin dự án xây dựng. Môi trường số này lưu trữ toàn bộ dữ liệu liên quan một cách có cấu trúc, cung cấp quyền truy cập có kiểm soát cho các thành viên được ủy quyền trong nhóm dự án. Nova CDE thúc đẩy sự hợp tác và hiệu quả bằng cách tối ưu hóa quy trình làm việc và giao tiếp, đảm bảo tất cả các bên liên quan đều có quyền truy cập vào thông tin mới nhất và chính xác nhất.

Nova CDE là phần mềm trực tuyến quản lý thông tin dự án ĐT XDCT trên nền tảng điện toán đám mây tại Việt Nam. Nova CDE tích hợp liền mạch các giải pháp, tối ưu hóa

quy trình; tích hợp hệ thống GIS, trực quan hóa dữ liệu dự án, hỗ trợ ra quyết định hiệu quả hơn; khả năng kiểm tra, phân tích dữ liệu dự án mạnh mẽ, đảm bảo chất lượng và tiến độ dự án; đáp ứng các tiêu chuẩn BIM, giúp nâng cao hiệu quả cộng tác và quản lý dữ liệu BIM; hệ thống lưu trữ linh hoạt, hỗ trợ nhiều định dạng dữ liệu khác nhau và đảm bảo an toàn dữ liệu.

VI. Tài liệu tham khảo

[1] Công Ty TNHH Công Nghệ Cao Hải Hòa. Nova CDE: Nền tảng Môi trường Dữ liệu chung [trực tuyến]. <https://novabim.vn/moi-truong-du-lieu-chung-nova-cde/>

[2] Nova CDE Vinh Dự Nhận Giải thưởng Sao Khuê 2024 - Hạng Mục Đổi Mới Sáng Tạo. <https://novabim.vn/nova-cde-nhan-giai-thuong-sao-khue-2024/>

[3] Nova - Giải pháp BIM cho hạ tầng Việt Nam. <https://www.facebook.com/NovaBIMVietnam>

[4] Bộ Sản Phẩm BIM cho Kỹ Thuật Xây Dựng. <https://www.harmony-at.com/vi/products>

Sử dụng công nghệ máy xúc phù hợp để khai thác toàn bộ than

>> **ThS. Phạm Xuân Tráng, KS. Trần Tiến Huệ,**

Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin

Tóm tắt: Máy xúc gầu ngược được sử dụng rộng rãi tại Kuzbass (Tây Siberia, Nga) do mức độ tổn thất than trong quá trình xúc bốc chọn lọc thấp hơn nhiều so với máy xúc truyền thống - gầu thuận. Tuy nhiên, một trong những vấn đề thiết kế của các doanh nghiệp khai thác mỏ là chưa xem xét đầy đủ khả năng công nghệ của loại thiết bị này, dẫn đến tổn thất than tăng lên và giảm hiệu quả kinh tế. Bài báo này trình bày phương pháp điều chỉnh chiều cao phân tầng có tính đến khả năng của máy xúc thủy lực trong khai thác than, có thể giảm đáng kể tổn thất than và cải thiện hiệu quả khai thác lộ thiên. Phương pháp này dựa trên hệ thống khai thác và tính toán hình học, cho phép lựa chọn chính xác thiết bị và công nghệ để thích ứng việc sử dụng máy xúc thủy lực nhằm giảm thiểu tổn thất than.

Abstract: Hydraulic backhoes are widely used in Kuzbass (Western Siberia, Russia) because the level of coal loss during their operation is much lower compared with traditional quarry excavators - shovels. However, one of the mining enterprises' designing problems is insufficient consideration of technological possibilities of this type of equipment, which leads to additional losses of coal and economic effect reduce. This article presents an approach to adaptation of the slope height considering the capabilities of backhoes in seam extracting which can sufficiently decrease coal losses and intensify open pit mining. This approach is based on a system of mining and geometrical calculations, allowing carrying out an accurate selection of equipment and technology to adapt the use of hydraulic backhoes to mini-mize coal losses.

1. Mở đầu

Tỉnh Quảng Ninh có các mỏ than lộ thiên lớn như Công ty CP Than Hà Tu, Công ty CP Than Đèo Nai - Cọc Sáu, và Công ty CP Than Cao Sơn. Để thực hiện công tác xúc bốc, các mỏ đang sử dụng khoảng trên 150 máy xúc các loại, trong đó, có tới trên 70 máy xúc thủy lực gầu ngược có dung tích từ 3-12 m³.

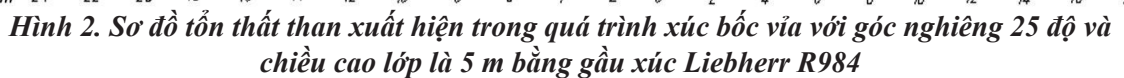
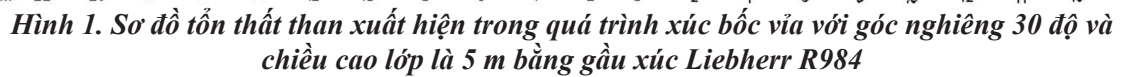
Trên thế giới, các công ty chế tạo máy lớn sản xuất các loại máy xúc thủy lực với nhiều thông số vận hành khác nhau (dung tích gầu, bán kính xúc, độ sâu và chiều cao xúc). Máy xúc thủy lực đã được ứng dụng rộng rãi tại các mỏ trên toàn thế giới (Mỹ, Pháp, Anh, Nhật Bản, Úc, Liên bang Nga, v.v.). Khả năng xúc đa dạng của máy xúc gầu ngược cho phép chúng hoạt động mà không để lại các lăng trụ tổn thất than ở trụ vỉa than, ở chiều cao tối ưu của phân tầng xúc..

2. Hiện trạng áp dụng các máy xúc thủy lực ở vùng than Kuzbass

Hiện nay, máy xúc thủy lực được sử dụng

rộng rãi trên các mỏ lộ thiên ở Kuzbass. Trước hết, loại thiết bị xúc này được thiết kế chuyên dụng để khai thác các vỉa than, bởi vì khả năng khai thác than của máy xúc loại này cao hơn đáng kể so với máy xúc gầu thuận (loại EKG theo phân loại của các nhà sản xuất Nga). Tuy nhiên, thông thường, khả năng khai thác của máy xúc không được tính đến khi lập dự án và lập kế hoạch khai thác các mỏ lộ thiên. Để xác định chiều cao của tầng khai thác, thường được chấp nhận sơ đồ động học của máy xúc do nhà sản xuất cung cấp. Nếu các sơ đồ này không chính xác, việc đào xúc ở khu vực chiều dày vỉa lớn có thể dẫn đến tổn thất than ngoài dự kiến, gây thiệt hại kinh tế cho mỏ lộ thiên.

Nghiên cứu này đã xem xét công tác khai thác lộ thiên ở các vỉa thoải, phân bố rộng rãi ở Kuzbass như mỏ lộ thiên "Raspadsky" làm ví dụ. Công ty cổ phần "Raspadsky" là công ty sản xuất than ở vùng Kemerovo. Công ty này là một phần của công của Nga. Mỏ lộ thiên "Raspadsky" bắt đầu hoạt động khai



thác vào tháng 8 năm 2004. Từ năm 2007, sau khi được cấp phép khai thác, khu mỏ lộ thiên Glukhovskiy đã đi vào hoạt động. Từ năm 2014, khu mỏ "Raspadsky IX-XI" đã được cấp phép khai thác; năm 2017, khu mỏ "Dorozhnyi" tiếp tục được cấp phép khai thác. Tổng trữ lượng than khoảng 132 triệu tấn. Tuổi thọ của mỏ với công suất dự kiến là 5 triệu tấn than mỗi năm trong khoảng 27 năm. Các mỏ khai thác lộ thiên "Raspadsky" bao gồm một nhóm vỉa từ vỉa dốc thoải đến vỉa bằng: góc dốc vỉa từ 15-24 độ, đôi khi lên đến 30 độ.

Đối với khai thác lộ thiên với các vỉa than có góc dốc nhỏ hơn 35 độ, thiết bị xúc bốc là máy xúc thủy lực Liebherr R984. Với chiều cao phân tầng 5 mét, sẽ xuất hiện các tam giác không được xúc bốc. Để giải quyết vấn đề này, cần phải giảm chiều cao phân tầng của các loại vỉa này xuống giá trị mà tại đó sẽ loại trừ hoặc giảm thiểu tổn thất than. Nếu tiếp tục áp dụng theo các thông số được thiết kế trong dự án, thì trong quá trình khai thác lộ thiên, tổn thất than sẽ bắt đầu tăng lên và công ty sẽ bắt đầu thua lỗ. Và hiện nay, việc cải thiện hiệu quả kinh tế của các mỏ than lộ thiên là chìa khóa để thu hút đầu tư mới vào ngành công nghiệp Kuzbass và sự phát triển của ngành nói chung, cũng như kết quả của các doanh nghiệp khai thác trong giai đoạn hiện đại hóa mới.

3. Nghiên cứu xác định chiều cao phân tầng xúc bốc hợp lý để tăng tỷ lệ thu hồi than

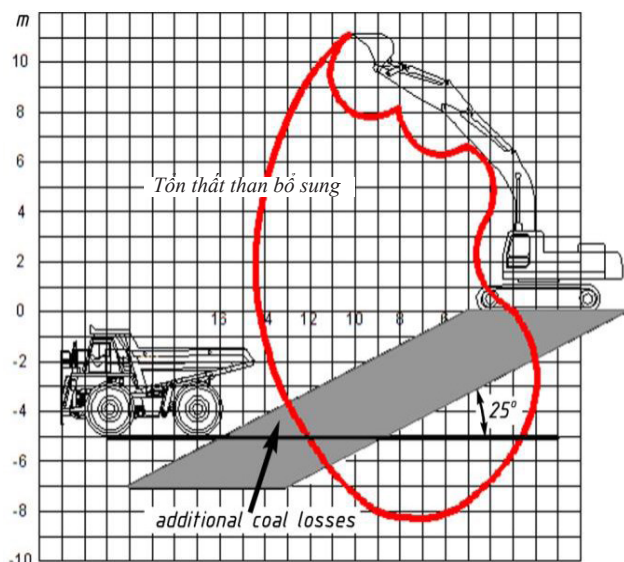
Tuyến bờ mỏ dài 250 m được xem xét. Trong khai thác lộ thiên, các vỉa có góc dốc 30 độ, lượng tổn thất trong xúc bốc do phân tam giác sẽ là 222,5 m³. Nhưng ở các vỉa có góc dốc 25 độ, lượng tổn thất tăng lên khoảng 750 m³ (Hình 1, Hình 2).

Phân tích các sơ đồ trên Hình 1 và Hình 2 cho phép kết luận như sau: Việc sử dụng máy xúc Liebherr R984 để xúc bốc than (phân tầng) cao 5 m sẽ dẫn đến tổn thất than bổ sung và ngoài dự kiến nếu góc dốc của vỉa là 30-32 độ. Xét đến thực tế là tại mỏ lộ thiên "Raspadsky", hầu hết các vỉa đều có góc dốc nhỏ hơn 30 độ, cần phải điều chỉnh chiều cao của phân tầng than khai thác cho

phù hợp.

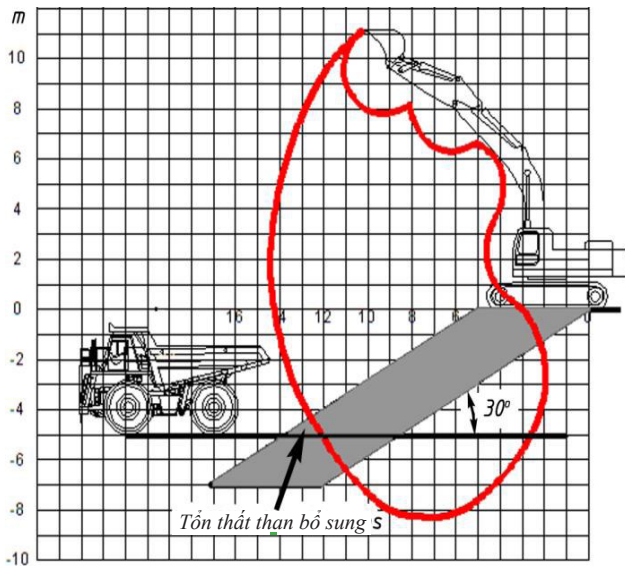
Ngoài vấn đề không xúc bốc được khi sử dụng máy xúc gầu ngược để khai thác các vỉa than, còn một vấn đề khác cũng rất quan trọng. Đối với các vỉa than có chiều cao phân tầng 5 mét và góc tiếp cận của các lớp than từ 20-25 độ, việc chất tải lên ô tô tự đổ chỉ có thể được thực hiện ở vị trí cùng mức máy xúc, vì ở mức chất tải dưới mức máy xúc, ô tô tự đổ sẽ nằm ngoài vùng quỹ đạo chuyển động cần của máy xúc (đối với Liebherr R984 - xem Hình 2).

Trong quá trình phân tích sơ đồ động học của máy xúc thủy lực Volvo-460, người ta thấy rằng vùng than không được xúc khi xúc lớp than ở độ cao phân tầng 5 mét xuất hiện ở các góc tiếp cận của các vỉa than nhỏ hơn 40 độ. Hình 3 và 4 cho thấy sự hình thành vùng tổn thất than ở góc tiếp cận của các lớp vỉa than lần lượt là 25 và 30 độ.



Hình 3. Sơ đồ tính toán tổn thất than trong quá trình khai thác vỉa với góc nghiêng 25 độ và các lớp 5 m bằng máy xúc thủy lực Volvo EC460

Phân tích Hình 3 và Hình 4 cho thấy sự tương đồng về nguồn gốc hình thành tổn thất than khi sử dụng máy xúc thủy lực Volvo EC460 so với Liebherr R984. Do các thông số làm việc (đặc biệt là bán kính xúc) của Volvo EC460 thường nhỏ hơn Liebherr R984, nên tổn thất



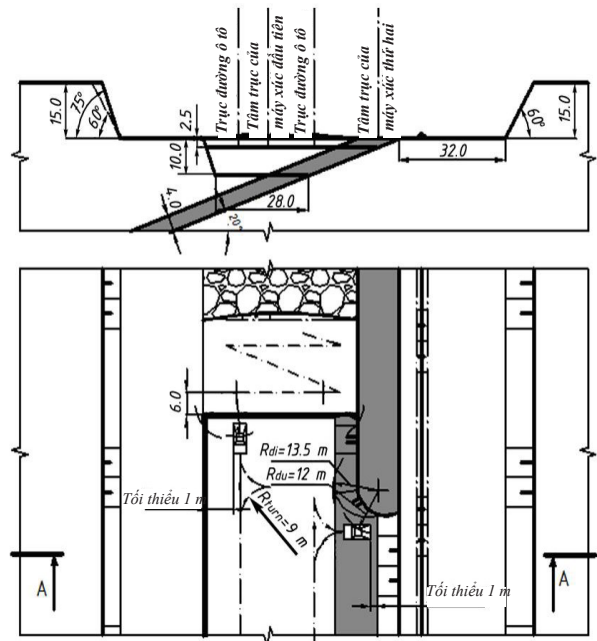
Hình 4. Sơ đồ tính toán tổn thất than trong quá trình khai thác vỉa có góc nghiêng 30 độ và lớp 5 m bằng máy xúc thủy lực Volvo EC460

Bảng 1. Chiều cao khuyến nghị của lớp đào của vỉa than với góc nghiêng khác nhau

Góc nghiêng α , độ	Chiều cao lớp đất H, m, đối với máy đào Liebherr 984C	Chiều cao lớp đất H, m, đối với máy đào Volvo EC460
15	2,5	2,0
20	3,1	2,8
25	3,8	3,2
30	4,5	3,9
35	5,0	4,5
40 và lớn hơn	5,0	5,0

than bổ sung sẽ xuất hiện khi góc nghiêng lớn hơn - lên đến 40 độ. Giá trị này được xác định bằng phương pháp phân tích đồ thị.

Để tăng mức độ thu hồi của việc khai thác than, trong mỗi trường hợp cần phải điều chỉnh các thông số của các phân tầng khai thác vì khi nằm trong bán kính xúc của máy xúc, giá trị tổn thất sẽ giảm. Chiều cao khuyến nghị theo tính toán của phân tầng xúc bốc vỉa than cho các góc nghiêng khác nhau trên hai mẫu máy xúc phổ biến - Liebherr 984C (Đức) và Volvo EC460 (Thụy Điển). Dung tích gầu là 2,9-8,0 m³ (Liebherr) và 1,8-3,6 m³ (Volvo). Kết quả tính toán được trình bày trong Bảng 1.



Hình 5. Sơ đồ công nghệ đào hào và đào vỉa than nghiêng bằng máy xúc thủy lực (thể hiện quá trình xúc lớp trên cùng)

Các số in đậm trong Bảng 1 thể hiện các thông số tối ưu của thiết bị được chọn (Liebherr và Volvo), được chỉ định cho các dự án khai thác vỉa than trên các mỏ lộ thiên vùng Kuzbass.

Chiều cao của các phân tầng than sử dụng các thiết bị được chọn ở trên trong các dự án là 5 m, nghĩa là, chiều cao này không phù hợp với điều kiện khai thác vỉa than phân lớp với góc dốc lên đến 30 độ (trung bình là 3,5 m). Tỷ lệ các vỉa than phân lớp ở các mỏ than Kuzbass được ước tính là 20-25%.

Vì vậy, quyết định sau được đề xuất. Dựa trên giả định về sự tương đồng về chiều cao sườn tầng giữa vùng nghèo than và vùng giàu than của mỏ lộ thiên, và xét đến chiều cao sườn tầng điển hình ở vùng nghèo than là 10 m, nên giảm chiều cao xúc bốc lớp than xuống còn 2,5 m. Điều này có nghĩa là khai thác than bằng máy xúc thủy lực từ khối “than và đá” có bốn lớp có chiều cao bằng nhau. Lưu ý rằng độ cao sườn tầng điển hình ở vùng nghèo than là 10 m là độ cao xúc bốc trung bình cho các loại thiết bị xúc bốc khác nhau: gầu ngược, gầu thuận, v.v. Hình 5 thể

hiện sơ đồ công nghệ đào hào khai thác đồng thời các vỉa than có chiều cao 2,5 m.

Hình 5 cho thấy quá trình thu hồi lớp than phía trên. Tất cả các lớp than phía dưới đều có thể được thu hồi theo cùng một cách. Máy xúc (trong trường hợp này là máy xúc gầu ngược) di chuyển theo đường zíc zắc và đưa đá đã nổ mìn lên xe tự đổ. Sau đó, nó cũng thu hồi lớp than ra và đưa lên xe tự đổ. Theo sơ đồ khai thác lộ thiên này, năng suất tối đa của máy xúc có thể đạt được nhờ góc quay của nó để chất tải xuống không quá 30 độ. Do đó, tổn thất than hợp lý không vượt quá giới hạn. Sơ đồ này cho phép sử dụng đồng thời hai máy xúc, mỗi máy hoạt động trong một khu vực riêng biệt - một cho xúc đất đá và một cho khai thác than. Việc triển khai sơ đồ này sẽ loại bỏ tổn thất than.

4. Kết luận

Việc sử dụng máy xúc thủy lực để khai thác than đòi hỏi phải khai thác tối đa các thông số có lợi của chúng (cụ thể là xúc toàn bộ mà không bỏ lại tam giác than). Điều này có nghĩa là phải điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện cụ thể của mỏ lộ thiên.

Ngoài ra, cần lưu ý rằng khi xúc đất đá đã nổ mìn, cần kiểm tra chiều cao của lớp đất đá do góc ổn định của đá nổ thấp hơn. Vì vậy, cần có bờ an toàn rộng hơn (khoảng cách từ bánh xích của máy đào đến mép trên của tầng) - lên đến 3 m, trong khi bờ an toàn cho than thường bằng 1 m, như thể hiện trong Hình 1 và 2.

Trên cơ sở này, khuyến nghị nên thận trọng khi áp dụng các thông số của máy xúc thủy lực trong sơ đồ do nhà sản xuất đề xuất. Đặc biệt, chiều sâu xúc tối đa (8 m trên Hình 1 và 2, và 8,3 m trên Hình 3 và 4) chỉ có thể đạt được khi sử dụng máy xúc trong điều kiện lý tưởng, vì sẽ không quan sát được các thông số mặt tầng và độ ổn định của đá.

Tài liệu tham khảo

1. Nâng cao năng lực xúc bốc các mỏ

lộ thiên; <https://quangninh.gov.vn/chuyen-de/carnaval2019/Trang/ChiTietTinTuc.aspx?nid=104049>.

2. Litvin. Oleg, Tyulenev. Maxim, Zhironkin. Sergey, Markov. Sergey, Defining the Excavated Layers Height for Coal Extraction by Backhoes; January 2018; DOI:10.2991/coal-18.2018.28; Conference: 9th China-Russia Symposium "Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection"

3. The Analysis of Conditions of Hydraulic Backhoes Use in the Coal-Bearing Zones at Kuzbass Open Pits; E3S web of conferences, 2018, Vol.41, p.1027 [Peer Reviewed Journal] 2018; ISSN: 2267-1242 ISSN: 2555-0403, EISSN: 2267-1242, DOI: 10.1051/e3sconf/20184101027.

4. Tyulenev, M., Markov, S., Zhironkin, S., Gasanov, M. and Cehlár, M. (2021). The Choice of Technology and Equipment for Coal Seams of Different Bedding Excavation at Kuzbass Surface Mines Based on Digging Capacity and Unit Costs. Acta Montanistica Slovaca, Volume 26(4), 603-619

5. Tyulenev. M.A, Khoreshok.A.A, Garina.E, Danilov.S.N, and Zhironkin.S.A. "Adaptive Technology of Using Backhoes for Full Coal Extraction." In 8th Russian-Chinese Symposium "Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety". Atlantis Press, 2016. <http://dx.doi.org/10.2991/coal-16.2016.22>.

Giới thiệu các sản phẩm phần mềm thiết kế công tác khoan nổ mìn cho khai thác các mỏ hầm lò

>> **KS. Trần Tiến Huệ,**

Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin

Tóm tắt: Bài viết giới thiệu tổng quan về các sản phẩm phần mềm tiên tiến phục vụ thiết kế công tác khoan nổ mìn trong khai thác hầm lò: trình bày các tính năng chính của từng gói phần mềm về thiết kế khoan nổ mìn trong khai thác hầm lò; giới thiệu về các doanh nghiệp đang sử dụng các phần mềm này. Ngoài ra, bài viết đưa ra các khuyến nghị về việc lựa chọn phần mềm chuyên dụng phù hợp với nhu cầu của người sử dụng. Để minh họa đại diện cho các phần mềm thiết kế công tác khoan nổ mìn mỏ hầm lò, bài báo cũng giới thiệu các tính năng chính của phần mềm Blast Maker Underground đi kèm một số hình ảnh giao diện của phần mềm này.

Abstract: This paper provides a brief overview of advanced software products for designing drilling and blasting operations in the development of deposits by underground mining method: we have demonstrated the key features of each of the software packages under consideration; presented existing companies that use them. Based on the results of this review, we have put forward our recommendations on selecting specialized software depending on the consumer's needs. To illustrate the representative of underground mine drilling and blasting design software, the article also introduces the main features of Blast Maker Underground software along with some interface images of this software.

1. Mở đầu

Khoan nổ mìn là một trong những quy trình phức tạp và quan trọng nhất trong công nghệ khai thác mỏ, chất lượng của quy trình này quyết định hiệu quả của tất cả các quy trình vận chuyển và chế biến khoáng sản tiếp theo. Các yêu cầu cao về an toàn, hiệu quả chi phí và hiệu quả công nghệ của hoạt động khoan nổ mìn, bao gồm cả tài liệu và thiết kế, được đặt ra. Công tác khoan nổ mìn có vai trò đặc biệt trong chu trình khai thác mỏ, vì toàn bộ chuỗi công nghệ tiếp theo thường phụ thuộc vào các thông số được tính toán chính xác của công tác này. Cho đến nay, nhiều phương pháp thực nghiệm đã được phát triển để xác định các thông số nổ mìn hoặc dự đoán kết quả của nó. Tuy nhiên, các phương pháp này không thể bao quát tất cả các thông số và yếu tố liên quan khi thiết kế hoặc dự báo.

Việc sử dụng các phương pháp phân tích tiên tiến, bao gồm phần mềm chuyên dụng với trí tuệ nhân tạo, cho phép phát triển các công cụ mạnh mẽ có tính đến nhiều thông số để dự đoán kết quả của công tác khoan nổ mìn hoặc xác định các thông số thiết kế

để đạt được kết quả mong muốn. Do việc sử dụng rộng rãi máy tính cá nhân, nhu cầu về các chương trình tự động tính toán khoan nổ mìn cho nhu cầu của các doanh nghiệp khai thác mỏ đã tăng mạnh. Hiện nay, có khá nhiều chương trình máy tính trên thị trường để giải quyết các vấn đề khác nhau liên quan đến tiến hành công tác khoan nổ mìn. Phục vụ mục đích quản lý và tối ưu hóa các thông số chính khi tính toán vùng phá vỡ có kiểm soát tại thời điểm nổ mìn, cần tìm hiểu các sản phẩm phần mềm chuyên dụng để thiết kế công tác khoan nổ mìn trong điều kiện hầm lò, cũng như khả năng dự đoán thành phần cỡ hạt của khối đá vỡ, mô phỏng sự sập đổ của nó sau vụ nổ, tính toán các chỉ số tổn thất và pha loãng, v.v.

Bài báo trình bày tổng quan về các sản phẩm phần mềm tiên tiến để thiết kế công tác khoan nổ mìn trong điều kiện mỏ hầm lò, mô tả ngắn gọn chức năng của chúng và cũng cung cấp các ví dụ triển khai trong các cơ sở sản xuất hiện có.

2. Phần mềm chuyên dụng

Phần mềm Blast Maker Underground (Cộng hòa Kyrgyzstan) được thiết kế để lập

các thiết kế khoan nổ mìn cho khai thác hầm lò, duy trì cơ sở dữ liệu và tối ưu hóa quy trình lập hộ chiếu khoan nổ mìn.

Chương trình có khả năng nhập mô hình khối ở định dạng .CSV và .DM, cho phép sử dụng song song các gói phần mềm khác. Dữ liệu ban đầu bao gồm các thông số tổng thể của giàn khoan và các đặc điểm bổ sung khác. Có các công cụ cho cả việc bố trí lỗ khoan tự động và xây dựng và chỉnh sửa thủ công. Chương trình tự động kiểm tra khả năng đặt thiết bị đã chọn vào công trình, đồng thời xác định tính khả thi về mặt kỹ thuật của việc khoan các lỗ khoan đã thiết kế. Có thể thiết kế kết cấu thuốc nổ và thiết kế cháy chậm.

Trong số các khách hàng của phần mềm này có công ty Polymetal JSC, Nga (mỏ Dukat).

Phần mềm DRIFT (Hoa Kỳ) được phát triển bởi Viện An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp Quốc gia (NIOSH) trong khuôn khổ chương trình khai thác mỏ. Sản phẩm này cho phép các kỹ sư thiết kế tạo ra thiết kế khái niệm cho công tác khoan nổ mìn để đào các đường lò nằm ngang và nghiêng bằng cách đặt các lỗ mìn đệm dọc theo chu vi đường lò. Chương trình cung cấp một số thuật toán để tính toán hộ chiếu khoan nổ mìn trên cơ sở xác định lần lượt vùng phá vỡ có kiểm soát. Khi sử dụng phần mềm DRIFT, nên tiến hành các vụ nổ thử nghiệm cho đến khi đạt được mục tiêu thiết kế.

MineExcellence (Úc) là công ty hàng đầu thế giới trong lĩnh vực công nghệ phần mềm cho công tác khoan nổ mìn [19].

Trong số rất nhiều sản phẩm phần mềm của họ, có thể chọn ra các phần mềm sau, được định hướng cụ thể cho khai thác hầm lò: BIMSu - hệ thống quản lý thông tin về các vụ nổ mìn trong các đường lò hoặc đường hầm (lưu trữ và phân tích dữ liệu); BLASTOP - cung cấp phương pháp tiếp cận đồng bộ để thiết kế các công tác khai thác; BLADES Tunnel Designer - phương pháp tiếp cận đồng bộ để thiết kế các đường lò nằm ngang và nghiêng có các tiết diện khác nhau.

Phần mềm cung cấp các tùy chọn để giải

quyết các vấn đề có thể phát sinh trong quá trình nổ mìn: quản lý sự lan truyền của khối đá và thành phần cỡ hạt của khối đá, xác định hiệu ứng địa chấn của vụ nổ và vị trí truyền sóng nổ.

Các sản phẩm phần mềm của Công ty được sử dụng bởi các công ty khai thác mỏ lớn (CODELCO, BHP Billiton), cũng như các công ty khai thác mỏ vừa và nhỏ ở nhiều quốc gia khác nhau.

Thierry Bernard Technologie (Pháp) là công ty kỹ thuật hoạt động trong lĩnh vực nổ mìn cho các công ty xây dựng dân dụng và khai thác mỏ, cũng như trong lĩnh vực phát triển công nghệ cho thuốc nổ công nghiệp và hệ thống khởi nổ [20]. Công ty là nhà phát triển phần mềm I-Blast Ultimate, được lập để thiết kế, mô hình hóa 4D và tính toán đa biến các thông số nổ mìn, bao gồm cả khai thác hầm lò. Cấu trúc địa chất, nứt nẻ và độ ngậm nước của khối đá được tính đến. Thành phần cỡ hạt, hình dạng sập đổ và chuyển vị được tính toán. Chuyển vị của mỗi khối lập phương của mô hình khối và vị trí cuối cùng của nó trong vụ sập đổ được xác định. Chương trình sử dụng phương pháp tính toán số - thuật toán di truyền kết hợp với phương pháp phần tử rời rạc. Vấn đề được giải quyết trong một công thức động, kết quả là một mô hình động thực tế của một vụ nổ trong một vụ sập đổ, có thể được đánh giá trước khi một vụ nổ thực sự xảy ra. Khách hàng của Thierry Bernard Technologie là các công ty khai thác mỏ lớn, như các công ty Vale, Newmont, Barrick, Kinross, Goldcorp, Glencore, Agnico Eagle, Managem, v.v.

Ngoài ra, trong số các phần mềm chuyên dụng để thiết kế công tác khoan nổ mìn trong điều kiện hầm lò, có thể kể đến các sản phẩm như JKSimBlast (Úc), SHOTPlus Underground (Úc), Maptek (Hoa Kỳ), iRing Inc. (Canada), HOLLSET (Nga), KAZBLAST UNDER (Kazakhstan), v.v.

Nhìn chung, phân khúc phần mềm này được đặc trưng bởi một loạt các chức năng cần thiết để thiết kế và thi công công tác khoan nổ mìn, nhưng nhược điểm là loại phần mềm này không thể được sử dụng để tự động hóa các công tác khác trong quá trình

triển khai tại hiện trường.

3. Phần mềm đa chức năng.

Ở nhiều quốc gia, các chương trình máy tính dành cho ngành khai thác mỏ đã được sử dụng từ khá lâu. Về cấu trúc bên trong, chúng tương tự nhau - cấu trúc phần mềm bao gồm nền tảng (core) dùng để quản lý các chức năng chính, cũng như một số mô-đun bổ sung (ví dụ: tạo cơ sở dữ liệu; mô-đun địa chất; tính toán trữ lượng; lập kế hoạch; phân tích dữ liệu; quản lý luồng quặng, v.v.).

Ngoài các mô-đun trên, gói phần mềm có thể bao gồm các mô-đun bổ sung, thường là các mô-đun chuyên biệt cao (cơ học địa chất, thiết kế khoan nổ mìn, v.v.). Các hệ thống nổi tiếng nhất bao gồm Minemap, Minecom (Hoa Kỳ), Micromine và Vulcan (Úc), Geovia GEMS (Pháp), GEOVIA Surpac (Pháp), MineFrame (Nga), Geomix (Nga), K-Mine (Ukraine), Techbase (Hoa Kỳ), Datamine (Anh), v.v.

Nhìn chung, thị trường phần mềm thiết kế khoan nổ mìn cung cấp khá nhiều mô-đun phần mềm từ các công ty nổi tiếng thế giới. Hiệu quả kinh tế lớn nhất cho một doanh nghiệp đạt được khi phần mềm sử dụng khả năng tích hợp với các hệ thống định vị, tự động hóa phức tạp các nhiệm vụ khai thác mỏ và địa chất, v.v.

Một ví dụ rõ ràng về cách tiếp cận toàn diện như vậy là hệ thống thông tin mỏ-địa chất Micromine Origin & Beyond. Hệ thống này cho phép thiết kế các lỗ khoan nổ mìn hình rẽ quạt và các lỗ mìn để đào các đường lò, và ngoài việc tích hợp với thiết bị khoan, còn cung cấp chức năng tạo các mô hình khối địa cơ.

Các mô hình như vậy cho phép tính đến các đặc tính định tính của khối đá khi tính toán các thông số của công tác khoan nổ mìn, từ đó cải thiện chất lượng của các quyết định thiết kế. Ngoài ra, chương trình còn có một thư viện vật tư tiêu hao (thuốc nổ, kíp nổ, chất kích nổ, v.v.), cho phép lưu trữ thông tin không chỉ về đặc tính của chúng mà còn về chi phí, cho phép nhanh chóng tính toán chi phí và, nếu cần, chuyển thông tin này sang các hệ thống liên quan.

4. Kết quả

Phân tích các phương pháp xác định thông số khoan lỗ mìn và khoan nổ mìn trong điều kiện mỏ hầm lò cho thấy việc tính toán thông số hợp lý của công tác khoan nổ mìn rất phức tạp do cần phải tính đến toàn bộ các điều kiện khai thác, địa chất và khai thác mỏ. Việc lựa chọn một sản phẩm phần mềm tự động cần có cách tiếp cận riêng - phần mềm phải có một bộ chức năng có thể giải quyết các mục tiêu cụ thể của doanh nghiệp. Nếu công ty phải đối mặt với nhiệm vụ chuyển đổi hoàn toàn sang định dạng "số hóa", tốt hơn nên sử dụng phần mềm đa chức năng có thể tích hợp nhiều mô-đun cho nhu cầu của các bộ phận sản xuất khác nhau, từ đó tạo ra một không gian thông tin (số hóa) duy nhất. Nếu doanh nghiệp đã cài đặt phần mềm đa chức năng, nhưng các chức năng của nó không đủ để tạo ra công việc chất lượng cao, có thể xem xét phần mềm chuyên dụng cho công tác khoan nổ mìn. Kết quả tính toán các thông số của công tác khoan nổ mìn trong phần mềm được chọn phải đảm bảo giá thành và chi phí nhân công tối thiểu trong quá trình khai thác, cung cấp thành phần cơ hạt cần thiết của khối đá vỡ, v.v.

Bảng dưới đây cho thấy các tính năng chính của các sản phẩm phần mềm được xem xét trong công việc.

Nhìn chung, dựa trên phân tích phần mềm từ nhiều nhà sản xuất khác nhau, có thể kết luận rằng hầu hết các sản phẩm do các công ty lớn cung cấp hiện nay đều có khả năng giải quyết các vấn đề chính trong thiết kế và phân tích sâu hơn về công tác khoan nổ mìn. Sự khác biệt chỉ nằm ở cách tiếp cận ban đầu và các phương pháp cơ bản của phần mềm này. Chức năng và chất lượng thiết kế phần mềm của các sản phẩm phần mềm không có nhiều kinh phí cho dự án, cũng như các sản phẩm được tạo ra bằng nguồn vốn riêng hoặc hỗ trợ của chính phủ, kém hơn đáng kể so với các công ty hàng đầu thế giới trong ngành này.

Xét đến những điều trên, phần mềm triển vọng nhất hiện nay để thiết kế các công tác khoan nổ mìn và lập mô hình sự sập đổ của vụ nổ, nếu mọi thứ khác đều tương tự nhau (xem bảng), là sản phẩm của công ty

Bảng 1. Các tính năng chính của phần mềm tiên tiến để thiết kế và phân tích công tác khoan nổ mìn trong mỏ hầm lò

Tên phần mềm	Khả năng tích hợp của phần mềm với các thiết bị khác nhau	Khả năng tổ chức CSDL khoan nổ mìn	Khả năng chuẩn bị và in ấn hộ chiếu khoan nổ mìn	Dự báo vùng phá vỡ và phân bố năng lượng nổ	Lập mô hình đồng đá mở sau nổ mìn	Phân tích cỡ hạt trong mô hình mô phỏng
Blast Maker Underground	+	+	+	+	-	-
Datamine	+	+	+	-	-	-
DRIFT software	+	+-	+	-	-	-
Geovia Surpac	+	+	+	-	-	-
HOLLSET	+	+-	+	-	-	-
I-Blast Ultimate	+	+	+	+	+	+
iRing Inc.	+	+	+	+	-	_*
JKSimBlast	+	+	+	+	-	+
KAZBLAST UNDER	-	+	+	+	-	+
K-Mine	+	+	+	+-	-	+_**
Vulcan (Maptek)	+	+	+	-	-	-
Micromine	+	+	+	+	-	-
MineExcellence	+	+	+	+	-	-
SHOTPlus Underground	+	+	+	-	-	-

Pháp Thierry Bernard Technology (I-Blast Ultimate) - phần mềm này áp dụng phương pháp phân tích chặt chẽ để xây dựng bài toán và thuật toán tính toán số kết hợp cho phép dự đoán chính xác độ rung chấn và biến dạng của đá trong quá trình nổ, đồng thời mô hình hóa cơ chế phân mảnh đá, có tính đến tất cả các thông số chính trong quá trình nổ: địa chất, sơ đồ khoan, đường kính lỗ mìn, chất lượng thuốc nổ và búa mìn, cũng như trình tự khởi nổ các lỗ mìn.

Phần mềm này cũng có khả năng xem mô phỏng 4D công tác khoan nổ mìn, giúp các kỹ sư thiết kế lựa chọn phương án tối ưu nhất cho các thông số khoan nổ mìn, có tính đến sự dịch chuyển của khối đá cũng như khối lượng của nó. Công cụ này, khi được

sử dụng bởi một kỹ sư khai thác mỏ có kinh nghiệm, sẽ tạo ra bước nhảy vọt về công nghệ trong việc nâng cao chất lượng công tác khoan nổ mìn và dự báo sự phân bố cỡ hạt trong quá trình nổ mìn.

5. Giới thiệu phần mềm Blast Maker Underground - Các chức năng chính và giao diện phần mềm

Phần mềm “Blast Maker” Underground cho khai thác mỏ hầm lò dùng để lập các dự án khoan nổ mìn của các công tác hầm lò, quản lý cơ sở dữ liệu và tối ưu hóa quá trình lập hộ chiếu khoan nổ mìn.

Dữ liệu ban đầu (Hình 1) bao gồm kích thước tổng thể của giàn khoan và các đặc điểm bổ sung tùy thuộc vào cần khoan và loại dẫn hướng.

Chương trình bao gồm các công cụ để tự động đặt các lỗ khoan song song và hình rẽ quạt (liên kết với dữ liệu khung dây được nạp vào và với các đường ranh giới trên các mặt cắt được xây dựng thủ công từ mặt cắt ngang của mô hình khối), cũng như các công cụ để xây dựng và chỉnh sửa thủ công các lỗ khoan.

Các công cụ được phát triển để kết hợp các lỗ khoan hình rẽ quạt và song song trong một mặt cắt duy nhất, thiết lập các giá trị khoan huyệt chiều dài hoặc vượt quá, vị trí dẫn hướng và điểm khoan cho các lỗ khoan khác nhau của rẽ quạt.

Trong quá trình thiết kế lỗ khoan, việc kiểm tra tự động được thực hiện để đảm bảo rằng thiết bị khoan có thể được đặt tại vị trí làm việc nhất định không chỉ trong mặt cắt mà còn theo tất cả các kích thước của giàn khoan. Điều này cho phép kỹ sư thiết kế hệ chiếu khoan mỏ mỏn phát triển kế hoạch khoan chi tiết hơn.

Bảng kết quả các thông số khoan được tính toán có thể được tùy chỉnh để phù hợp

với phương pháp định vị của giàn khoan cho lỗ khoan được sử dụng.

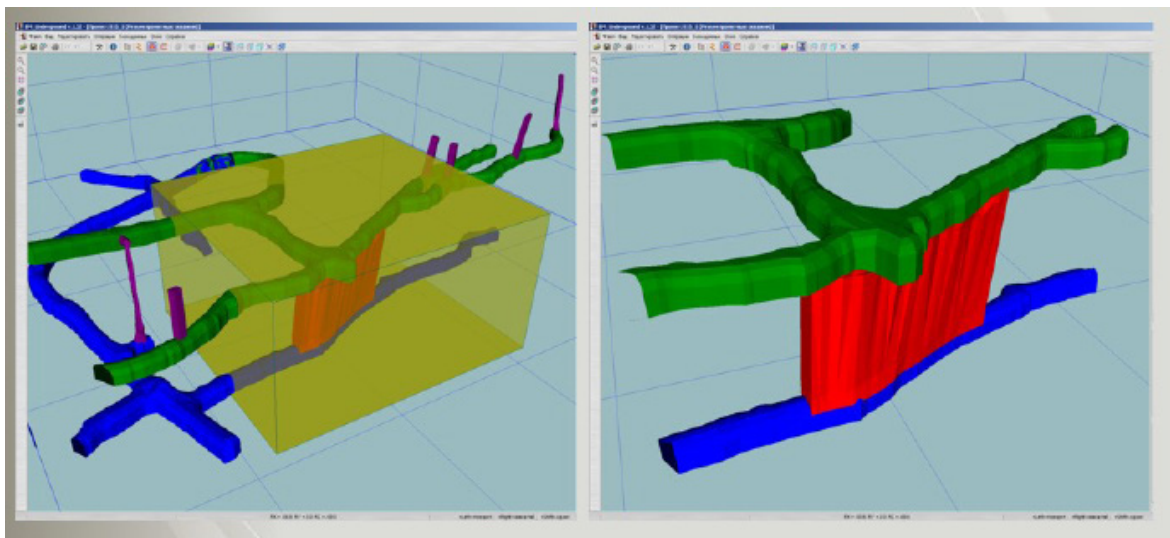
Các thông số khoan cần thiết để định vị theo độ nghiêng và phương vị của lỗ khoan, tọa độ miệng lỗ khoan và góc quay của các khớp nối di động của cần khoan đa thành phần.

Phát triển công cụ kết cấu thành phần thuốc nổ: Có thể chỉ định cả lượng thuốc nổ không cố định và lượng thuốc nổ động tùy thuộc vào chiều dài lỗ khoan. Chương trình cho phép thiết kế các sơ đồ lượng thuốc nổ cho cả lỗ khoan thiết kế và lỗ khoan thực tế.

Công cụ thiết kế mạng nối dây cho phép thiết kế độ trễ lỗ khoan và giữa các lỗ khoan, đồng thời tính toán số lượng phương tiện khởi nổ cần thiết (Hình 3).

Việc tính toán phân bố năng lượng nổ và diện tích bề mặt của mô hình khung dây khối đá được nổ dựa trên các đặc tính của khối đá, thông số nổ và các sơ đồ cháy chậm được sử dụng.

Các mô hình mô phỏng và giá trị hệ số tính toán được tùy chỉnh cho từng mỏ dựa trên việc so sánh thiết kế và các vụ nổ thực



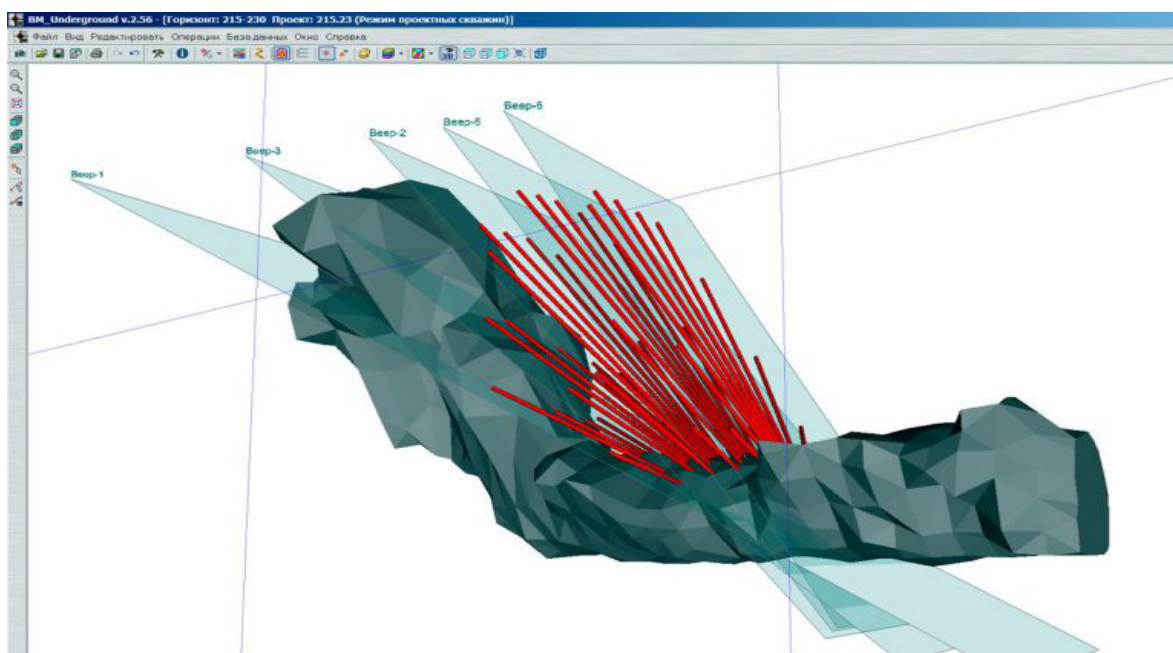
a) Mô hình khối

b) Mô hình khung dây

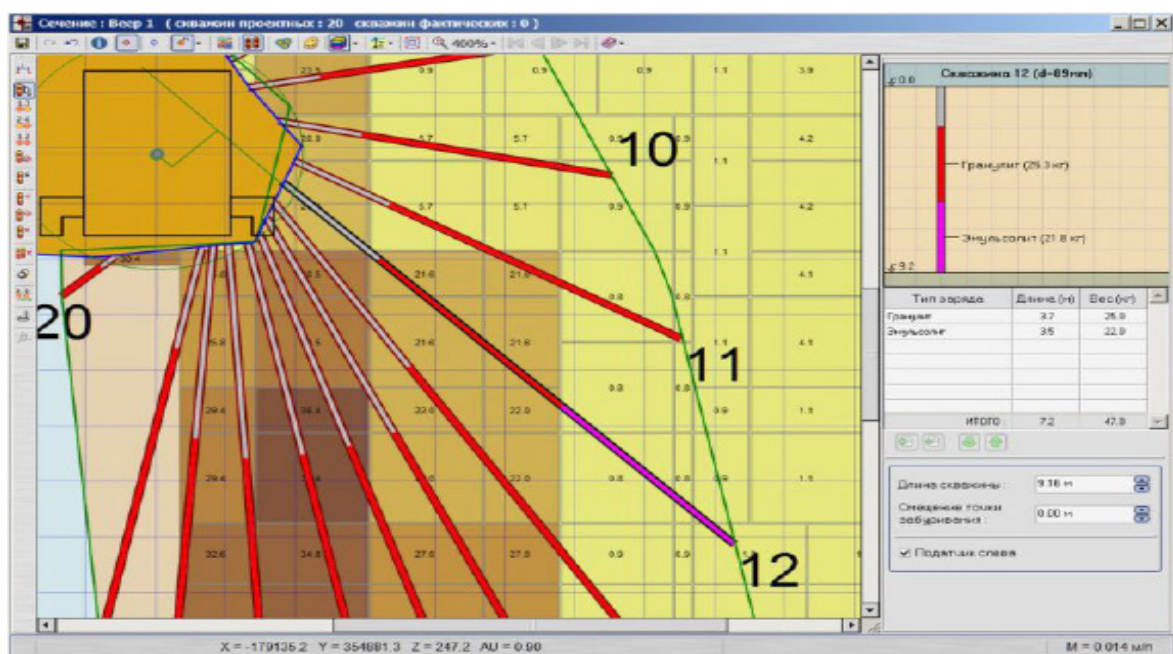
Hình 1. Nhập dữ liệu đầu vào trong Blast Maker Underground

Tính năng nhập mô hình khối: được sắp xếp theo định dạng CSV và DM, cho phép tải các mô hình khối thông thường và khối con từ Datamine và các gói phần mềm khác vào chương trình. Có sẵn số liệu thống kê tóm tắt cho các mô hình đã tải.

Tính năng nhập mô hình khung dây: cũng có thể được nhập bằng định dạng DM và CSV. Có sẵn công cụ để chọn và cắt các vùng khung dây đã chọn.



Hình 2. Thiết kế các lỗ khoan song song và hình rẽ quạt



Hình 3. Thiết kế mạng nối dây

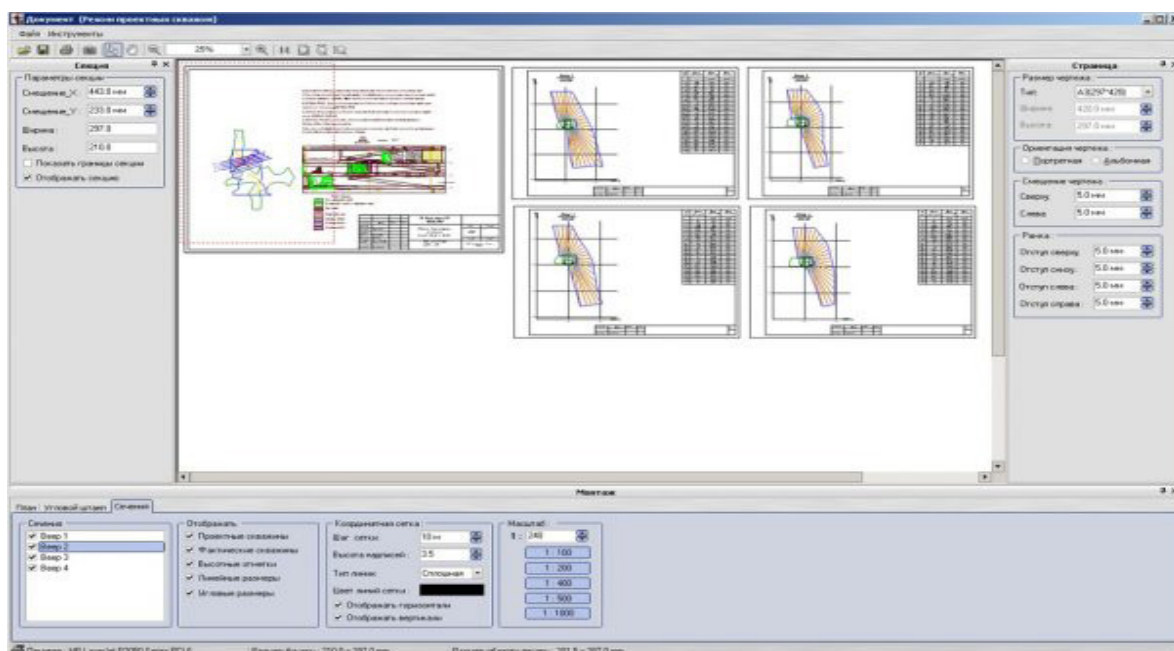
tế.

Tính toán theo thời gian thực ranh giới lỗ nổ, những thay đổi của nó trong trường hợp điều chỉnh vị trí và thuộc nổ của lỗ khoan, và tính toán theo thời gian thực các giá trị quãng thương mại trong ranh giới lỗ nổ cho

phép kỹ sư thiết kế đạt được phương án cỡ hạt tối ưu.

Công cụ tạo hồ sơ thiết kế cho phép tùy chỉnh chương trình để nhanh chóng chuẩn bị dữ liệu dự án dưới dạng đồ họa và bảng.

6. Kết luận.



Hình 4. Lập hồ sơ thiết kế công tác khoan nổ mìn mở hầm lò

Việc sử dụng các công nghệ máy tính và phần mềm hiện đại ngày càng gia tăng trong những năm gần đây và các doanh nghiệp mở đầu quan tâm đến việc sử dụng chúng. Các phần mềm này giúp các kỹ sư thiết kế kiểm soát, đẩy nhanh và phân tích nhiều quy trình khai thác khoáng sản. Nó cũng có thể được sử dụng cho các mục đích cụ thể, chuyên biệt cao, ví dụ như phần mềm khoan nổ mìn được thảo luận trong bài báo này.

Cùng với xu hướng số hóa trong ngành mỏ, việc thiết kế công tác khoan nổ mìn trong tương lai sẽ được thực hiện bởi các sản phẩm phần mềm tự động với các mô phỏng sơ bộ trong môi trường kỹ thuật số. Người dùng khai thác mỏ nên đầu tư vào các công cụ và phần mềm phân tích như vậy ngay hôm nay để trong tương lai gần, các công ty khai thác mỏ của họ sẽ trở thành những công ty dẫn đầu kỹ thuật số hiện đại và có lợi thế cạnh tranh trên thị trường. Các sản phẩm phần mềm tiên tiến trong lĩnh vực khoan nổ mìn được trình bày trong bài báo này chứng minh trên thực tế khả năng nâng cao hiệu quả của các chỉ tiêu nổ mìn và phá vỡ đá. Nhiều mỏ đã triển khai phần mềm này đã ghi nhận sự cải thiện về chất lượng khoan nổ

mìn, cụ thể là khả năng tạo tạo biên cho các đường lò, tăng hiệu suất sử dụng lỗ mìn và khối đá nổ mìn đạt chất lượng theo yêu cầu.

Tài liệu tham khảo

1. Добраневская А.А. , Кулагина М.А., Автоматизация БВР на подземном руднике «Удачный» Удачинского ГОКа АК Алроса (ПАО); Добывающая промышленность №4, 2022
2. Kirsanov, Aleksandr. (2023). Analysis of software products for designing drilling and blasting operations in the development of deposits. News of the Tula state university. Sciences of Earth. 2. 249-259. 10.46689/2218-5194-2023-2-1-249-259.
3. САПР БВР “BlastMaker” для ПГР, <https://blastmaker.kg/#mobile-menu-toggle>

Dự báo nhiệt độ gương đào lò dựa vào PSO - SVR

Nguồn: 李延河, 万志军, 于振子, 等. 基于PSOSVR的掘进工作面风温预测[J]. 煤炭科学技术, 2025, 53(1): 183-191. LI Yanhe, WAN Zhijun, YU Zhenzi. Research on wind temperature prediction of tunneling working site based on PSOSVR[J]. Coal Science and Technology, 2025, 53(1): 183-191.

>> **CN. Nguyễn Mai Hoa**, Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin (Biên dịch)

Tóm tắt: Cùng với sự cạn kiệt dần của tài nguyên than ở phần nông của Trung Quốc, chiều sâu khai thác mỏ than cũng ngày càng tăng, vấn đề tác hại nhiệt cũng ngày càng trở nên nghiêm trọng. Không gian khai thác, đào lò là khu vực chính chịu ảnh hưởng của tác hại nhiệt trong lò, việc phòng chống tác hại nhiệt là nền tảng quan trọng để đảm bảo sản xuất an toàn, hiệu quả cao. Điều kiện tiên quyết để xử lý tác hại nhiệt trong mỏ là xác định rõ tải lạnh, vì vậy, việc dự báo chính xác đối với nhiệt độ không gian khai thác, đào lò có ý nghĩa rất lớn. Bài viết đã xây dựng mô hình dự báo nhiệt độ gió lò chợ đào lò dựa vào PSO-SVR (dựa vào hồi quy véc tơ hỗ trợ bằng thuật toán tối ưu hóa bầy hạt). Mô hình được tối ưu hóa thông qua các thông số hệ số phạt C và hàm nhân. Thông qua đo đạc tại thực tế hiện trường và nghiên cứu tài liệu để xây dựng một bộ mẫu huấn luyện dự báo nhiệt độ gió gương đào lò. Bằng cách so sánh với mô hình MLR ước lượng theo phương pháp bình phương tối thiểu và mô hình SVR thông thường được hiệu chỉnh thông qua phương pháp 'thử - sai' qua đó phân tích được lợi thế của thuật toán PSO-SVR". Ứng dụng mô hình thuật toán PSO-SVR vào công tác dự báo nhiệt độ gió lò thông gió tầng bảo vệ Kĩ -24120 mỏ 10 Công ty hữu hạn cổ phần than Thiên An- Bình Định Sơn, đồng thời căn cứ vào kết quả dự báo nhiệt độ gió, hướng dẫn thiết kế phương án lựa chọn tổ hợp máy làm mát và giảm nhiệt độ. Kết quả cho thấy: tính năng dự báo mô hình PSO-SVR tối ưu, sai số tuyệt đối của mô hình chỉ là 1,85%, giảm 55,9% so với mô hình SVR thông thường, điều này cho thấy việc tối ưu hóa tham số mô hình bằng PSO có vai trò quan trọng trong việc cải thiện độ phù hợp, khả năng tổng quát và độ chính xác trong dự báo của SVR. Mỗi khi đào sâu 100 m đường lò, nhiệt độ gió trung bình của luồng gió lò chợ tăng 0.16°C. Khi đào đến 2.000 m, nhiệt độ gió tại cửa hầm đạt 35.8°C. Nhu cầu làm lạnh cần thiết cho lò thông gió tầng bảo vệ Kĩ-24120 là 1.083,28 kW và tổng công suất làm lạnh của hệ thống máy làm lạnh thiết kế là 1.085 kW. Sau khi thực hiện giảm nhiệt độ ở lò thông gió tầng bảo vệ Kĩ- 24120, nhiệt độ trung bình lò chợ 8,6 oC, hiệu quả giảm nhiệt độ rõ rệt, chứng tỏ độ tin cậy và tính khả thi của mô hình dự báo nhiệt độ gió gương đào lò dựa vào PSO-SVR.

Abstract: With the gradual depletion of shallow coal resources in China and the increasing depth of mine excavations, the thermal hazard has intensified significantly. The tunnelling working site is a primary underground thermal hazard and requires targeted thermal hazard mitigation to ensure safe and efficient mine production. The premise of mine the thermal hazard ccontrol is to clarify its cooling load so that the great significance is to predict the air temperature in the mining operation space accurately. The airflow temperature prediction model of the tunnelling working site based on PSO-SVR was established, and the model was optimized by using the penalty factor C and kernel function parameter in the model. Through field measurement and literature research, the training sample set of airflow temperature prediction in the tunnelling working site is established. By comparing with the MLR model estimated by the least square method and the conventional SVR model calibrated by the "trial and error" method, the advantages of the PSO-SVR algorithm are analyzed. The PSO-SVR algorithm model was applied to predict airflow temperature in

J-24120 protective airway of Pingmei No.10 Coal Mine. Based on the prediction results of air temperature, the selection of refrigeration units and the design of cooling schemes are guided. The results show that: The PSO-SVR model has the best prediction performance, and the absolute error percentage of the model is only 1.85 %, which is 55.9 % lower than that of the conventional SVR model. So PSO optimization model parameters play an important role in improving SVR fitting degree, generalization and prediction accuracy. For every 100 m of roadway excavation, the average temperature rise of head-on airflow is 0.16 °C. When the roadway is excavated to 2 000 m, the temperature of head-on airflow in the roadway rises to 35.8 °C. Ji-24120 protective airway cooling demand is 1 083.28 kW, and the total cooling capacity of the design refrigeration unit is 1085 kW. After the cooling of the Ji-24120 protective airway, the average headon temperature drop is 8.6 °C, and the cooling effect is remarkable, which shows the reliability and feasibility of the PSO-SVR prediction model of airflow temperature in the tunnelling working site.

Khi việc khai thác tài nguyên than dần xuống sâu, vấn đề tác hại do nhiệt trong mỏ ngày càng trở nên nghiêm trọng. Gương đào lò là một trong những khu vực chính chịu ảnh hưởng của tác hại nhiệt trong mỏ, do đó, việc dự đoán nhiệt độ gió tại đây là điều kiện tiên quyết để phòng chống tác hại nhiệt. Vì vậy, nghiên cứu dự đoán nhiệt độ gió tại gương đào lò có ý nghĩa thực tiễn quan trọng. Nhiều học giả trong và ngoài nước đã tiến hành nghiên cứu sâu rộng về dự đoán nhiệt độ gió trong mỏ, chủ yếu có thể chia thành ba phương pháp: phân tích toán học, mô phỏng số và dự đoán bằng thuật toán thông minh. Về phân tích toán học, ZHU và các đồng nghiệp trong “Thí nghiệm mô phỏng vật lý các yếu tố ảnh hưởng đến trường nhiệt độ của vòng tròn điều chỉnh nhiệt trong đất đá xung quanh đường lò” - Tạp chí Nguồn năng lượng, Phần A: Thu hồi, Sử dụng và Tác động Môi trường. 2023, 45 (4)) đã nghiên cứu quá trình truyền dẫn nhiệt và đối lưu nhiệt giữa luồng gió và đất đá xung quanh, kết quả cho thấy khi nhiệt độ đá vách ổn định, tốc độ gió có ảnh hưởng đáng kể đến nhiệt độ của đất đá xung quanh. Zhang Xiaokang và các đồng nghiệp trong “Tính toán và ứng dụng thời gian thực nhiệt độ môi trường của hệ thống thông gió mỏ” – Học báo than, 2012, 37 (5) : 863–867 đã phân tích các đặc điểm khác nhau của các đường lò và đề xuất phương pháp tính toán nhiệt phù hợp với từng loại đường lò khác nhau.

Chen Jianxun và các đồng nghiệp trong “Thử nghiệm hiện trường quy luật thay đổi

hiệt độ và đặc điểm truyền nhiệt trong đường hầm khu vực có khí hậu lạnh” – Học báo đường giao thông Trung Quốc, 2023, 36 (8) : 190–203) đã tiến hành phân tích đặc điểm truyền nhiệt theo chu kỳ của trường nhiệt độ trong đường lò, kết quả cho thấy sự phân bố nhiệt độ theo chiều dọc của đường hầm thay đổi theo dạng hàm mũ theo độ sâu chôn, đồng thời chịu ảnh hưởng của nhiệt độ đất đá xung quanh và nhiệt độ trung bình năm. Zhang Yuan và các đồng nghiệp trong “Phương pháp thử nghiệm mô hình hóa dẫn nhiệt ở trạng thái không ổn định đất đá đường hầm, đường lò - Học báo công trình khai thác mỏ và an toàn, 2014, 31 (3) : 441–446” đã xây dựng mô hình toán học dẫn nhiệt không ổn định một chiều bán vô hạn của trường nhiệt độ đá vách đường lò, sử dụng tám tròn rỗng hai mặt cách nhiệt và đã suy ra tiêu chuẩn tương đồng của quá trình dẫn nhiệt trong đá đá xung quanh đường lò. Zhou Hang và các đồng nghiệp trong “Hiệu ứng điện trở nhiệt tại bề mặt trong quá trình thông gió làm mát đường lò của mỏ có nhiệt độ cao” – Học báo KH cơ sở ứng dụng và công trình, 2022, 30 (3) : 673–683 đã sử dụng mô hình truyền nhiệt tương đương với bề mặt thô để phân tích, và phát hiện rằng tốc độ gió và độ nhám của bề mặt có liên quan mật thiết đến điện trở nhiệt tại bề mặt tiếp xúc. Về phương diện mô phỏng số, DANKO và các cộng sự [11] đã tiến hành nghiên cứu mô phỏng số nhiệt độ và độ ẩm của luồng gió trong đường lò đang đào. Qin Yueping và các đồng nghiệp trong “Mô phỏng, tính

toán và phân tích thử nghiệm phương pháp thể tích hữu hạn trường nhiệt độ đất đá xung quanh đường lò” – Học báo than, 2017, 42 (12) : 3166–3175 đã sử dụng phương pháp sai phân và nhiều phương pháp phần tử hữu hạn khác nhau để tính toán mô phỏng số trường nhiệt độ đá vách xung quanh.

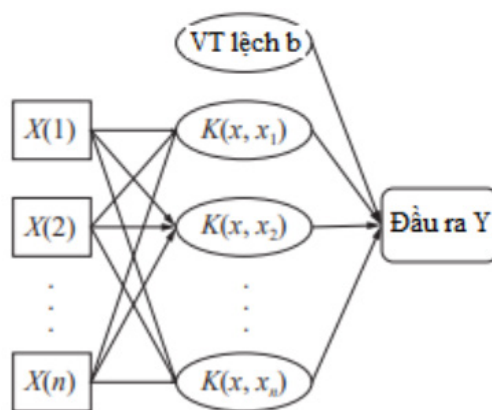
ZHU và các đồng nghiệp trong “Mô hình dự đoán nhiệt độ luồng không khí ngầm trong các mỏ than siêu sâu. Tạp chí Minerals, 5(3), 527–545.” đã xây dựng phương trình tính toán nguồn nhiệt cho mỏ ở tầng rất sâu dựa trên nguyên lý cân bằng nhiệt, đồng thời phát triển chương trình tính toán nhiệt độ gió trong mỏ ở tầng rất sâu. Những năm gần đây, các thuật toán thông minh cũng đã trở thành một trong những phương pháp chủ yếu để dự đoán nhiệt độ gió trong mỏ. LIANG và các đồng nghiệp trong “Mô phỏng mô hình và cảm nhận nhiệt độ vượt ngưỡng sớm của hệ thống tòi mỏ dựa trên công nghệ song sinh số. Tạp chí Machines, 2023, 11(10): 966 “ đã đề xuất một phương pháp dự đoán nhiệt độ và cảm biến sớm dựa trên mô hình song sinh số (Digital Twin) kết hợp với mạng nơ-ron hồi tiếp (RNN), giúp thực hiện việc giám sát và cảm biến nhiệt độ hệ thống nâng của mỏ theo thời gian thực. BASCOMPTA và đồng nghiệp trong “Mô hình dự đoán nhiệt độ trong hệ thống thông gió chính của mỏ ngầm. Tạp chí Applied Sciences, 2020, 10(20): 7238” đã xây dựng mô hình dự đoán nhiệt độ gió trong mỏ dựa trên nhiều năm dữ liệu đo đạc thực tế. Gao Jianan và các đồng nghiệp trong “Phương pháp dự đoán nhiệt độ gió trong giếng nước mỏ bằng PSO–SVR” – Học báo Đại học KHKT Tây An 2022, 42 (3) : 476–483 đã sử dụng phương pháp máy hỗ trợ vector (SVM) để xây dựng mô hình dự đoán nhiệt độ gió trong giếng đứng. Các nghiên cứu trên cho thấy, phương pháp mô phỏng số và phân tích toán học đều xây dựng phương trình truyền dẫn nhiệt dựa trên các tham số tính chất nhiệt của đất đá xung quanh, điều kiện địa chất mỏ và kỹ thuật sản xuất, từ đó dự đoán nhiệt độ gió trong không gian làm việc. Các phương pháp này có độ chính xác dự đoán khá cao, nhưng các tham

số liên quan trong mô hình lại khó thu thập, dẫn đến những hạn chế nhất định trong ứng dụng thực tế. Về mặt thuật toán thông minh, phương pháp hồi quy hỗ trợ vector (Support Vector Regression, SVR), là một hình thức mở rộng của máy vector hỗ trợ (SVM). So với SVM truyền thống, SVR ít bị sai lệch do các điểm dữ liệu bất thường trong mẫu và có thể áp dụng cho các bài toán phi tuyến dưới ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Do đó, tác giả đã xây dựng mô hình dự đoán nhiệt độ gió tại gương đào lò dựa trên phương pháp SVR, đồng thời sử dụng thuật toán bầy hạt (PSO) để tối ưu hóa các tham số của SVR nhằm nâng cao độ khớp và khả năng hội tụ của mô hình. Thông qua việc so sánh với mô hình hồi quy tuyến tính đa biến (MLR) và mô hình SVR thông thường được hiệu chỉnh tham số bằng phương pháp “thử – sai”, tác giả đã phân tích được ưu thế của thuật toán PSO-SVR và cuối cùng áp dụng mô hình vào dự đoán nhiệt độ gió trong lò thông gió tầng bảo vệ Kỉ-24120 thuộc mỏ số 10, đồng thời triển khai phương án làm mát cục bộ, qua đó xác minh độ tin cậy của mô hình dự đoán PSO–SVR.

1. Mô hình dự báo nhiệt độ gió

1.1 .Hồi quy véc tơ hỗ trợ

SVR là một phương pháp học tập cơ khí, lấy lý thuyết học tập thống kê làm cơ sở, được ứng dụng trong dự báo hồi quy vấn đề phi tuyến tính. Hệ thống hồi quy tổng thể SVR xem hình 1.



Hình 1. Kết cấu hệ thống hồi quy véc tơ hỗ trợ

Ứng dụng SVR vào trong dự báo nhiệt độ gió gương đào lò có thể tìm được mối quan hệ đối ứng phi tuyến tính giữa nhiệt độ gió gương đào lò và các yếu tố ảnh hưởng của nó.

Đối với mô hình dự báo nhiệt độ gió gương đào lò dựa trên phương pháp hồi quy hỗ trợ vector (SVR), trước tiên cần xác định tập dữ liệu huấn luyện q như sau:

$$q = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)\} \quad (1)$$

Trong đó:

- x_i vector đặc trưng đầu vào
- y_i là vector đặc trưng đầu ra

SVR thông qua hàm nhân $\phi(x)$ phản ánh vector đặc trưng phi tuyến tính trong mẫu dữ liệu từ không gian chiều thấp đến không gian đặc trưng chiều cao hơn, từ đó phù hợp với hàm hồi quy tuyến tính trong không gian đặc trưng.

$$f(x) = w\phi(x) + b \quad (2)$$

Trong đó: w là vector trọng số (trọng lượng vector); b là hằng số thiên vị

Hàm tổn thất ε được định nghĩa trong SVR. Các tham số mô hình được tối ưu hóa bằng cách giảm thiểu hàm để tìm hàm hồi quy có giá trị tham số tốt nhất, như thể hiện trong công thức (3):

$$\varepsilon = \min \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \hat{\xi}_i) \quad (3)$$

Điều kiện kết thúc:

$$\begin{cases} y_i - [w, \phi(x_i)] - b \leq \xi_i + \varepsilon \\ [w, \phi(x_i)] + b \leq \hat{\xi}_i + \varepsilon \\ \xi_i \leq 0, \hat{\xi}_i \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: C là hệ số phạt; ξ_i là biến rời rạc. Thông qua vận toán thu được hàm hồi quy là:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (\beta_i - \alpha_i) K(x_g x_i)_i + b \quad (5)$$

Trong đó, β_i, α_i là các bội số Lagrange, $K(x_g x_i)$ là hàm nhân (kernel function) của máy hỗ trợ vectơ (SVM). Trong các loại hàm nhân, hàm nhân cơ sở xuyên tâm (RBF – Radial Basis Function) có khả năng

khái quát hóa tốt và liên quan đến ít tham số, do đó có lợi thế nhất định trong việc tối ưu hóa tham số. Hàm nhân RBF có dạng như sau:

$$K(x_g x_i) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x\|^2}{2g^2}\right) \quad (6)$$

Trong đó, g là tham số của hàm nhân, đại diện cho phương sai của hàm Gaussian, tức là độ rộng của hàm theo hướng độc lập. Khi g nhỏ, hàm có khả năng khớp với dữ liệu tốt hơn; khi g lớn, hàm có khả năng khái quát hóa tốt hơn. Do đó, việc xác định các tham số tối ưu ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất của mô hình SVR sử dụng hàm nhân cơ sở xuyên tâm (RBF) trong dự đoán nhiệt độ gió. Để tiếp tục nâng cao hiệu quả dự đoán của mô hình SVR, cần tìm kiếm các thuật toán tối ưu hiệu quả để tối ưu hóa các tham số của mô hình.

1.2 Thuật toán tối ưu hóa bầy hạt (PSO)

Thuật toán tối ưu hóa bầy hạt (PSO) là một loại thuật toán thông minh tập thể, với cấu trúc thuật toán khá đơn giản và tốc độ hội tụ nhanh. Ý tưởng cốt lõi của thuật toán là sử dụng việc chia sẻ thông tin giữa các hạt trong nhóm, giúp cho chuyển động của toàn bộ nhóm hạt trong không gian giải quyết vấn đề từ tình trạng hỗn loạn đến trật tự, từ đó tìm ra giải pháp tối ưu cho vấn đề. Dựa trên nguyên lý này, thuật toán có thể được áp dụng trong việc tối ưu hóa các tham số (C, g) của mô hình dự báo nhiệt độ gương đào lò dựa trên SVR. Quá trình tối ưu hóa theo vòng lặp của thuật toán bầy hạt như sau:

Giả sử hạt thứ i trong nhóm hạt có vị trí trong không gian D chiều được thể hiện là:

$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, x_{id})$ và tốc độ của hạt là: $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ij}, v_{id})$

Vận tốc này quyết định độ dịch chuyển của hạt trong mỗi vòng lặp của quá trình tìm kiếm.

Hạt tốt nhất hiện tại trong quần thể được biểu diễn là: $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{id})$, hạt tốt nhất toàn cục (toàn bộ quần thể) được biểu diễn là:

$g = (g_1, g_2, \dots, g_j, \dots, g_d)$

Trong quá trình lặp, các hạt cập nhật

vận tốc và vị trí của mình dựa trên nghiệm tốt nhất trong quần thể hiện tại và nghiệm tối ưu toàn cục (theo công thức (7) và (8)). Hàm thích nghi được sử dụng là sai số bình phương trung bình (MSE) của kết quả dự đoán trên mẫu huấn luyện. Dựa vào đó, vận tốc và vị trí của các hạt trong quần thể được cập nhật để tìm ra bộ tham số tối ưu của mô hình SVR (C, g), từ đó xây dựng mô hình dự đoán nhiệt độ gió tại gương đào lò dựa trên thuật toán PSO-SVR.

$$v_{ij} = wv_{ij} + c_1r_1(p_{ij} - x_{ij}) + c_2r_2(g_i - x_{ij}) \quad (7)$$

$$x_{ij} = x_{ij} + v_{ij} \quad (8)$$

Trong đó: r là một số ngẫu nhiên nằm trong khoảng (0, 1), w là hệ số quán tính (inertia weight), đại diện cho khả năng tìm kiếm toàn cục của thuật toán.

1.3 Hồi quy tuyến tính đa biến (Multiple Linear Regression – MLR)

Hồi quy tuyến tính đa biến (Multiple Linear Regression, MLR) là một phương pháp thống kê, có thể được sử dụng để dự đoán hồi quy trong điều kiện có nhiều biến độc lập ảnh hưởng đến biến phụ thuộc.

Hình thức cơ bản của mô hình có thể được biểu diễn như sau:

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n + \kappa \quad (9)$$

Trong đó: β_0 là khoảng cách cắt, κ là hạng mục chênh lệch; $\beta_1 \sim \beta_n$ là hệ số hồi quy.

Mô hình dự đoán hồi quy MLR sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu (Least Squares Method) để ước lượng các hệ số hồi quy.

Mục tiêu của phương pháp này là tìm ra bộ hệ số hồi quy tối ưu bằng cách tối thiểu hóa tổng bình phương sai số (Residual Sum of Squares, RSS) giữa giá trị quan sát thực tế và giá trị dự đoán từ mô hình hồi quy.

$$RSS = \sum_I^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (10)$$

Trong đó: y_i là giá trị quan trắc mẫu; $(y_i)^\wedge$

là giá trị dự báo hồi quy mô hình; n là số mẫu

Vì vậy, có thể thông qua MLR để xây dựng quan hệ tuyến tính giữa nhiệt độ gió gương đào lò và các yếu tố ảnh hưởng đến nó. Nhờ vào mô hình này, ta có thể dự đoán sự thay đổi của nhiệt độ gió tại gương đào lò khi các yếu tố đầu vào biến đổi.

2. Xây dựng mô hình dự báo PSO-SVR

2.1 Quá trình xây dựng mô hình dự báo

Là quá trình dự báo nhiệt độ gió gương đào lò dựa trên mô hình hồi quy vectơ hỗ trợ được tối ưu hóa bằng thuật toán bầy đàn hạt (PSO-SVR), mô hình sử dụng PSO để tối ưu hóa các tham số trong SVR, bao gồm hệ số phạt C và tham số của hàm nhân. Kết quả tối ưu hóa được đánh giá thông qua sai số căn bình phương trung bình (RMSE), trong đó $RMSE = 0$ và $R^2 = 1$ biểu thị mức độ thích nghi tốt nhất và kết quả tối ưu hóa tham số là tốt nhất.

Quy trình tối ưu hóa và dự đoán của mô hình PSO-SVR được thể hiện trong Hình 2, với các bước cụ thể như sau:

1) Chia tập dữ liệu, 80% dữ liệu được chọn ngẫu nhiên làm tập huấn luyện, 20% còn lại được dùng làm tập kiểm tra.

2) Chuẩn hóa dữ liệu: Trước khi đưa vào huấn luyện, tất cả dữ liệu trong cả tập huấn luyện và tập kiểm tra đều được chuẩn hóa (normalize) theo công thức (11).

$$X_{ik} = \frac{x_{ik} - x_k^{\min}}{x_k^{\max} - x_k^{\min}} \quad (11)$$

Trong đó: X_{ik} là giá trị chuẩn hóa dữ liệu; x_{ik} là giá trị dữ liệu ban đầu; $x_k^{\min}$ là giá trị nhỏ nhất dữ liệu ban đầu; $x_k^{\max}$ là giá trị lớn nhất dữ liệu ban đầu.

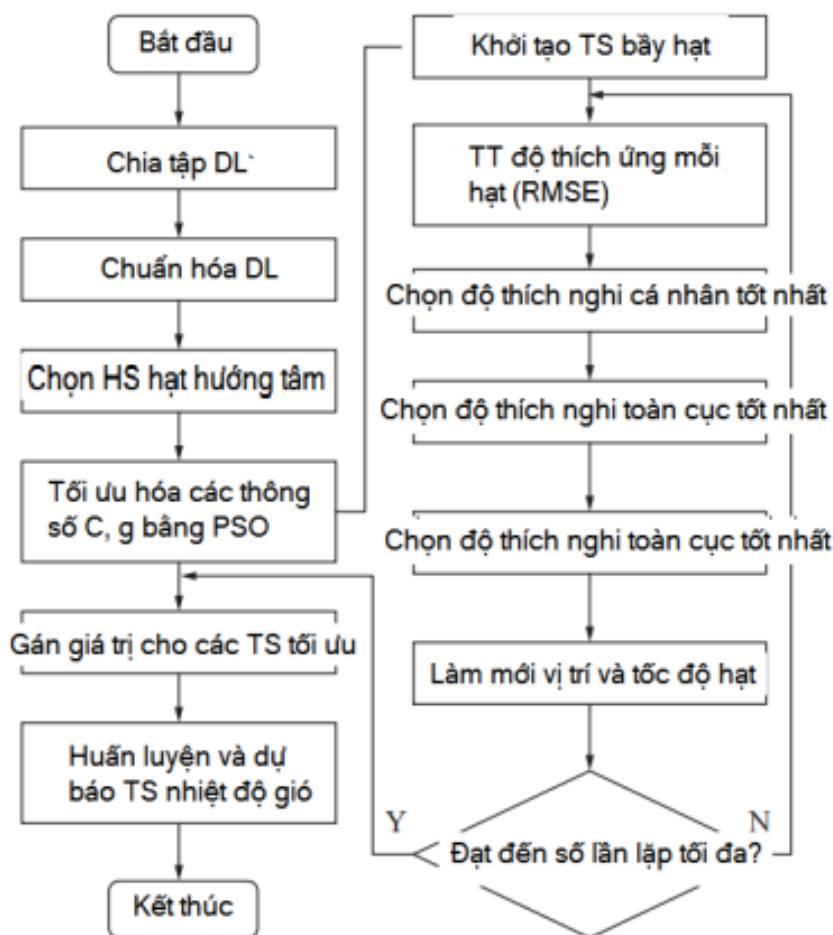
3) Khởi tạo thông số bầy hạt PSO,

Khởi tạo tham số của PSO: Thiết lập tổng số lượng hạt là 20 và số lần lặp là 100.

Ngẫu nhiên khởi tạo vị trí và vận tốc ban đầu cho từng hạt. Thiết lập các hệ số học tập c_1 , c_2 và vector trọng số w.

4) Tính toán độ thích nghi mỗi hạt, khởi tạo thông số C, g của SVR, tính toán hàm số độ thích nghi của mỗi hạt

5) Chọn tối ưu độ thích ứng cá nhân, tối



Hình 2. Quá trình dự báo nhiệt độ gió gương đào lò PSO-SVR.

ưu chọn số lần lặp độ thích nghi của tất cả các hạt, đạt được cá nhân độ thích nghi tốt nhất toàn cục.

6) Cập nhật vị trí và tốc độ của hạt qua quá trình lặp lại, sử dụng công thức (7) và (8) để tính toán vị trí và tốc độ mới nhất của hạt. Lặp lại các bước 4) và 5), thực hiện tối ưu hóa theo cả hai hướng: cục bộ và toàn cục. Sau đó, chọn ra hạt có độ thích ứng tốt nhất, với vị trí tối ưu (C, g) là các tham số của hệ số phạt và tham số hàm nhân tối ưu cho mô hình SVR.

7) Cập nhật các tham số C và g trong mô hình SVR thành hệ số phạt và tham số hàm nhân tối ưu, từ đó xây dựng mô hình dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò dựa trên PSO-SVR.

3. Phân tích ví dụ dự báo nhiệt độ gió

gương đào lò

3.1. Dữ liệu ban đầu nhiệt độ gió gương đào lò

Xác định yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt độ gió là tiền đề dự báo nhiệt độ gió gương đào lò, cho thấy nhiệt độ luồng gió lò chịu ảnh hưởng của các yếu tố như: điều kiện sản xuất cơ sở đường lò, điều kiện địa chất đất đá xung quanh, tình hình thông gió và nhiệt khí nén. Vì vậy, lựa chọn tổng hợp chiều dài đường lò, chiều sâu chôn đường lò, diện tích mặt cắt đường lò, nhiệt độ đá gốc và tốc độ gió là véc tơ đặc trưng đầu vào của mô hình dự báo nhiệt độ gió PSO-SVR gương đào lò, đồng thời thu thập dữ liệu liên quan đến gương đào lò cũng như dữ liệu đo thực tế khu mỏ Bình Định Sơn (150 dữ liệu) làm dữ liệu mẫu mô hình đo dự báo. Đồng thời, để đảm

bảo độ tin cậy của mô hình dự báo, 70% số lượng cơ hữu là tập huấn luyện, 30% dữ liệu còn lại là tập đo thử dùng để nghiệm chứng tính chính xác của mô hình, hiện trường đo thực tế xem hình 3, dữ liệu mẫu bộ phận xem bảng 1.



Hình 1. Kết cấu hệ thống hồi quy véc tơ hỗ trợ

3.2. So sánh, phân tích kết quả dự báo

Để kiểm chứng độ tin cậy của mô hình PSO-SVR trong dự báo nhiệt độ gió tại gương đào, sử dụng cùng một bộ dữ liệu mẫu để huấn luyện và kiểm tra ba mô hình dự báo: mô hình hồi quy tuyến tính đa biến (MLR), mô hình SVR thông thường và mô hình PSO-SVR. Các tham số của mô hình SVR thông thường được hiệu chỉnh thông qua phương pháp “thử - sai”, còn các tham số của mô hình PSO-SVR được tối ưu hóa thông qua quá trình lặp của thuật toán PSO. Kết quả tham số của các mô hình được thể hiện trong Bảng 2.

Hình 4 thể hiện biểu đồ so sánh phân tán giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế của tập huấn luyện và tập kiểm tra từ ba mô hình dự báo: MLR, SVR thông thường và PSO-SVR. Trong hình, đường thẳng $y = x$ biểu thị hiệu suất dự báo tốt nhất. Có thể thấy từ Hình 4 rằng, điểm chung của cả ba mô hình là sai số dự báo của tập huấn luyện đều nhỏ

Bảng 1 Số liệu mẫu phân dự báo nhiệt độ gió dựa theo PSO-SVR gương đào lò

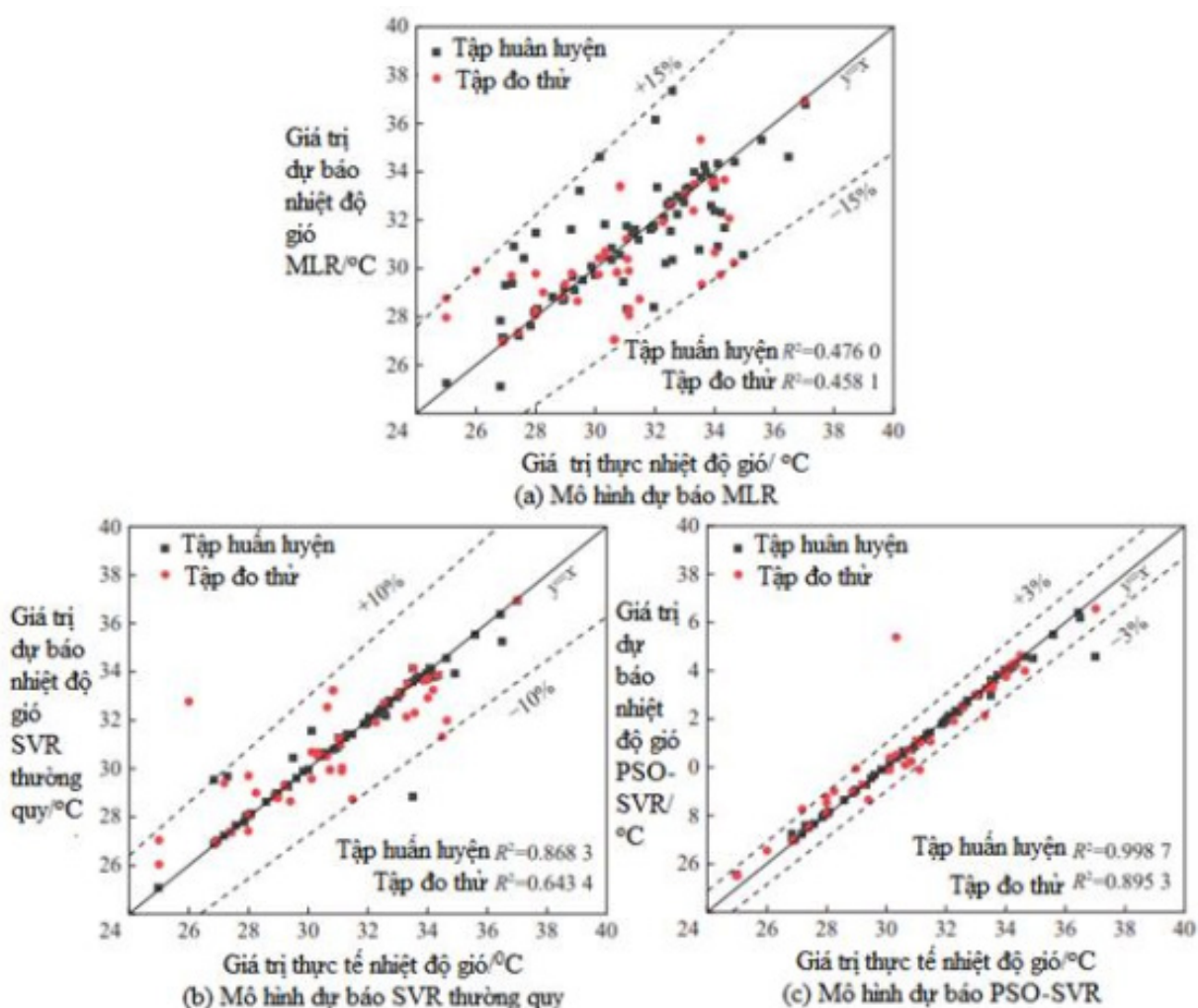
TT	Vector đặc trưng (yếu tố ảnh hưởng)					Giá trị thật
	Chiều dài đường lò/m	Chiều sâu chôn đường lò/m	Diện tích mặt cắt/mn2	Nhiệt độ đá gốc/ 0C	Tốc độ gió/ (m.s-1)	Nhiệt độ gương đào lò/0C
1	450	1100	20 ,1	52 ,20	0 ,7	35 ,58
2	800	1260	16 ,7	52 ,87	0 ,5	37 ,02
3	300	950	22 ,3	51 ,28	0 ,3	32 ,55
4	780	880	15 ,8	49 ,68	1 ,2	30 ,13
5	1530	650	16 ,2	44 ,38	0 ,6	28 ,07
6	1426	810	13 ,5	49 ,20	1 ,2	30 ,83
7	1562	860	21 ,0	48 ,87	0 ,4	31 ,47
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
63	1550	840	18 ,2	48 ,55	0 ,7	32 ,43
64	500	720	14 ,5	45 ,36	1 ,5	29 ,21
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
149	699	1066	15 ,1	41 ,38	1 ,42	28 ,25
150	792	700	14 ,6	40 ,00	0 ,44	28 ,89

hơn so với tập kiểm tra, điều này được phản ánh qua hệ số tương quan R^2 của tập huấn luyện cao hơn R^2 tập kiểm tra. Thông qua so sánh mức độ phân tán của kết quả dự báo, có thể thấy hiệu suất dự báo theo thứ tự: PSO-SVR > SVR thông thường > MLR. Để trực quan hơn về tính năng dự báo của từng mô hình, các vùng sai số tương đối được phân chia trên biểu đồ phân tán (như các đường nét đứt trong Hình 4). Trong đó:

- MLR có tính năng dự báo thấp nhất, các điểm phân tán khá rộng, chủ yếu nằm trong khoảng sai số từ -15% đến 15% .
- SVR thông thường cho kết quả dự báo tập trung hơn so với MLR, với sai số

nằm trong khoảng -10% đến 10% , hệ số tương quan của tập huấn luyện và kiểm tra lần lượt là 0.8683 và 0.6434, cho thấy đã có khả năng dự báo nhất định.

- PSO-SVR có các điểm dự báo tập trung xung quanh đường $y=x$, với vùng sai số chỉ từ -3% đến 3% , hệ số tương quan R^2 của tập huấn luyện và kiểm tra lần lượt đạt 0.9987 và 0.8583, cao hơn lần lượt 14.91% và 33.4% so với mô hình SVR thông thường. Điều này cho thấy việc sử dụng thuật toán bầy hạt (PSO) để tối ưu hóa mô hình hồi quy vector hỗ trợ (SVR) là hoàn toàn khả thi trong dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò và có tính năng dự báo tốt.



Hình 4. Sơ đồ phân tán giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế của mẫu dự báo theo 3 mô hình dự báo

Bảng 2 Thông số mô hình dự báo nhiệt độ gió gương đào lò

Mô hình dự báo	Thông số	Giá trị số
SVR thông thường	Hệ số phạt C	4
	Thông số hàm nhân g	1.1478
PSO-SVR	Hệ số phạt C	8.268.7
	Thông số hàm nhân g	0.0842
	Hệ số học tập c1, c2	1.5, 1.7
	Số lượng hạt pop	20
	Số vòng lặp num	100

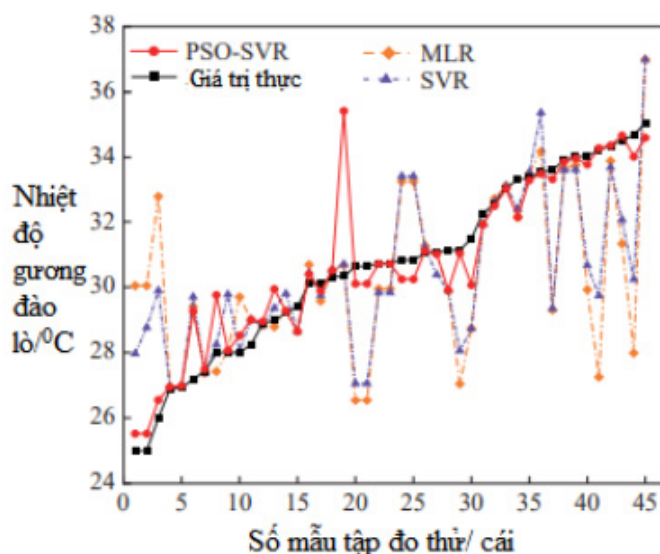
Để so sánh sâu hơn tính năng dự báo của ba mô hình, giá trị dự báo của tập huấn luyện từ mô hình hồi quy tuyến tính đa biến (MLR), mô hình SVR thông thường và PSO-SVR được so sánh với giá trị thực tế. Đồng thời, giá trị thực tế nhiệt độ gió tại gương đào lò được sắp xếp theo thứ tự tăng dần, như thể hiện trong Hình 5. Trong hình, đường chấm đen biểu thị dữ liệu thực tế về nhiệt độ gió tại gương đào lò. Từ sơ đồ cho thấy, đường cong của mô hình SVR cơ bản và mô hình MLR có xu hướng biến động khá giống nhau, tuy nhiên mô hình SVR có sai số nhỏ hơn so với MLR. Ngoài một vài điểm dữ liệu khác biệt rõ rệt (ví dụ điểm dữ liệu số 19), kết quả dự báo của mô hình PSO-SVR nhìn chung phù hợp với xu hướng biến đổi của dữ liệu thực tế, tức là đường cong của mô hình PSO-SVR khớp với đường cong dữ liệu thực nghiệm nhất. Tuy nhiên, tại các điểm dữ liệu số 5, 8 và 19, kết quả dự báo của PSO-SVR có sự chênh lệch rõ so với giá trị thực tế, với sai số lần lượt là 2,07°C, 1,77°C và 5,06°C. Dù vậy, sai số trung bình của toàn bộ dữ liệu chỉ là 0,56°C, cho thấy mô hình PSO-SVR có hiệu suất dự báo tốt nhất, điều này cũng phù hợp với kết quả thể hiện trong Hình 4. Để đánh giá trực quan hơn tính năng dự báo của ba mô hình, tiến hành so sánh các giá trị sai số dự báo tương ứng của MLR, SVR thông thường và PSO-SVR. Bảng 3 thể hiện sai số trung bình bình phương (MSE), sai số tuyệt đối trung bình (MAE) và sai số phần trăm trung bình tuyệt đối (MAPE) của các mẫu kiểm tra từ ba mô hình dự báo. Từ bảng có thể thấy, mô hình MLR có sai số

dự báo tương đối lớn khi dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò, trong đó chỉ số MSE, MAE và MAPE lần lượt là 7.08, 1.70 °C và 5.79%. So với MLR, mô hình SVR thông thường sau khi được hiệu chỉnh tham số bằng phương pháp "thử và sai" cho độ chính xác cao hơn, với MSE, MAE và MAPE lần lượt là 4.19, 1.44 °C và 4.84%. Trong khi đó, mô hình PSO-SVR có độ chính xác dự báo cao nhất trong ba mô hình. Các chỉ số MSE, MAE và MAPE lần lượt là 1.09, 0.56 °C và 1.81%. So với mô hình SVR thông thường, các chỉ số đánh giá của PSO-SVR đã giảm lần lượt 73.98%, 61.11% và 62.60%. Từ đó có thể kết luận rằng việc sử dụng thuật toán PSO để tối ưu tham số đã nâng cao rõ rệt độ chính xác của mô hình SVR. Mô hình PSO-SVR cho sai số dự báo thấp, với sai số phần trăm trung bình chỉ 1.81%, hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu dự báo nhiệt độ gió trong sản xuất mỏ.

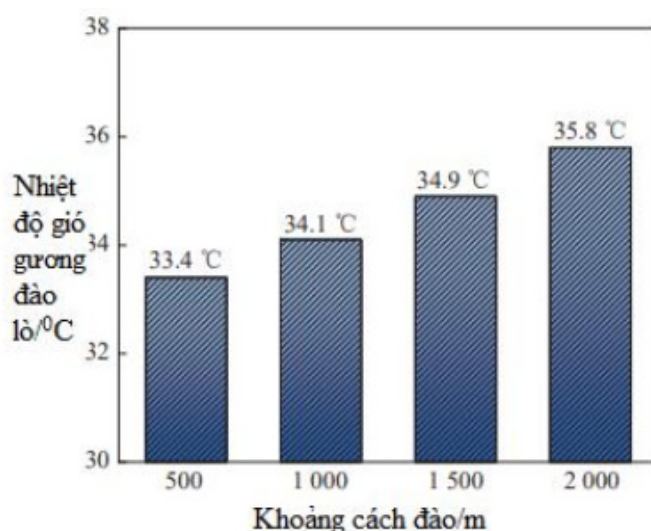
4. Ứng dụng hiện trường và phân tích hiệu quả

4.1. Khái quát gương đào lò

Lấy lò gió tầng bảo vệ Kỳ - 24120 mỏ số 10 bối cảnh công trình. Tuyến lò này nằm ở cánh tây khu khai thác số 5, tầng khai thác số 4, mức -680 m, với chiều dài thiết kế là 2.000 m và chiều sâu chôn đường lò khoảng 800 m. Mặt cắt của đường lò được thiết kế dạng hình chữ nhật, với chiều rộng hữu ích là 4.050 mm và chiều cao hữu ích là 4.000 mm. Ngoài ra, theo dữ liệu đo đạc thực tế tại hiện trường mỏ, nhiệt độ đá nguyên khai tại khu vực đường lò là 48 °C.



Hình 5. So sánh giá trị dự báo và giá trị thực tế của tập đo thứ 3 mô hình dự báo



Hình 6. Kết quả dự báo nhiệt độ gió lò gió tầng bảo vệ Kỷ - 24120

4.2 Dự báo nhiệt độ gió và tính toán tải lạnh

Dựa trên thuật toán PSO-SVR, quy luật thay đổi nhiệt độ gió trong quá trình đào lò tại tuyến lò bảo vệ Kỷ - 24120 được dự báo, kết quả như thể hiện trong Hình 6. Có thể thấy, nhiệt độ gió tại gương đào lò tăng theo xu hướng gần như tuyến tính khi khoảng cách đào lò tăng lên. Qua tính toán, mỗi khi đào thêm 100 m, nhiệt độ trung bình của dòng gió tại gương đào lò tăng 0,16 °C. Khi đào đến 2.000 m, nhiệt độ gió tại gương đào

lò đạt 35,8 °C. Nguyên nhân là do trong quá trình đào lò, chiều dài đường gió tăng lên, diện tích tiếp xúc giữa luồng gió và nhiệt của đất đá xung quanh tăng lên, dẫn đến nhiệt độ gió dần dần tăng cao.

Tính toán tải lạnh là tiền đề để lựa chọn thiết bị làm mát ở lò chợ nhiệt độ cao. Hiện nay, phương pháp tính toán tải trọng lạnh lò chợ thường dùng phương pháp phương pháp chênh lệch nhiệt lượng (phương pháp hiệu số nhiệt lượng), công thức tính như sau:

$$Q_c = M_B(i_{bf} - i_{bh}) \quad (12)$$

$$i = c_{pl}T_t + c_{pd}hT_t + r_t h \quad (13)$$

Trong đó: Q_c là tải trọng lạnh, kW; M_B là lưu lượng chất lượng luồng gió, lấy 19.278kg/s; i_{bf} là nhiệt lượng của luồng gió trước khi làm mát, đơn vị kJ/kg; i_{bh} là nhiệt lượng của luồng gió sau khi làm mát, đơn vị kJ/kg;

T_t là nhiệt độ bầu khô của luồng gió, đơn vị °C;

c_{pl} là nhiệt dung riêng đẳng áp trung bình của không khí khô, lấy giá trị 1,01 kJ/(kg.K);

c_{pd} là nhiệt dung riêng đẳng áp trung bình của hơi nước, lấy giá trị 1,93 kJ/(kg.K);

h là độ ẩm của luồng gió;

r_t là nhiệt hóa hơi của nước ở 0°C, lấy giá trị 2 500 kJ/kg.

Căn cứ “Quy trình an toàn mỏ”, sau khi giảm nhiệt độ, nhiệt độ gió theo yêu cầu lò chợ là 26°C, thông qua công thức (12) và (13), tính tải trọng lạnh trong thời gian đào lò gió tầng bảo vệ Ki- 24120, xem bảng 4.

4.3 Phân tích phương án và hiệu quả giảm nhiệt độ

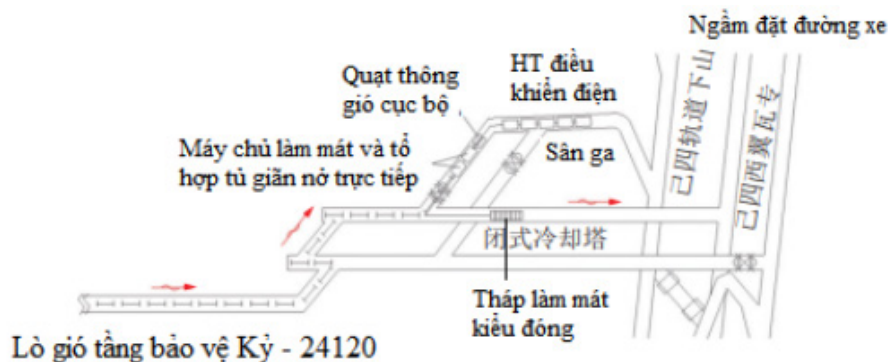
Lượng làm mát của thiết bị làm mát, giảm nhiệt độ cần căn cứ theo giá trị lớn nhất tải trọng lạnh đường lò để tính toán, đồng thời

xem xét hệ số dồi dư (lấy bằng 1.2), kết quả tính toán lượng làm mát cần cho lò gió tầng bảo vệ Ki- 24120 là 1 083.28 kW. Theo đó, để xác định lượng làm mát hệ thống giảm nhiệt độ làm mát cục bộ là 1085 kW. Hệ thống này chủ yếu gồm 2 máy chính làm mát, 2 tủ ghép trực tiếp giãn nở, 1 tháp làm mát kiểu đóng (lượng tản nhiệt là 1 885 kW). Căn cứ vào điều kiện và đặc điểm kỹ thuật sản xuất của đường lò đào, đặt tủ ghép trực tiếp giãn nở và máy chính làm mát ở sân ga lò thông gió tầng bảo vệ Kỳ - 24120, tháp làm mát kiểu đóng (gồm 10 modul) đặt ở lò chuyên dụng thông gió lò gió tầng bảo vệ Kỳ - 24120, xem hình 7.

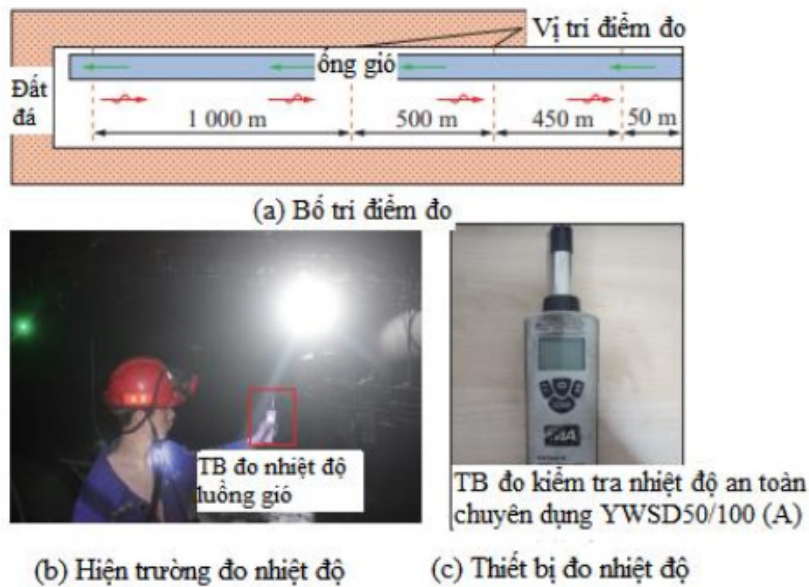
Căn cứ vào hệ thống thông gió lò thông gió tầng bảo vệ Kỳ - 24120, bố trí 4 điểm đo dọc theo hướng đào đường lò, bố trí điểm đo và hiện trường nhiệt độ đo xem hình 8, tiến hành quan trắc hiện trường đối với quy luật thay đổi nhiệt độ đường lò trong thời gian vận hành của tổ máy, giám sát thay đổi nhiệt độ luồng gió đường lò trước, sau khi giảm nhiệt độ được thể hiện trong hình 9. Từ hình 9 cho thấy, cùng với sự tăng lên của khoảng cách điểm đo, nhiệt độ gió trước, sau khi giảm nhiệt độ dần dần giảm thấp, nhưng mức độ giảm nhiệt độ dần dần tăng lên, đây là do luồng gió sạch qua ống gió bảo

Bảng 4 Kết quả tính toán tải trọng lạnh lò gió tầng bảo vệ Ki- 24120

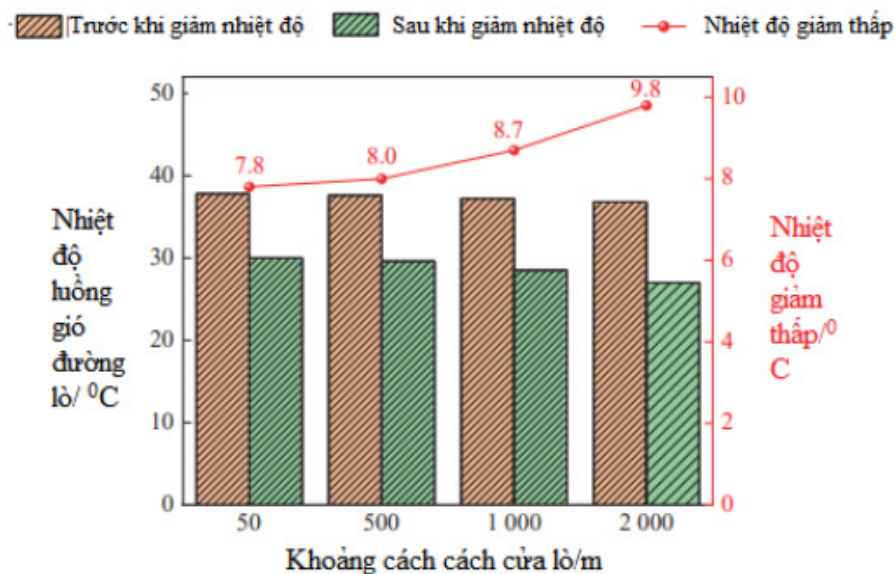
Khoảng cách đào/m	500	1000	1500	2000
Tải trọng lạnh/ kW	644,93	717,32	802,81	902,73



Hình 7. Sơ đồ bố trí hệ thống làm mát cục bộ lò gió tầng bảo vệ Kỳ - 24120



Hình 8. Sơ đồ hiện trường đo nhiệt độ và bố trí điểm đo



Hình 9. Hiệu quả giảm nhiệt độ lò thông gió tầng bảo vệ Kỷ - 24120

ôn được đưa tới lò chợ, luồng gió từ lò chợ đến cửa ra đường lò không ngừng trao đổi nhiệt với đất đá xung quanh, vì vậy hiệu quả giảm nhiệt độ tại khu vực lò chợ tốt nhất, mức độ giảm nhiệt độ gió lò chợ đạt 9.8°C, nhiệt độ gió theo luồng gió dần dần tăng cao, mức độ giảm trung bình nhiệt độ gió khoảng

8.6°C. Vì vậy, hiệu quả giảm nhiệt độ của hệ thống giảm nhiệt độ làm mát cục bộ lò thông gió tầng bảo vệ Kỷ - 24120 rất rõ ràng, hiệu quả giảm nhiệt độ đạt như kỳ vọng, điều này chứng tỏ tính toán tải trọng lạnh trên cơ sở dự báo nhiệt độ gió gương đào lò bằng mô hình PSO-SVR là tin cậy, việc ứng dụng mô

hình dự báo nhiệt độ gió gương đào lò PSO-SVR vào hiện trường giảm nhiệt độ của mỏ mang lại hiệu quả tốt.

5. Kết luận

1. Bài viết đã đề xuất phương pháp dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò dựa trên mô hình PSO-SVR. Thông qua thuật toán bầy hạt (PSO) để tối ưu hóa các tham số của mô hình hồi quy vectơ hỗ trợ (SVR), cụ thể là các tham số (C và g), từ đó xây dựng mô hình dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò bằng PSO-SVR. Phương pháp này giúp thực hiện việc dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò, có ý nghĩa quan trọng đối với cảnh báo sớm nhiệt độ cao trong mỏ và lựa chọn thiết bị làm mát phù hợp.

2. Mô hình dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò PSO-SVR có độ chính xác cao, với tỷ lệ sai số tuyệt đối chỉ 1,85%. Giá trị MAPE

giảm 62,60% so với mô hình SVR thông thường, điều này cho thấy hiệu năng dự báo của mô hình PSO-SVR vượt trội hơn. Việc sử dụng thuật toán bầy hạt để tối ưu hóa các tham số mô hình đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao độ khớp (mức độ phù hợp), khả năng khái quát và độ chính xác của dự báo trong mô hình SVR

3. Dựa trên kết quả dự báo nhiệt độ gió tại gương đào lò bằng mô hình PSO-SVR, tính toán được nhu cầu tải lạnh tại gương đào lò gió tầng bảo vệ Kỳ - 24120 của mỏ số 10 là 1.083,28 kW. Theo kết quả này, các thiết bị làm mát cục bộ đã được lựa chọn và bố trí hợp lý, giúp nhiệt độ gió tại gương đào lò trung bình khoảng 8,6°C. Hiệu quả làm mát rõ rệt, cho thấy độ tin cậy và tính khả thi của mô hình dự báo nhiệt độ gió gương đào lò bằng mô hình PSO-SVR.

GIỚI THIỆU SÁCH

Mining Subsidence Engineering

Kỹ thuật sụt lún trong khai thác mỏ

Authors (tác giả): Helmut Kratzsch

NXB: Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York 1983

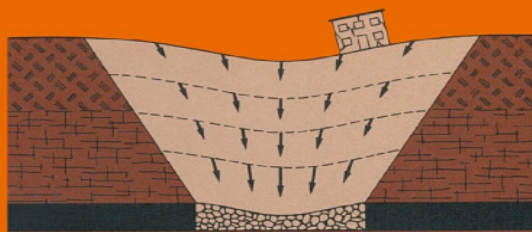
ISBN-13:978-3-642-81925-4

e-ISBN-13 :978-3-642-81923-0

DOI: 10.1007/978-3-642-81923-0

Helmut Kratzsch

Mining Subsidence Engineering



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Nghiên cứu áp dụng công nghệ thông minh trong giám sát an toàn khai thác mỏ

Wenhui Zhang, Trường Khoa học và Kỹ thuật ứng cứu khẩn cấp, Đại học Kiến Trúc Jilin, Changchun, Trung Quốc. Tạp chí Highlights in Science, Engineering and Technology, Số 106 (2024)

>> CN. **Lại Thị Linh Chi**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin (Biên dịch)

Tóm tắt: Khai thác tài nguyên khoáng sản an toàn có ý nghĩa thiết thực to lớn đối với việc cung cấp năng lượng, sản xuất công nghiệp và phát triển kinh tế-xã hội. Với sự phát triển của khoa học và công nghệ, đổi mới trong khai thác mỏ là biện pháp và xu hướng phát triển cần thiết để giải quyết vấn đề an toàn. Để giảm thiểu rủi ro xảy ra, nền tảng khai thác thông minh được sử dụng để nâng cao hệ số an toàn sản xuất trong khai thác mỏ. Dựa trên sự tích hợp công nghệ thông tin hiện đại và an toàn khai thác mỏ, bài báo này chủ yếu phân tích việc ứng dụng công nghệ quản lý rủi ro an toàn khai thác mỏ thông minh trong bối cảnh xây dựng mỏ thông minh. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, dựa trên mô hình thông tin công trình (BIM), Internet vạn vật (IOT) và công nghệ trí tuệ nhân tạo, các chức năng nhận dạng, theo dõi và định vị, giám sát, điều khiển từ xa, thiết lập mô hình ứng cứu khẩn cấp thông minh để hỗ trợ việc ra quyết định, cảnh báo hiểm họa và các chức năng khác đã được hiện thực hóa. Việc ứng dụng công nghệ thông minh trong giám sát an toàn khai thác mỏ đã cải thiện đáng kể mức độ thông tin và thông minh hóa an toàn khai thác mỏ.

Abstract: BIM (Building Information Modeling) technology is a digital tool used in engineering design, construction and management. It integrates digital and information models, shares and transmits them throughout the life cycle of project planning, operation and maintenance, and provides a collaborative work platform for all parties involved in the project. It has been widely recognized by the industry worldwide. At present, the application of BIM technology in domestic open-pit mines is in its infancy. Open-pit mine engineering has the characteristics of complex geological conditions, multiple production links, dynamic engineering development, multi-source distribution of information, and huge data volume. The lossless transmission, sharing and linkage of all information in the process of mine design, construction, production, operation and maintenance have not yet been fully realized. In order to solve this problem, based on the different needs of the entire life cycle, the entire engineering field and all participants of the open-pit mine engineering, the dimensions of the information model are clarified, the overall idea of platform construction is proposed, and the BIM platform for open-pit mine engineering is constructed. The four-layer dimensional basic platform for intelligent open-pit mines.

1. Giới thiệu

Khai thác mỏ, một trong những cách thức chính để thu được năng lượng, tạo ra khối lượng lớn nguyên liệu như than, quặng sắt, khí đốt tự nhiên, dầu mỏ..., hỗ trợ đáng kể cho các hoạt động cung cấp năng lượng và sản xuất công nghiệp của đất nước. Trong những năm gần đây, ngành khai khoáng của Trung Quốc đã phát triển nhanh chóng và quy mô thị trường liên tục mở rộng. Tính đến cuối năm 2019, tổng giá trị sản lượng của

ngành khai khoáng Trung Quốc đạt 10,75 nghìn tỷ nhân dân tệ. Trung Quốc đang liên tục tăng cường đầu tư vào các nguồn năng lượng truyền thống như than, dầu mỏ và khí đốt tự nhiên để đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia, điều này sẽ mang lại nhiều cơ hội hơn cho ngành khai khoáng Trung Quốc. Theo số liệu từ Cục Thống kê quốc gia, giá trị gia tăng của ngành khai khoáng Trung Quốc năm 2022 tăng 7,3% so với năm trước, chiếm 7,3% tổng sản phẩm quốc

nội. Theo số liệu của Tổng cục Hải quan, tổng kim ngạch xuất-nhập khẩu của ngành khai khoáng Trung Quốc năm 2022 đạt 1,23 nghìn tỷ đô la Mỹ, tăng 6,5% so với năm trước. Trong đó, giá trị xuất khẩu đạt 0,49 nghìn tỷ đô la Mỹ, tăng 8,9%; giá trị nhập khẩu đạt 0,74 nghìn tỷ đô la Mỹ, tăng 4,8%; thâm hụt thương mại đạt 0,25 nghìn tỷ đô la Mỹ, tăng 15,7%.

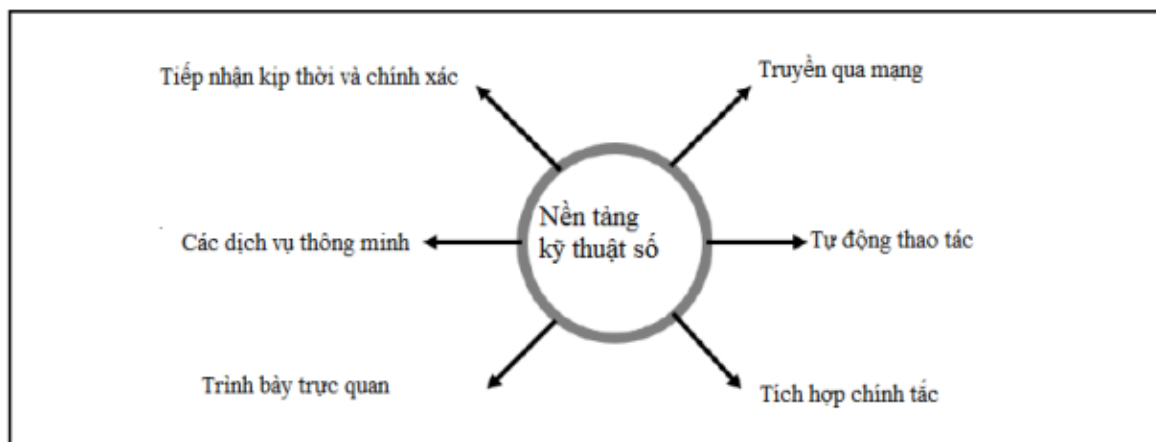
Ngành khai khoáng cung cấp nhiều việc làm cho xã hội, từ vị trí thợ mỏ đến nhân viên quản lý an toàn mỏ, từ sản xuất thiết bị cơ khí đến lao động phục vụ, không chỉ giảm bớt áp lực việc làm mà còn thúc đẩy sự phát triển của các doanh nghiệp liên quan. Ngành khai khoáng cũng đóng góp to lớn vào sự phát triển kinh tế; một số thành phố đã trở thành những khu vực thịnh vượng nhờ ngành khai khoáng. Nhiều tổ chức và công ty cũng đã có thể hoạt động nhờ khai khoáng. Việc kinh doanh khoáng sản xuyên biên giới mang lại lợi ích kinh tế cho đất nước, đồng thời hỗ trợ cho sản xuất và thu thuế của đất nước. Do đó, việc khai thác khoáng sản an toàn có ý nghĩa thực tiễn to lớn đối với việc cung cấp năng lượng, sản xuất công nghiệp và phát triển kinh tế - xã hội.

Có rất nhiều mối nguy hiểm trong quá trình khai thác mỏ. Cho dù đó là thiên tai như động đất hay sập mỏ, nhận thức về an toàn của người lao động còn hạn chế, hay hệ thống quản lý chưa đầy đủ, tất cả đều gây ra

mối đe dọa đến an toàn bản thân người lao động. Trong vài thập kỷ qua, các công nghệ khai thác mỏ truyền thống chủ yếu sử dụng các phương pháp như nổ mìn, gây ra những nguy cơ an toàn đáng kể. Với sự phát triển của khoa học công nghệ, ngành khai thác mỏ phải đổi mới để giải quyết những vấn đề an toàn này. Do đó, với mục đích tập trung vào các vấn đề chính về an toàn khai thác mỏ ở Trung Quốc, bài báo này lồng ghép công nghệ thông tin hiện đại với an toàn khai thác mỏ và đề xuất nghiên cứu ứng dụng công nghệ thông minh dựa trên nghiên cứu về phát hiện an toàn.

2. Ứng dụng công nghệ thông minh trong giám sát an toàn khai thác mỏ

Nền tảng khai thác thông minh sử dụng công nghệ thông tin để chủ động nhận biết, tự động phân tích và xử lý nhanh chóng các hoạt động sản xuất như khai thác và chế biến, quản lý kinh doanh, bảo vệ môi trường và an toàn, cũng như hỗ trợ hậu cần, nhằm thực hiện được các hoạt động khai thác hiệu quả, an toàn và sạch sẽ. Mỏ thông minh là mỏ có khả năng chủ động nhận biết, tự động phân tích và xử lý nhanh chóng các hoạt động sản xuất, an toàn và sức khỏe nghề nghiệp, công nghệ và hỗ trợ hậu cần. Việc số hóa và thông tin hóa các mỏ là điều kiện tiên quyết và nền tảng cho việc xây dựng các mỏ thông minh. Hình 1 thể hiện các đặc tính kỹ thuật của khai thác thông minh.



Hình 1. Đặc điểm của công nghệ khai thác thông minh

2.1. Ứng dụng công nghệ mô hình thông tin công trình (BIM) trong mỏ thông minh

BIM được Công ty Autodesk của Mỹ đề xuất lần đầu tiên vào năm 2002. Công nghệ BIM tích hợp nhiều thông tin kỹ thuật khác nhau vào cơ sở dữ liệu thông tin mô hình ba chiều trong toàn bộ vòng đời của một công trình và cung cấp nền tảng quản lý hợp tác khoa học ảo cho các nhà quản lý thông qua các mô hình kỹ thuật số. Điều này cho phép toàn bộ dự án kỹ thuật tiết kiệm hiệu quả nguồn tài nguyên, giảm chi phí, nâng cao hiệu suất và ngăn ngừa ô nhiễm ở tất cả các giai đoạn, thúc đẩy phát triển bền vững.

2.1.1 Mô phỏng khai thác

BIM có thể sử dụng công nghệ 3D để tạo mô hình ba chiều của khu vực khai thác, giúp trực quan hóa quy trình khai thác. Trong phần mềm BIM, các nhà thiết kế có thể thiết kế bản vẽ và sơ đồ mặt bằng công nghệ thi công, xây dựng mô hình 3D, chú thích tất cả các thông số quy trình và thông tin liên quan trong mô hình, đồng thời minh họa quy trình thi công dưới định dạng đồ họa. Điều này giúp nhân viên xây dựng hiểu rõ hơn về quy trình và ý đồ thi công, nắm vững các điểm chính của hoạt động thi công và thực hành quy trình chính xác, tích lũy kinh nghiệm và giảm thiểu rủi ro an toàn do không quen thuộc với quy trình làm việc. Mô-đun chức năng mô phỏng của công nghệ BIM cũng có thể tối đa hóa việc phân tích các mô hình ứng cứu khẩn cấp, minh họa các kịch bản ứng cứu khẩn cấp tương ứng và giảm thiểu tác động tiêu cực do các mối nguy hiểm về an toàn gây ra.

2.1.2 Cảnh báo thảm họa

Công nghệ BIM hỗ trợ việc thiết lập và xử lý mạng lưới đường ống thiết bị công nghiệp. Bằng cách sử dụng các mô-đun phân tích và trực quan hóa mô phỏng, quỹ đạo và trạng thái hoạt động động có thể được hiển thị, và thậm chí dữ liệu giám sát động có thể được tổng hợp kịp thời dưới dạng kết quả cảnh báo an toàn, giúp hướng dẫn người vận hành liên quan thực hiện công việc bảo trì và sửa chữa tiêu chuẩn hóa tốt hơn, nâng cao trình độ vận hành toàn diện thiết bị và giảm thiểu các vấn đề an toàn do quy trình bảo trì

và sửa chữa không đúng cách gây ra. Công nghệ BIM hỗ trợ phân tích diễn tập các mối nguy hiểm tiềm ẩn, thiết lập hệ thống xử lý tích hợp bằng nền tảng Revit và tạo ra một hệ thống quản lý an toàn hoàn chỉnh. Với việc quản lý thông tin dự án, quản lý phân tích nguồn nguy hiểm, tổng hợp thông tin an toàn và các chức năng phụ làm cốt lõi, một hệ thống phân tích và kiểm soát theo thời gian thực hoàn chỉnh cho các đối tượng trên công trường được xây dựng, đồng thời các biển báo an toàn, vật liệu nguy hiểm và máy móc cỡ lớn tại công trường được theo dõi và quản lý theo thời gian thực.

2.2. Công nghệ Internet vạn vật (IOT)

IOT là một mạng lưới bao gồm các công nghệ ngoại vi như nhận dạng tần số vô tuyến và cảm biến thông tin, giúp kết nối thông tin và các thiết bị. Nó cũng có nhiều chức năng như nhận dạng, theo dõi và định vị, giám sát và điều khiển từ xa thông minh, thoát khỏi những hạn chế về thời gian và không gian trong việc trao đổi thông tin. Công nhân có thể quan sát từ xa trạng thái thời gian thực của các thiết bị và hạng mục được kết nối trong IOT và đưa ra các lệnh điều khiển từ xa. Trong hoạt động khai thác, công nghệ IOT chủ yếu được sử dụng để kiểm tra chất lượng, theo dõi và định vị thiết bị và vật liệu, cũng như các tình huống giám sát tại chỗ.

2.2.1 Điều khiển từ xa

Xét thấy hệ thống quản lý thiết bị hiện có của mỏ than bị ảnh hưởng quá nhiều bởi các yếu tố con người, để có thể biết được trạng thái của tất cả các thiết bị kịp thời, Zhang Han và các cộng sự đã thiết lập một hệ thống quản lý động cho thiết bị mỏ than dựa trên “Internet plus” trên nền tảng Internet vạn vật của mỏ. Li Xueen và cộng sự đã thiết lập một mô hình điều khiển phối hợp nhiều mức cho thiết bị sản xuất bằng công nghệ IoT và xây dựng một hệ thống điều khiển phối hợp cho thiết bị sản xuất bằng công nghệ IoT dựa trên quản lý song song. Wang Haijiang đã sử dụng công nghệ IoT để thiết lập một hệ thống quản lý và kiểm tra thiết bị tự động cho các nhà máy chế biến than, theo dõi trạng thái hoạt động theo thời gian thực của các thiết bị chính và truyền dữ liệu đến hệ thống OA

điều khiển tập trung để hướng dẫn công tác bảo trì và sửa chữa thiết bị. Gao Bin và cộng sự đã thiết kế một hệ thống quản lý vật liệu trong hầm lò dựa trên IoT để giải quyết các vấn đề như quản lý vật liệu hỗn độn và lãng phí lao động trong các mỏ than. Hệ thống sử dụng công nghệ web để thực hiện giám sát và quản lý theo thời gian thực vòng đời của vật liệu trong hầm lò.

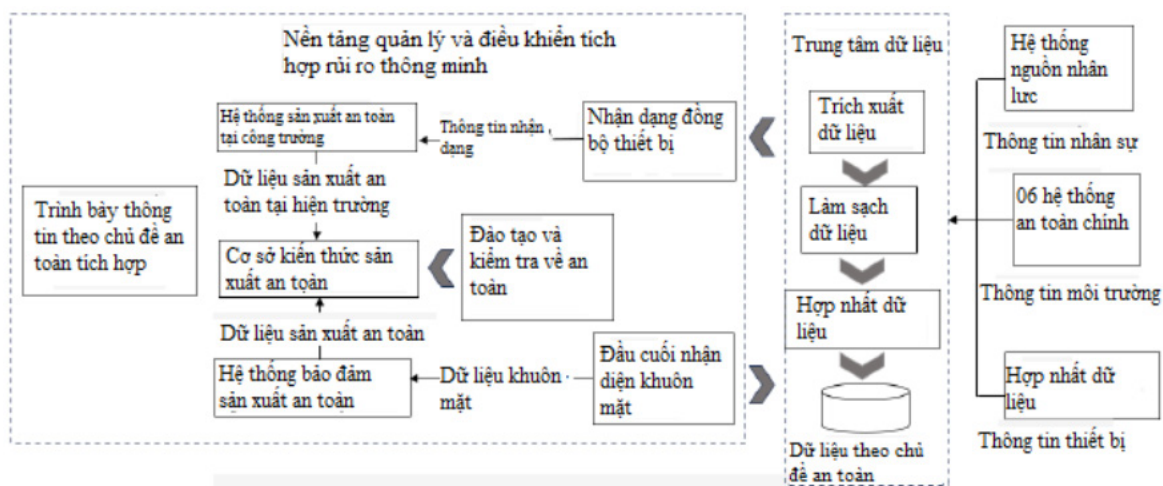
2.2.2 Giám sát an toàn

Hệ thống an toàn thông minh trong IoT cung cấp dữ liệu nguồn nhân lực, thông tin thiết bị và dữ liệu từ 06 hệ thống chính thông qua việc thu thập và xử lý trung tâm dữ liệu. Các dữ liệu và thông tin này chủ yếu bao gồm dữ liệu sản xuất an toàn lịch sử, thông tin nhân sự khai thác, dữ liệu tổ chức và dữ liệu thời gian thực của các đường lò khai thác. Dựa trên nền tảng IoT, người ta có thể xây dựng hệ thống nhận dạng đồng bộ cho thiết bị và vị trí khai thác mỏ và thực hiện giám sát an toàn trên công trường dựa trên thông tin nhận dạng do hệ thống cung cấp. Từ các dữ liệu giám sát từ hệ thống tự động hóa thông gió, thiết bị cảm biến bụi, thiết bị cảm biến độ ồn, v.v..., kết hợp thông minh các biện pháp bảo vệ liên quan với thông tin bệnh nghề nghiệp có thể xảy ra dựa trên vị trí của nhân viên có thể phòng ngừa chính xác các bệnh nghề nghiệp. Việc kết hợp phân tích và trực quan hóa thông tin sản xuất an toàn trong các môi trường khác nhau,

thông tin rủi ro an toàn đa dạng và không đồng nhất để hệ thống hóa các chức năng phân tích và trực quan hóa dữ liệu, đồng thời hỗ trợ dữ liệu đáng kể cho các cấp quản lý an toàn khác nhau trong các mỏ. Zhao Anxin và cộng sự đã kết hợp các nhu cầu ứng dụng hiện tại của các doanh nghiệp khai thác mỏ và thiết kế một nền tảng cảm biến cho thiết bị cơ điện dùng trong khai thác mỏ thông qua công nghệ IoT và nền tảng điện toán đám mây. Nền tảng này có thể giám sát từ xa trạng thái hoạt động của thiết bị cơ điện và thực hiện chẩn đoán lỗi. Hình 2 thể hiện khung hệ thống điều khiển khai thác mỏ thông minh.

2.3. Công nghệ trí tuệ nhân tạo

Trí tuệ nhân tạo đề cập việc máy móc có khả năng đưa ra quyết định và thực hiện hành động dựa trên phân tích dữ liệu và các xu hướng. Lĩnh vực này hướng đến việc phát triển các hệ thống có thể học hỏi và suy luận như con người, sử dụng kinh nghiệm để giải quyết vấn đề, so sánh dữ liệu và thực hiện các nhiệm vụ mang tính logic. Trong những năm gần đây, việc ứng dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo trong lĩnh vực công nghiệp đã dần gia tăng. Một số doanh nghiệp đã áp dụng máy móc trí tuệ nhân tạo để thay thế một số thao tác thủ công. Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào lĩnh vực cấp cứu mỏ sẽ cải thiện đáng kể hiệu quả của công tác cấp cứu mỏ và nâng cao an toàn cứu hộ.



Hình 2. Khung hệ thống điều khiển mỏ thông minh

2.3.1 Cấp cứu thông minh

Trong quá trình cấp cứu, công nghệ trí tuệ nhân tạo được sử dụng để phân tích và đánh giá lượng dữ liệu lớn được thu thập và dựa trên khả năng tác chiến toàn diện của đội cứu hộ, các đề xuất thông minh được đưa ra để đưa ra quyết định cấp cứu tại hiện trường. Việc sử dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo có thể đánh giá toàn diện tình hình được phát hiện trong hầm lò và khả năng cấp cứu của các mỏ theo thời gian thực, đồng thời giám sát lộ trình di chuyển của nhân viên kinh tế theo thời gian thực, tạo điều kiện thuận lợi cho việc đưa ra các quyết định cứu hộ hợp lý hơn và thực hiện trực quan hóa và định lượng công tác quản lý cấp cứu. Nếu có người bị mắc kẹt do sập nóc, bức nước hoặc các lý do khác, các phương pháp phát hiện thông thường rất khó để xác định chính xác vị trí của người bị mắc kẹt. Rô-bốt trí tuệ nhân tạo có thể được sử dụng để xác định chính xác vị trí của người bị mắc kẹt, phân tích từ xa dữ liệu do rô-bốt trí tuệ nhân tạo thu thập, đánh giá mối đe dọa của thảm họa và xây dựng kế hoạch cứu hộ dựa trên kết quả định vị và đánh giá, từ đó đạt được mục tiêu cứu hộ khoa học.

2.3.2 Theo dõi thể trạng của nhân viên

Trang bị cho nhân viên làm việc ở tuyến đầu cứu hộ tại hiện trường đồng hồ thông minh phòng nổ, kiểm tra thể trạng của nhân viên cứu hộ định kỳ và thu thập dữ liệu sinh tồn và sức khỏe theo thời gian thực (mạch, nhiệt độ, huyết áp, v.v...) của nhân viên cứu hộ, đồng thời đưa ra cảnh báo theo thời gian thực dựa trên kết quả thu thập. Ngoài ra, đồng hồ thông minh có thể theo dõi môi trường cứu hộ theo thời gian thực, kịp thời đưa ra nhắc nhở về các mối đe dọa trong quá trình cứu hộ dựa trên tình hình hiện trường cứu hộ, từ đó nâng cao năng lực an toàn và an ninh của nhân viên cứu hộ.

3. Kết luận

Tóm lại, khai thác mỏ là một công việc có rủi ro cao, với các hiểm họa phức tạp và luôn thay đổi và rủi ro an toàn cao. Công nghệ thông minh đã nâng cao hiệu quả công tác cấp cứu mỏ, hỗ trợ kỹ thuật cho việc ra quyết định cứu hộ khoa học trong mỏ, đồng

thời đảm bảo an toàn cho nhân viên cứu hộ. Sản xuất an toàn là chủ đề được quan tâm nhiều trong sản xuất và vận hành khai thác mỏ, và cũng là một phần quan trọng trong việc xây dựng các mỏ thông minh. Bài báo này bắt đầu từ an toàn khai thác mỏ và phân tích ứng dụng công nghệ BIM, IoT và trí tuệ nhân tạo trong an toàn khai thác mỏ. Công nghệ BIM mô phỏng khai thác mỏ một cách có hệ thống và đa chiều, phân tích công việc bằng các mô hình cấp cứu và minh họa các kịch bản cấp cứu tương ứng để giảm thiểu các tác động bất lợi do các mối nguy hiểm về an toàn gây ra. Bằng cách sử dụng nền tảng Revit để thiết lập một hệ thống xử lý tích hợp, một hệ thống quản lý an toàn hoàn chỉnh đã được tạo ra. Công nghệ IoT được sử dụng để điều khiển từ xa. Nhiều chức năng sử dụng như nhận dạng, theo dõi và định vị, giám sát và điều khiển từ xa thông minh được sử dụng để giám sát an toàn. Điều này giúp loại bỏ những hạn chế về thời gian và không gian trong việc trao đổi thông tin. Hệ thống thực hiện quản lý hệ thống sản xuất an toàn tại công trường, đảm bảo sản xuất an toàn và kiểm soát hệ thống phòng ngừa an toàn kép, thúc đẩy hiệu quả việc kiểm soát rủi ro an toàn theo thời gian thực và chính xác. Công nghệ trí tuệ nhân tạo được sử dụng để thông minh hóa công tác cấp cứu, theo dõi thể trạng của nhân viên và giám sát môi trường cứu hộ theo thời gian thực. Dựa trên tình hình hiện trường cứu hộ, công nghệ này đưa ra cảnh báo kịp thời các mối đe dọa gặp phải trong quá trình cứu hộ, từ đó cải thiện khả năng an toàn của nhân viên cứu hộ. Việc áp dụng kiểm soát rủi ro an toàn và cấp cứu mỏ có những nhược điểm như đối tượng an toàn đa dạng, địa điểm không ổn định, phân bố không đồng đều, truyền dữ liệu chậm trễ, hệ thống quản lý công kênh và yêu cầu cao về tính chuyên nghiệp của nhân viên, do vậy cần chú trọng đến những đột phá về kỹ thuật trong quá trình nghiên cứu sau này.

Lễ kỷ niệm 60 năm thành lập Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin



Các đại biểu, khách mời tham dự buổi lễ

Ngày 22/9/2025, tại Trung tâm Hội nghị Quốc gia, Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin (Công ty) đã long trọng tổ chức Lễ kỷ niệm 60 năm thành lập, đánh dấu một cột mốc vàng son trong hành trình xây dựng và phát triển.

Buổi lễ vinh dự đón tiếp các đồng chí lãnh đạo, nguyên lãnh đạo Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV), đại diện các Ban của Tập đoàn, cùng lãnh đạo các công ty, đơn vị bạn, đối tác trong và ngoài nước. Sự hiện diện của đông đảo khách mời thể hiện sự quan tâm, tin tưởng và ghi nhận sâu sắc đối với những đóng góp của các thế hệ Công ty trong suốt 60 năm gắn liền với lịch sử phát triển của ngành Than - Khoáng sản.

Chương trình buổi lễ được mở đầu với chương trình văn nghệ chào mừng tái hiện sinh động hình ảnh người lao động và những bước phát triển của Công ty qua các thời kỳ. Sau nghi thức chào cờ trang nghiêm, đại diện Ban Tổ chức tuyên bố lý do, giới thiệu đại biểu.



Chương trình văn nghệ chào mừng

Điểm nhấn quan trọng của buổi lễ là phim tài liệu: "TVM - 60 năm một chặng đường xây dựng và phát triển" cùng nhìn lại hành trình lịch sử đầy tự hào. Được thành lập từ năm 1965, Công ty đã trải qua những giai đoạn khó khăn, thiếu thốn về cơ sở vật chất. Tuy nhiên, bằng tinh thần kiên trì bám sát hiện trường, đội ngũ cán bộ, kỹ sư, nhân viên của Công ty đã vượt qua mọi thách thức, thực hiện công việc đạt hiệu quả và hiệu suất cao.

Trong suốt sáu thập kỷ, Công ty đã kiến tạo nên những nền tảng khoa học, công nghệ vững chắc, góp phần quan trọng trong việc hình thành và phát triển bền vững các mỏ hầm lò và lộ thiên quy mô lớn của ngành Than Khoáng sản. Với vị thế là đơn vị tư vấn thiết kế hàng đầu, Công ty luôn giữ vai trò trong định hướng, quy hoạch và thiết kế các dự án mở rộng điểm của Tập đoàn.

Bước vào giai đoạn đổi mới và hội nhập, Công ty tiếp tục khẳng định vai trò tiên phong khi mạnh dạn ứng dụng công nghệ hiện đại với các phần mềm thiết kế mỏ chuyên dụng và đẩy mạnh nghiên cứu các giải pháp khai thác thân thiện với môi trường.

Thay mặt tập thể cán bộ, nhân viên Công ty, đồng chí Lê Văn Duẩn, Bí thư Đảng uỷ, Giám đốc Công ty, đã bày tỏ niềm vinh dự và xúc động trước sự quan tâm đặc biệt của lãnh đạo, nguyên lãnh đạo Tập đoàn, cùng đông đảo khách mời.



Đồng chí Lê Văn Duẩn - Bí thư Đảng uỷ, Giám đốc Công ty khai mạc buổi lễ

Đồng chí Lê Văn Duẩn khẳng định: “Thành công hôm nay là kết quả của sự chỉ đạo sát sao từ Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, sự đồng hành bền chặt của các đơn vị bạn, và trên hết là tinh thần đoàn kết, sáng tạo không ngừng của tập thể cán bộ, kỹ sư Công ty qua nhiều thế hệ. Sáu mươi năm qua, chúng ta đã kiên trì vượt qua khó khăn, xây dựng nên thương hiệu tư vấn mỏ uy tín hàng đầu, đóng góp thiết thực cho sự phát triển chung của ngành Than - Khoáng sản Việt Nam.”

Sáu mươi năm một hành trình của trí tuệ, bản lĩnh và sáng tạo. Từ những bản thiết kế đầu tiên cho đến hàng trăm công trình, dự án lớn của ngành Than - Khoáng sản, mỗi dấu ấn của Công ty đều ghi nhận sự cống hiến tận tâm của đội ngũ kỹ sư, chuyên gia và người lao động.

Trong khuôn khổ buổi lễ, TKV đã trao tặng bằng khen, giấy khen tôn vinh cho các tập thể và cá nhân có thành tích xuất sắc, đóng góp cho sự phát triển của Công ty qua các thời kỳ. Đây là sự ghi nhận xứng đáng đối với những cống hiến, nỗ lực, đoàn kết và sáng tạo của các thế hệ cán bộ, kỹ sư, người lao động những người đã góp phần viết nên truyền thống vẻ vang của Công ty.



Lãnh đạo TKV trao tặng cho tập thể và cá nhân có thành tích xuất sắc



Ông Phạm Văn Sáu - Nguyên Giám đốc Công ty phát biểu

Phát biểu tại buổi lễ, đại diện nguyên lãnh đạo Công ty có đôi lời chia sẻ tâm huyết, xúc động và tự hào khi được chứng kiến sự trưởng thành của Công ty, đồng thời gửi gắm niềm tin vào thế hệ trẻ sẽ tiếp nối truyền thống, đưa thương hiệu Công ty ngày càng lớn mạnh và vươn xa.

Thay mặt lãnh đạo Tập đoàn, ông Vũ Anh Tuấn - Tổng Giám đốc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đã phát biểu chúc mừng và ghi nhận những đóng góp quan trọng của Công ty trong suốt sáu thập kỷ hình thành và phát triển.

Tổng Giám đốc nhấn mạnh “Sự phát triển của Công ty gắn liền với lịch sử phát triển của ngành Than. Những công trình tư vấn thiết kế của công ty đã trở thành kim chỉ nam, là cơ sở khoa học các mỏ vận hành khai thác an toàn, hiệu quả và bền vững.” Tổng Giám đốc cũng bày tỏ tin tưởng Công ty sẽ tiếp tục phát huy truyền thống, nâng cao năng lực để đáp ứng các yêu cầu ngày càng cao của TKV trong bối cảnh hội nhập và chuyển đổi số.

Bước vào giai đoạn đổi mới và hội nhập, Công ty tiếp tục khẳng định vai trò tiên phong khi mạnh dạn ứng dụng công nghệ thiết kế mỏ hiện đại, các phần mềm chuyên dụng, giải pháp khai thác thân thiện môi trường, và công nghệ số trong quản lý mô phỏng địa chất.



Ông Vũ Anh Tuấn - Tổng Giám đốc TKV
chúc mừng và ghi nhận những thành tựu của Công ty



Ông Nguyễn Thế Phiệt - Chủ tịch HĐQT Công ty
đáp từ cảm ơn lãnh đạo TKV, các đại biểu, khách mời

Công ty tiếp tục đổi mới toàn diện, nâng cao năng lực cạnh tranh, xây dựng đội ngũ nhân lực chất lượng cao, đồng thời mở rộng hợp tác trong lĩnh vực tư vấn thiết kế..

Những thành tựu ấy không chỉ góp phần bảo đảm an ninh năng lượng quốc gia, mà còn khẳng định vị thế của đội ngũ tư vấn mỏ Việt Nam một lực lượng trí tuệ giàu kinh nghiệm, tự tin hội nhập cùng khu vực và quốc tế.

Buổi lễ khép lại bằng nghi thức bẻ mặc và tiệc chúc mừng trong không khí thân tình, ấm áp. Các thế hệ cán bộ, lãnh đạo cùng nhau ôn lại truyền thống vẻ vang, những kỷ niệm tự hào, chia sẻ những định hướng phát triển trong chặng đường mới.

Với niềm tự hào về truyền thống 60 năm xây dựng và trưởng thành, tập thể lãnh đạo, cán bộ, người lao động Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomín quyết tâm giữ vững vai trò đơn vị tư vấn - thiết kế hàng đầu của ngành Than - Khoáng sản Việt Nam, không ngừng sáng tạo, đổi mới để vững bước trên con đường phát triển bền vững.

Ban Biên Tập



CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN

Địa chỉ: Số 565 đường Nguyễn Trãi, phường Thanh Liệt, Thành phố Hà Nội

CÁC ĐƠN VỊ TRỰC THUỘC:

1. Xí nghiệp Thiết kế than Hòn Gai

Địa chỉ: Số 61, phố Ba Đèo, phường Hồng Gai, tỉnh Quảng Ninh.

Tel: 020303939637

2. Xí nghiệp Thương mại và Dịch vụ tổng hợp

Địa chỉ: Tổ 35b, khu 3, phường Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh.

Tel: 020303939637